

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

На правах рукопису

**САВКОВА ВАЛЕНТИНА ПАВЛІВНА**

УДК 303.732:004.05

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ  
ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ**

01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
доктор фізико-математичних наук,  
професор  
**Наконечний Олександр Григорович**

Київ-2016

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	5
ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ .....	13
1.1. Загальні положення щодо забезпечення підготовки фахівців в ВНЗ України .....	15
1.2. Аналіз підходів до процесів управління якістю освіти в ВНЗ .....	16
1.3. Аналіз світового досвіду впровадження принципів TQM і стандартів ISO у сфері освіти .....	28
1.4. Загальна структура системи управління якістю освіти ВНЗ .....	31
1.5. Загальні вимоги до розробки інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ .....	34
1.6. Аналіз існуючих ІАС оцінювання рівня якості освіти ВНЗ .....	37
1.7. Висновки та постановка задачі .....	44
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО ПРОЦЕСУ У ВНЗ .....	46
2.1. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ. ...	46
2.1.1. Обґрунтування вибору показників, за результатами проведення експертного оцінювання методом аналізу ієрархій. .	49
2.1.2. Обґрунтування вибору показників за допомогою попарних порівнянь (методами максимальної вірогідності та мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки) .....	56
2.1.3. Обґрунтування вибору показників за допомогою гарантованої оцінки матриць за спостереженнями .....	65
2.2. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ .....	72

2.2.1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ	73
2.2.2. Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ. ....	89
2.2.3. Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ. .	91
2.2.4. Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ у змінних стану. ....	97
2.2.5. Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ ....	106
2.3. Висновки .....	110
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ. ....</b>	
3.1. Розробка методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ. .	112
3.1.1. Побудова еталонних функцій приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ. Визначення коефіцієнтів та їх ваги для кожного еталонного показника .....	113
3.1.2. Визначення інтегральних еталонних показників якості засвоєння навчального матеріалу .....	127
3.1.3. Порівняння реальних отриманих інтегральних показників якості засвоєння навчального матеріалу з відповідними еталонними значеннями .....	129
3.2. Методика оцінювання рівня ЯО ВНЗ за допомогою системного аналізу інформаційних технологій. ....	131
3.3. Висновки .....	135
<b>РОЗДІЛ 4. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ .....</b>	
4.1. Оцінювання керованості, стійкості, якості перехідного процесу	138

математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.	
4.1.1. Оцінювання керованості математичної моделі. . . . .	138
4.1.2. Перевірка математичної моделі на стійкість . . . . .	142
4.1.3. Оцінювання якості перехідного процесу математичної моделі. . . . .	144
4.2. Оцінювання результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. . . . .	149
4.3. Розробка структури і складу ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ. . . . .	151
4.3.1. Розробка функціональної схеми ІАС . . . . .	151
4.3.2. Обґрунтування вибору мови програмування. . . . .	158
4.4. Висновки . . . . .	159
ВИСНОВКИ. . . . .	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ. . . . .	163
ДОДАТКИ . . . . .	179

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

BE	–	вимірювальний елемент
BO	–	вища освіта
ВНЗ	–	вищий навчальний заклад
ГСППР	–	групові системи підтримки прийняття рішень
ДПНК	–	діаграмами причинно-наслідкових контурів
ДСО	–	державний стандарт освіти
ЄС	–	Європейський союз
ЗЗ	–	зв'язок за збуренням
ЗП	–	задавальний пристрій
ІАС	–	інформаційно-аналітична система
КУ	–	канал управління
КЗ	–	канал збурення
МАІ	–	метод аналізу ієрархій
МПП	–	матриця попарних порівнянь
МПРМА	–	методи прийняття рішень множинних атрибутів
МУЯ	–	модель управління якістю успішності студента вищого
УС ВНЗ		навчального закладу
НВП	–	навчально-виховний процес
НПП	–	науково-педагогічні працівники
НД	–	навчальна дисципліна
ПС	–	професійний стандарт
ОПП	–	освітньо-професійна програма
ОПР	–	особа, що приймає рішення
П	–	Підсилювач
ПЕОМ	–	персональні електронно-обчислювальні машини
Пр	–	Перетворювач
САУ	–	система автоматизованого управління

- СД – системна динаміка
- СППР – система підтримки прийняття рішень
- СУЯ – система управління якістю
- СУЯ УС – система управління якістю успішності студентів вищого  
навчального закладу
- ЯО – якість освіти

## ВСТУП

Стрімкий розвиток процесу інформатизації всіх сфер життя суспільства, який суттєво впливає на стан економіки, якість життя людей, національну безпеку, інтелектуальний потенціал суспільства, створює можливість підняти на новий рівень освіту країни.

У Національній доктрині розвитку освіти України [108] визначено нову стратегію реформування освіти, яка спрямована на забезпечення державних гарантій рівного доступу до високоякісної освіти на різних етапах навчання та організації науково-аналітичного супроводу всіх управлінських рішень. Проблемою для реалізації даної стратегії можуть бути лише наявні адекватні сучасні засоби вимірювання досягнутої якості освіти, виявлення факторів впливу, оцінювання ефективності освітніх програм і реформ. Такі засоби є складниками системи моніторингу освітнього процесу та ефективного управління освітою. Функціонування системи моніторингу покликане забезпечити органи управління освітою статистичною та аналітичною інформацією для ефективного вирішення проблем вищої освіти і здійснення управління її якістю на всіх рівнях.

**Актуальність теми.** Реформування сфери освіти в Україні є пріоритетним завданням держави, яка передбачає якісні зміни освітньої системи із застосуванням інформаційних технологій. Необхідність удосконалення навчально-виховного процесу (НВП) у вищому навчальному закладі (ВНЗ) як складової системи освіти висуває невідкладні проблеми його комп'ютеризації, впровадження сучасних інформаційних технологій щодо оцінювання рівня якості освіти, формування на їх основі нових стратегій. Під інформаційною технологією оцінювання рівня якості освіти ВНЗ розуміється технологічний процес, що реалізований на ПЕОМ, вихідними даними якого є моделі, методи і методики, а також значення показників і критеріїв, що впливають на якість організації і проведення НВП у ВНЗ і у разі його невідповідності вимогам, що висуваються

нормативно-правовими документами – надаються альтернативи для формування управлінських впливів щодо коригування НВП у ВНЗ для забезпечення рівня якості освіти (ЯО) не нижче заданого.

Вивченню питання управління якістю вищої освіти присвячено багато праць вітчизняних та зарубіжних вчених. Зокрема: щодо управлінням якістю освіти – І.В. Біжан, М. Мескон, К.А. Метешкін, М.М. Поташнік, П.І. Сікорський, О.В. Співаковський, В.В. Ягупов; щодо оцінювання якості освіти – В.С. Аванесов, В.П. Беспалько, К. Інгенкамп, А.І. Комишан, В.І. Міхєєв, В.М. Приходько, А.І. Субетто, О.С. Меньяйленко та інші. Проте дослідження, здійснені в сфері управління освітою, показали недостатній рівень впровадження, застосування можливостей існуючих інформаційно-аналітичних систем (ІАС) оцінювання рівня ЯО ВНЗ, які призначені для удосконалення організації і проведення НВП. До основних недоліків можна віднести: недостатньо ефективного використання узагальненої інформації щодо якості підготовки фахівців при формуванні управлінських впливів для здійснення коригування НВП; використання лише адміністративних функцій; недостатній рівень проведення контролю результатів оцінювання рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ; не в повній мірі задовольняють можливостям оперативного аналізу даних; не враховують специфіку підготовки фахівців.

Таким чином, дисертація спрямована на вирішення актуальної наукової задачі, сутність якої полягає в розробці інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування НВП у ВНЗ.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тема дослідження пов'язана з основними положеннями доктрини "Національна доктрина розвитку освіти": затверджена Указом Президента України від 17.04.2002 р. № 347, "Про додаткові заходи щодо підвищення якості освіти в Україні": затверджена Указом Президента України від 20.03.2008 р. № 244/2008.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи отримані при виконанні науково-дослідної роботи "Розробка методики оцінювання якості

підготовки військових фахівців в інтегрованій системі військової освіти для вищого військового навчального закладу", № 0101U001833, а також при дослідженні в рамках науково-дослідної теми №11БФ015-06 "Проблеми теорії прийняття рішень та системного аналізу стохастичних мереж", №ДР 0111U006680.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є системний аналіз інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування навчально-виховного процесу (НВП) у ВНЗ.

Задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети:

1. Аналіз існуючої нормативно-правової бази, підходів і ІАС оцінювання рівня якості освіти ВНЗ.
2. Вибір та обґрунтування показників, що впливають на якість освіти ВНЗ.
3. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.
4. Розробка методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології.
5. Розробка програмного комплексу щодо реалізації методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології.

*Об'єкт дослідження* – інформаційні потоки навчально-виховного процесу у ВНЗ.

*Предмет дослідження* – математичні моделі, алгоритми, методи інформаційної технології оцінювання рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ.

*Методи дослідження.* Методологічною основою дослідження обрано “системний підхід”, тому об’єкт дослідження НВП у ВНЗ інтерпретований як складна система, визначені його системні ознаки, властивості та характеристики.

У дисертації використовуються наступні методи дослідження. Для побудови математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод експертного оцінювання, метод максимальної вірогідності та мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки, метод гарантованої оцінки матриць за спостереженнями, теорія

автоматичного управління, теорія нечітких множин. Для розробки методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод експертного оцінювання, методи теорії нечітких множин. Для розробки методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ: метод аналізу ієрархій, метод аналогій, метод експертного оцінювання, методи теорії автоматичного управління, методи теорії нечітких множин, методи теорії математичного моделювання.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Запропоновані та досліджені нові методи обробки експертної інформації;

2. Вперше розроблено математичну модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, сутність якої полягає в представленні НВП у ВНЗ з'єднаних між собою блоків системи за допомогою динамічних ланок з відповідними передавальними функціями і параметрами. Відрізняється від існуючих тим, що дана математична модель представлена з застосуванням методу простору станів. Дозволяє визначати значення змінної на виході кожного структурного елемента математичної моделі для оцінювання відповідності характеристик перехідного процесу щодо організації і проведення НВП у ВНЗ;

3. Вперше розроблено метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ. Сутність методу полягає в побудові еталонних функцій приналежності показників, що впливають на ЯО ВНЗ за допомогою яких здійснюється оцінювання реального рівня відповідності кожного з показників до еталонних та вибору альтернатив для формування управлінських впливів. Метод відрізняється від існуючих тим, що дозволяє здійснити аналіз невідповідності параметрів організації і проведення НВП у ВНЗ, визначити необхідні параметри коригування для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Це в цілому дозволяє оцінити отримані результати щодо прийняття альтернативних рішень на основі інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів;

4. Вперше запропоновано методику оцінювання рівня ЯО ВНЗ на основі системного аналізу інформаційної технології. Сутність методики полягає в використанні і узгодженні розробленої математичної моделі і методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Вона відрізняється від існуючих можливістю проведення всебічного контролю рівня ЯО ВНЗ і інтелектуалізацією процесу формування управлінських впливів.

Розроблена математична модель, метод і методика орієнтовані на автоматизацію процесу оцінювання ЯО ВНЗ, а також для підвищення оперативного та адекватного оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ з метою формування управлінських впливів для їх коригування за допомогою системного аналізу інформаційних технологій.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати наукового дослідження методів та алгоритмів оцінювання якості організації і проведення НВП в ВНЗ для розв'язування прикладних задач в сучасних інформаційних системах, отримані в рамках підготовки кандидатської дисертації Савкової Валентини Павлівни «Системний аналіз інформаційної технології оцінювання якості освіти вищого навчального закладу», впроваджені у 2013-2014 н.р. у навчальний процес кафедри системного аналізу та теорії прийняття рішень факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка при викладанні курсу «Обробка інформації в умовах невизначеності» для студентів 1 курсу магістратури за спеціальністю «Системи і методи прийняття рішень», а також у навчальний процес кафедри фінансів і права військового факультету фінансів і права Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка при організації і проведенні навчально-виховного процесу підготовки студентів за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» і «магістр», спеціальність «фінанси» в період з 2012 по 2015 н. р.

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові результати теоретичних і практичних досліджень, викладені в дисертації, одержані автором особисто. У працях,

опублікованих у співавторстві, автору належить: у [98] – розроблена математична модель вибору показників оцінки якості освіти ВНЗ; у [143] – проаналізовано загальні принципи реалізації апаратно-програмних засобів, які має використовувати особа, яка приймає рішення про подальше функціонування кластерних систем; у [142] – розглянуто особливості створення системи інформаційного забезпечення контролю якості вивчення військової техніки, розроблена її структурно-функціональна схема; у [118] – доведено, що коли елементи матриці порівнянь випадкові з частково невідомими ймовірностями, то оцінки максимальної вірогідності ймовірностей визначаються із деякого рівняння, що має єдиний розв’язок. Для оптимальних усереднених оцінок ймовірностей одержані явні формули.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційного дослідження оприлюднені в доповідях міжнародних наукових конференцій, зокрема: XVII міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Східниця, 2011), Практична конференція молодих учених і студентів «Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості: стан, досягнення і перспективи» (Одеса, 2012), XIX Міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Мукачеве, 2012), Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, ад’юнктів, слухачів, курсантів і студентів «Сучасні проблеми розбудови Збройних Сил України» (Київ, 2013), IX міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» (Варна, 2013), IX міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта та наука: сьогодення та майбутнє» (Київ, 2013), X міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта та наука: сьогодення та майбутнє» (Київ, 2014), XXIV міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності (PDMU)» (Чеський Рудолець, 2014).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 16 наукових публікаціях загальним обсягом 2,4 д.а. (з них 1,7 д.а. належать особисто автору), із них 6 наукових статей у фахових виданнях (1,64 д.а., з них 1,18 д.а. – авторські) та 9 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ

Стратегія розвитку вищої освіти України має увібрати в себе загальносвітові тенденції трансформації сутності та методів сучасної вищої освіти, яка у багатьох розвинутих країнах стала прискорювачем економічного зростання, сприяла задоволенню зростаючих потреб і розкриттю творчого потенціалу особистості, забезпечила впровадження нових інформаційних технологій [31].

Досвід країн (економічних лідерів) переконливо свідчить, що інвестиції у розвиток вищої освіти і науки на рівні 3-8 % внутрішнього валового продукту дають змогу цим країнам залишитися на рівні передових. І це зрозуміло, оскільки в умовах переходу від індустріального до інформаційного суспільства та економіки знань рівень розвиненості країни визначається рівнем розвитку особистостей, тобто інтелектуального потенціалу нації [72].

У зв'язку з цим визначальною стає категорія якості освіти, причому не в традиційному вузькому значенні, а в більш широкому змістовому аспекті: при переході від здатності студента накопичувати певну інформацію до виховання вміння навчатися самостійно, навичок творчого мислення, продукування нових ідей і знань, прийняття науково обґрунтованих рішень щодо конструктивної діяльності.

На рис. 1.1 представлено сучасне розуміння вищої освіти, сукупність низки ознак, що є вирішальним чинником прогресу людства. Усвідомлення сутності сучасної вищої освіти характеризується ознаками, наведеними на рис. 1.1, які дають змогу сформулювати узагальнену місію ВНЗ. Вона полягає у наданні якісної, доступної, безперервної, інноваційної, випереджальної вищої освіти, яка розвиватиме таланти й здібності людини, формуватиме гуманістичне світосприйняття, високу мотивацію до побудови демократичного суспільства і сприятиме творчій самореалізації особистості. Україна, яка задекларувала наміри щодо інтеграції у світову економіку та Європейський

Союз (ЄС) на основі інноваційного шляху розвитку, повинна підкріпити це бажання адекватної розбудови своєї освіти і науки. Адже без підготовки фахівців, здатних генерувати нові знання, прогресивні технології, розробляти і впроваджувати інновації, забезпечувати випуск високотехнологічної продукції, Україна приречена бути постачальником сировини, напівфабрикатів та дешевої некваліфікованої робочої сили.

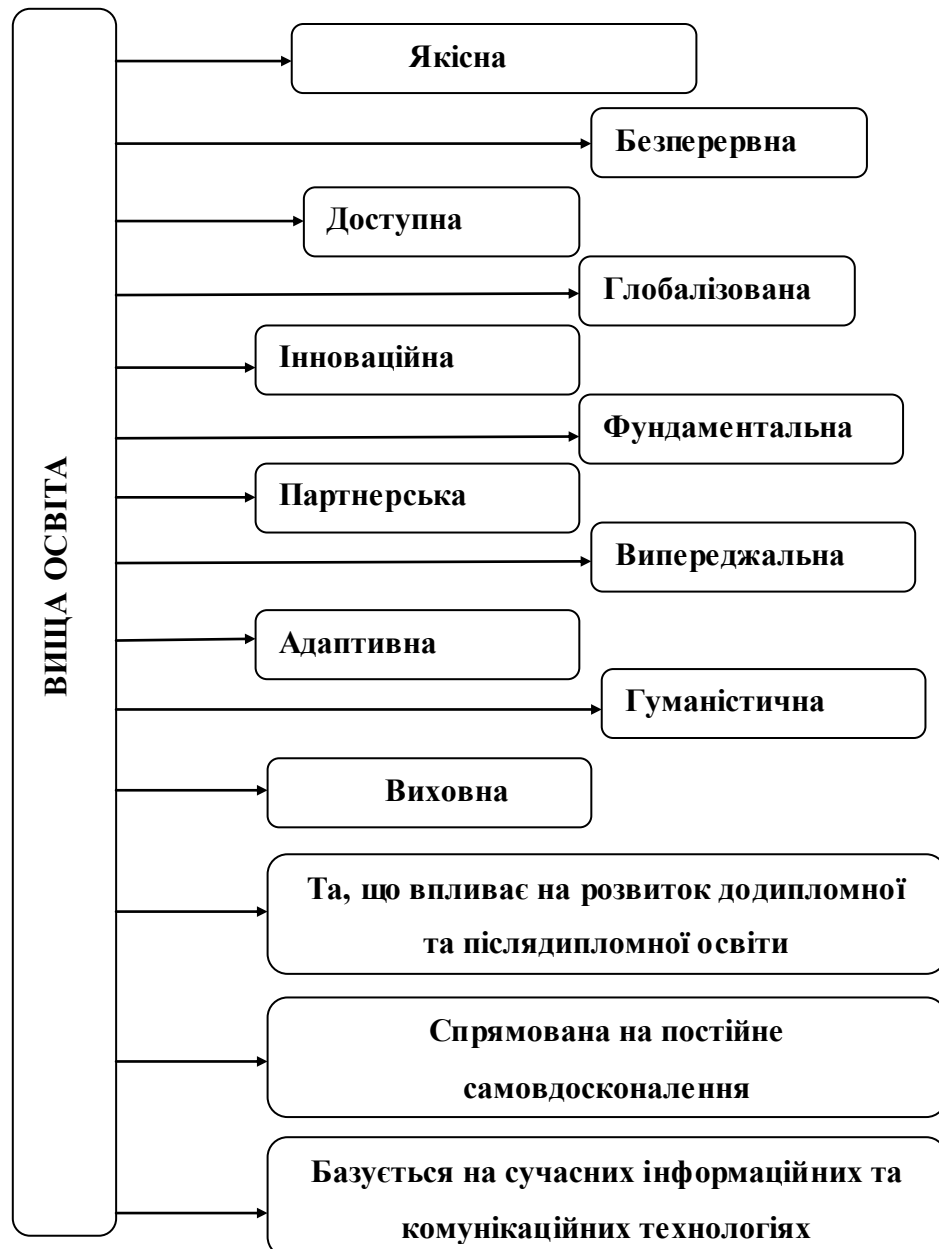


Рис. 1.1. Схема сукупності ознак сучасної вищої освіти

Даний розділ присвячений аналізу стану та напрямків підвищення рівня якості освіти у ВНЗ за рахунок застосування ІАС управління ЯО ВНЗ, формулюванню задачі, мети й основних питань дослідження. Як об'єкт дослідження в даному розділі розглядається НВП у ВНЗ зі своєю складною внутрішньою структурою організації і проведення. Предметом дослідження обрана інформаційна технологія оцінювання рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ.

На основі аналізу існуючих ІАС управління ЯО ВНЗ робиться висновок про те, що фактичний рівень їх застосування не завжди задовольняє висунутим вимогам. Як один із шляхів забезпечення необхідного рівня ЯО ВНЗ пропонується розробка і використання нової методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ за допомогою інформаційних технологій. Наявні результати досліджень у цьому напрямку показують важливість і необхідність застосування нових підходів для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

Основні положення розділу використані під час вирішення поставленої наукової задачі й одержали свій розвиток у наступних розділах роботи.

### 1.1. Загальні положення щодо забезпечення підготовки фахівців у ВНЗ України

- Закон України «Про вищу освіту» № 1556-18. Вступив у чинність 01.07.2014 р. Редакція від 09.08.2016 р.
- Указ президента «Про національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року».
- Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» № 848-19 від 13 грудня 1991 року в редакції 1 серпня 2016 року.
- Указ Президента України «Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року» від 25 червня 2013 року.
- ISO 9001 – містить набір вимог до систем контролю якості.  
ISO 9001:2011 «Системи контролю якості. Вимоги».

- ІВА 2:2007 - Міжнародний стандарт системи менеджменту якості в освіті.
- Закон України «Про професійно-технічну освіту» від 10 лютого 1998 року (редакція 2 червня 2015 року).

## **1.2. Аналіз підходів до процесів управління якістю освіти у ВНЗ**

Загально визнаним є той факт, що від якості вищої освіти в країні залежить її майбутнє, оскільки система вищої освіти формує найважливіше багатство держави – людський потенціал. Тому цілком справедливим є твердження, що підвищення рівня якості вищої освіти повинно стати стратегічним національним пріоритетом України.

Для розв'язання нагальних проблем реформування вищої освіти України необхідно ретельно вивчати передовий зарубіжний досвід з врахуванням недоречності сліпого копіювання навіть найкращих зразків і моделей вищих освіт, створених в інших країнах, так як однією з ознак, яка властива вищій освіті світового рівня є її якість. При цьому надання високоякісних освітніх послуг державними та приватними ВНЗ є загальнонаціональною проблемою в сучасному світі. Висока якість освітніх послуг є складовою частиною конкурентоздатності країни в сьогоdnішньому економічному середовищі, що формується на базі знань. Високо розвинені економіки (як США, Велика Британія, Німеччина, Японія, Франція та Канада) відомі своїми ВНЗ, що входять до списку 500 найкращих університетів світу відповідно до декількох міжнародних рейтингів. Ці рейтинги, прийняті з притаманними методологічними обмеженнями розглядаються національними регулюючими органами для визначення їх фінансування. Крім того, деякі економічні дослідження на державному рівні [115] виявили позитивний зв'язок між якістю загальнонаціональної системи освіти (зокрема ВНЗ) та показниками процвітання країни [7, 60]. Таким чином, системи освітніх послуг можна

розглядати як важливі компоненти розвитку та прогресу будь-якої країни. Як показав проведений аналіз [39], для досягнення високої ефективності освітніх послуг у державних та приватних ВНЗ, національні регуляторні агентства ретельно розроблюють стандарти та методичні вказівки (*EAQANE* - Європейська асоціація агенцій з якості вищих навчальних закладів). Як зауважували Цінїду [140] та інші [60]: "Університети усвідомили, що їх довгострокове виживання залежить від того, наскільки добрі їх послуги, і що якість розрізняє один університет від інших".

Проте, було встановлено, що існує кілька концептуалізацій конструкту якості ВНЗ (ідея або думка, яку людина використовує, щоб усвідомити та пояснити структуру якості ВНЗ) [90]. Як наслідок, проведені дослідження щодо оцінювання якості освіти ставлять питання про те, як виміряти або оцінити цей конструкт. Якість послуги була визначена як *"невідповідність між сприйняттям споживачами послуг, запропонованих певною компанією, та їхніми очікуваннями від компаній, що пропонують такі послуги"* [90]. Це співставляється та контрастує з вимірюванням якості товару за об'єктивними показниками та метричними одиницями. Вимірювання якості послуг (незважаючи на товари, що сюди теж належать) є складним завданням, оскільки послуги є нематеріальними, неоднорідними, невіготовленими попередньо і спільно реалізовані зі споживачами. Таким чином, в літературі не існує єдиного та прийнятного інструменту для визначення якості послуг. Тому, загальною проблемою у досягненні високої якості освіти у ВНЗ є розробка адекватної системи освітніх послуг (сервісної системи), яка б могла їх надавати на достатньо високому рівні. "Сервісна система визначається як вартість (значення) спільного виробництва при взаємодії людей, технологій, інших внутрішніх та зовнішніх систем обслуговування, а також розподіленої інформації (наприклад, мови, процесів, метрик, цін, політик, методик і законів)" [99]. Така сервісна система повинна передбачати якість: навчальних вимог (цілі, стандарти та правила); операційних ресурсів (тобто студенти та їхні

характеристики, такі як попередня підготовленість (бал сертифікату ЗНО), фінансовий стан, внутрішня мотивація тощо); кваліфікованих працівників (тобто викладачі та їхні характеристики, такі як професійна підготовка, дидактичні вміння, внутрішня мотивація тощо), інфраструктури: навчальні аудиторії, лабораторії, бібліотеки, їдальні, спортивні зали, зони для відпочинку та інше; навчального процесу (викладання, дослідження, взаємодія у спільноті та менеджмент) [65]. І нарешті, для того, щоб така система могла надавати очікувано якісні послуги (у даному випадку освітні), то до її конструкції повинна входити адекватна система управління (та контролю) якості (СУЯ).

По СУЯ було опубліковано велику кількість літератури в рамках Міжнародної організації зі стандартизації *ISO*. Зокрема, лінійка стандартів *ISO 9001* була розроблена для допомоги організаціям будь-якого типу, масштабу та сфери діяльності при впровадженні та ефективному використанні СУЯ [138]. Проведений аналіз [15, 98] показав, що на процеси моніторингу та контролю наразі у ВНЗ звертають значно менше уваги. Щоб це подолати, в роботі припускається, що використання ІТ-систем, таких наприклад, як групові системи підтримки прийняття рішень (ГСППР) [73, 94], може надати адекватну підтримку для процесів моніторингу та контролю. Спільно з *ISO*, підходами ГСППР та СУЯ, у літературі по менеджменту ВНЗ пропонується використання кібернетичних моделей [21].

Надалі представлено модель СУЯ УС ВНЗ розроблену з використанням підходу дизайн-концептуального дослідження, який включає наступне: підхід системно-динамічного моделювання (СДМ), до якого входять діаграми причинно-наслідкових контурів (ДПНК); ГСППР за результатами симуляції [121], діаграми запасу та приросту. СДМ підхід пропонує методичні рекомендації для вивчення чи був вироблений новий артефакт (конструкт, модель, метод чи система). При цьому постановку задачі у дизайн-концептуальному дослідженні можна сформулювати таким чином: чи може артефакт  $X$  бути розроблений з використанням компонентів  $Y_1, Y_2, \dots$ , що

мають такі характеристики  $A_1, A_2, \dots$  ? В свою чергу, гіпотеза у цьому дослідженні може бути такою:  $\Gamma_1$ : компоненти  $Y_1, Y_2, \dots$  можуть бути використані для розробки артефакту  $X$  та надати  $X$  характеристики  $A_1, A_2, \dots$ . У цьому дослідженні, основні питання та гіпотези можуть бути заявлені, як представлено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

## Питання та гіпотези дослідження

Питання дослідження (ПД)	Гіпотези дослідження (Г)
ПД <sub>1</sub> Чи може СУЯ УС ВНЗ бути змодельована адекватно при використанні системно-динамічного підходу?	Г <sub>1</sub> Системна динаміка може надати належні механізми для розробки концептуальної моделі СУЯ УС ВНЗ.
ПД <sub>2</sub> Чи є модель СУЯ УС ВНЗ за системною динамікою дійсною?	Г <sub>2</sub> Модель СУЯ УС ВНЗ за системною динамікою буде мати достатню форму та функціональну здатність.
ПД <sub>3</sub> Якими є сприйняття доцільності, простоти використання, сумісності, цінності та намір використання моделі СУЯ УС ВНЗ за системною динамікою, впровадженою як ГСППР, у групі міжнародних експертів ВНЗ?	Г <sub>3</sub> Сприйняття доцільності, простоти використання, сумісності, цінності та наміру використання моделі СУЯ УС ВНЗ за системною динамікою будуть щонайменше помірними (значення 3.0 за шкалою Лайкерта від 1 (низький) до 5 (дуже високий)).

## Підхід системно-динамічного моделювання

СДМ підхід є симулятивною моделлю, що виник на початку 60-их років для вивчення комплексних соціальних, політичних та бізнесових систем. СДМ-підхід передбачає, що будь-яка комплексна система має внутрішню структуру, яка визначає її характер поведінки та очікувані події [73]. Так, дослідник або відповідальна особа може розробити відповідну модель на такій внутрішній структурі. Тому, вони можуть вивчити та протестувати очікувані "якщо" - рішення перед тим, як вони насправді будуть імплементовані з використанням даної симулятивної моделі. У такій моделі при прийнятті рішень наявними є три контури: історичне вчення по контуру досвіду; випереджувальне вчення або вчення апоріорі на експериментальному контурі; та вчення апостеріорі на контурі

дії. СДМ-підхід використовується для моделювання структури системи за допомогою наступного: змінних рівня запасів; показників мінливості змінних рівня запасів, потоків серед змінних, інформаційних параметрів, а також миттєвих або відкладених циклів зворотного зв'язку поміж змінних [64].

В останні роки, часто почали користуватися спрощеним типом діаграм, що називаються ДПНК. ДПНК використовують змінні, причинно-наслідкові зв'язки (позитивні або негативні), затримки та ідентифікатор контуру (позитивний посилюючий цикл та негативний врівноважуючий цикл). Позитивний причинно-наслідковий зв'язок між двома змінними  $X$  та  $\{Y\}$  показує позитивну асоціацію між ними (тобто, коли  $X$  збільшує/зменшує свій показник, то й  $Y$  збільшує/зменшує свій). Негативний причинно-наслідковий зв'язок між двома змінними  $X$  та  $Y$  показує негативну асоціацію між ними (якщо  $X$  збільшує/зменшує свій показник, то  $Y$  зменшує/збільшує свій). Затримка, що використовується у причинно-наслідковому зв'язку між двома змінними  $X$  та  $Y$ , показує, що зміни в  $X$  не є миттєвими чи послідовними по відношенню до змінної  $Y$ ; після декількох часових циклів вони є відповідними до часових рамок симулятивної моделі.

Прямого перенесення зображення з ДПНК на діаграму запасу та приросту не відбувається. Однак, зазвичай, ДПНК використовується для первинної моделі досліджуваної системи, а діаграма запасу та приросту - для розробки деталізованої симулятивної моделі. СДМ-підхід передбачає такі загальні фази діяльності: визначення системи; моделювання системи; конструювання та валідація системної симуляції; експериментування з моделлю системи; груповий процес прийняття рішень за результатами симуляції. У першій фазі розробник та користувачі визначають високорівневий вигляд системи (її архітектуру з ендогенними (вхідне рішення або внутрішні змінні) та екзогенними (вихідними) змінними та їхніми загальними взаємозв'язками), її цілі, її проблеми та часовий горизонт. У другій фазі розробник та користувачі спільно розробляють концептуальну деталізовану структуру системи (що

називається динамічними гіпотезами) за допомогою ДПНК та діаграми запасу та приросту. У третій фазі розробник перетворює деталізовану структуру системи на комп'ютерний симулятивний артефакт. З цією метою доступними є декілька СДМ-інструментів, такі як інструменти ПЗ *i-Think* чи *Vensim*. Розробник системи також відповідальний за валідацію симулятивної моделі системної динаміки (СД) перед її використанням [11]. У четвертій фазі користувачі взаємодіють із симулятивним артефактом для тестування декількох рішень. В останній фазі за результатами симуляції, користувачі (тобто особи, що приймають рішення) переглядають зібрані дані з попередніх фаз з метою спільного прийняття кінцевих рішень по проблемі. Така СД модель має 12 підсистем: сектор підготовки бакалаврів, сектор якості підготовки бакалаврів, загальна професійна підготовка бакалаврів, сектор професійно-наукової підготовки бакалаврів, сектор професійно-проектної підготовки бакалаврів, сектор асистентів, сектор лабораторного комплексу, підготовка студентів, сектор якості підготовки студентів, загальна професійна підготовка студентів, сектор професійно-проектної підготовки студентів і сектор професійно-наукової підготовки студентів [11].

Результати аналізу показали, що підхід СД моделювання може давати корисні інструменти моделювання для дослідження засобів управління ВНЗ, які підтримують управлінські рішення ВНЗ.

#### Групові системи підтримки прийняття рішень

ГСППР - це основана на комп'ютерах система, яка підтримує роботу групи людей, що мають спільне завдання та мету, і яка забезпечує інтерфейс до загальнодоступного (розподіленого) інформаційного середовища [40]. ГСППР пропонує групу по прийняттю рішень із систематизацією корисних можливостей для підготовки та пошуку інформації; переговорів і обговорень, оснований на існуючій інформації; і оцінювання та рішення, оснований на існуючій інформації. За словами професора Мори [89] наступні інструменти зазвичай використовуються для таких завдань: розробник програми, генератор

ідеї, організатор-класифікатор ідеї, та організація електронної системи для підготовки та пошуку інформації; загальний редактор, загальний інструмент техніки групи і коментатор топіку для переговорів та обговорень; інструмент дельфійського методу, інструменти голосування та розстановки, інструменти методів прийняття рішень множинних атрибутів та методу аналізу ієрархій (MAI), інструменти представлення оцінки та рішення, основані на існуючій інформації. В основі ГСППР лежить основна ідея, що колективний розум команди працює краще, ніж індивідуальний, в прийнятті рішень щодо складних завдань, коли група працює ефективно. Для ГСППР властиві наступні недоліки, такі як однобічна думка замість креативних думок групи, домінування мислення учасників, які займають високе становище, нульова участь осіб учасників з низьким становищем, непорозуміння групи і брак часу доступного для достатнього дослідження альтернатив, мінімізовані. Однак ГСППР допомагає генерувати позитивні ефекти такі як креативність команди, розуміння співтворчості, ефективний процес, навчання команди, задоволення команди і кращу якість прийнятих рішень [76].

Концептуальний підхід до побудови моделі успішності студента в управлінні  
якістю вищого навчального закладу (МУЯ УС ВНЗ)

Використовується СД-підхід з раніше зазначеними 5 загальними типами діяльності: 1) визначення системи; 2) моделювання системи; 3) конструювання та валідація системної симуляції; 4) експериментування з моделлю системи; 5) груповий процес прийняття рішень за результатами симуляції. За обмежень, ми орієнтуємось на опис головних питань стосовно застосування СДМ-підходу до цієї проблеми.

В роботі представлено короткий, але змістовний опис моделі, її структура і її компоненти представлені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

## Основні компоненти моделі управління якістю освіти ВНЗ

Тип та назва змінної	Опис	Розмірність	Спосіб визначення	Посилання
1	2	3	4	5
<b>Вхідні змінні по прийняттю рішень</b>				
$D_1$ . Рівень компетентності людських ресурсів.	Керівництво ВНЗ має забезпечити співробітників, які були б з відповідним рівнем компетентності, грамотності, професійної підготовки та які стоять на одній лінії з їхніми виконуваними функціями, повноваженнями, і навчально-адміністративною діяльністю. Ця змінна описує об'єм впливу розмірності компетентності людських ресурсів на кінцеву якість освітніх послуг, які надає ВНЗ.		Змінна, що визначається особою, яка приймає рішення.	IWA 2: 2007
$D_2$ . Рівень фінансового забезпечення.	ВНЗ має бути забезпеченим достатніми фінансовими ресурсами і ними мають ефективно керувати, щоб забезпечувати очікуване виконання освітніх послуг.	0.. 100%	Змінна, що визначається особою, яка приймає рішення.	IWA 2: 2007
$D_3$ . Інфраструктура та рівень забезпечення робочого середовища.	ВНЗ має визначити специфічну інфраструктуру, засоби, навколишнє середовище та спорядження, необхідне для підтримки навчально-виховного процесу і навчальних послуг.	0.. 100%	Змінна, що визначається особою, яка приймає рішення.	IWA 2: 2007
$D_4$ . Мінімальний рівень нормативно-правового забезпечення.	ВНЗ має встановити добре задокументовану процедуру для встановлення освітніх послуг так як і остаточну вихідну змінну, яка не відповідає встановленим нормативним нормам. Мінімальний нормативно-правовий рівень (множина оцінок) для затвердження освітньої програми.	0.. 100%	Змінна, що визначається особою, яка приймає рішення.	IWA 2: 2007
$D_5$ . Рівень забезпечення освітнього відслідковування.	ВНЗ має здійснювати адекватні та ефективні процедури для відслідковування процесу зміни оцінок студента. Наприклад - освітнє та методичне забезпечення .	0.. 100%	Змінна, що визначається особою, яка приймає рішення.	IWA 2: 2007
<b>Вхідні параметричні змінні</b>				
$P_1$ . Початковий рівень знань студента.	Результати зовнішнього незалежного оцінювання (Україна) або фінальних випускних іспитів (Німеччина) для зарахування для навчання на ОКР Бакалавр.	0.. 100%	$x_t = k$ .	IWA 2: 2007

1	2	3	4	5
$P_2$ . Розмірність управлінського впливу.	Розмірність управлінського впливу, який діє, якщо реальні результати навчання студента (кількість балів) є нижчими за встановлений граничний рівень $P_3$ .	0.2	Константне значення, яке визначається експертами.	IWA 2: 2007
$P_3$ . Границя (мінімально допустимий рівень знань студента).	Мінімальний рівень знань (кількість балів), який має отримати студент, згідно з нормативно-правовими документами ВНЗ, щоб не бути виключеним з університету.	0.. 100%	Константне значення, яке визначається експертами.	IWA 2: 2007
$P_4$ . Тривалість навчання.	Тривалість освітніх програм по місяцям, яка визначена типом (освітньо-кваліфікаційним рівнем) навчання в ВНЗ (бакалавр, магістр, аспірантура), а також відповідна до нормативно-правових актів, які затверджені в ВНЗ.	1-48 місяців	Константне значення.	IWA 2: 2007
<b>Неконтрольовані змінні навколишнього середовища</b>				
$E_1$ . Відоме збурення на оцінку студента (к-сть балів).	Небажані та неконтрольовані ситуації, які безпосередньо впливають на оцінювання студента ВНЗ але можуть бути передбаченими заздалегідь.	0.. 100%	$RANDOMNORMAL$ -0.5, 0.5, 0, 0.2, 1.	IWA 2: 2007
$E_2$ . Невідоме збурення на оцінку студента (к-сть балів).	Небажані та неконтрольовані ситуації, які безпосередньо впливають на оцінку студента ВНЗ але не можуть бути передбаченими заздалегідь. Наприклад: особисті надзвичайні ситуації, хвороби, фінансові проблеми, сімейні проблеми, проблеми з алкоголем і наркотиками, а також депресія.	0.. 100%	$ABS$ ( $RANDOMNORMAL$ 0.1, 2, 1, 0.2, 0).	IWA 2: 2007
<b>Внутрішні вихідні змінні</b>				
$I_1$ . Рівень загального забезпечення.	Зовнішня вихідна змінна, яка презентує загальний рівень, гарантований, які розглядають попередні вхідні змінні по прийняттю рішень $D_1 - D_5$ .	0.. 100%	$LN \left( 1 - \frac{\begin{pmatrix} D_1 \times 0.3 + \\ D_2 \times 0.4 + \\ D_3 \times 0.2 + \\ D_5 \times 0.1 \end{pmatrix}}{100} \right)$	IWA 2: 2007
$I_2$ . Результати навчальної діяльності студента.	Комбінація діяльності студента, яка знаходиться під впливом їх діяльностей і діяльностей, що піддалися дії змінним по прийняттю рішень.	0.. 100%	$LN 1 - P_1 / 100 \times I_6 \times I_1$ .	IWA 2: 2007
$I_3$ . Управлінський вплив на оцінку студента під час навчального процесу.	Зворотній управлінський вплив ВНЗ, у тому випадку, коли вихідна оцінка (кількість балів) студента є меншою ніж очікувалось.	0.. 100%	Якщо $100 \times 1 - EXP 2 < P_3$ , то $I_2 \times P_2$ , інакше $I_2$ .	IWA 2: 2007
$I_4$ . Затримка управлінського впливу.	Затримка інформації за навчальний період - зворотнього управлінського впливу ВНЗ.	0.. 100%	Фіксована затримка $I_3, P_4$ .	IWA 2: 2007

1	2	3	4	5
$I_5$ . Управлінський вплив, оснований на випускній оцінці студента.	Зворотній управлінський вплив ВНЗ, коли оцінювання виконання роботи студентом роботодавцем є негативним.	0 .. 100%	Якщо $O_2 > 0$ , то 1.2, інакше 1.	/WA 2: 2007
<b>Головні вихідні змінні</b>				
$O_1$ . Рівень успішності навчання студента (кількість балів).	Основна вихідна змінна, яка оцінюється в цій моделі. Всі зусилля і рішення по ВНЗ, здійснюються для того щоб поліпшити показник ефективності студентів (кількість балів) $T$ .	0 .. 100%	$100 \times \begin{pmatrix} 1 - EXP \\ -I_4 \times E_2 \end{pmatrix}$	/WA 2: 2007
$O_2$ . Робота за спеціальністю.	Після закінчення університету працюючий вирішує, чи освітня програма була неприйнятною. Якщо так, то в цьому випадку керівництво ВНЗ має додатково старанно працювати над освітньою програмою.	Правда /хибне значення	Якщо $O_1 > 60$ , то 0, інакше $O_1$ .	/WA 2: 2007

### Опис моделі МУЯ УС ВНЗ

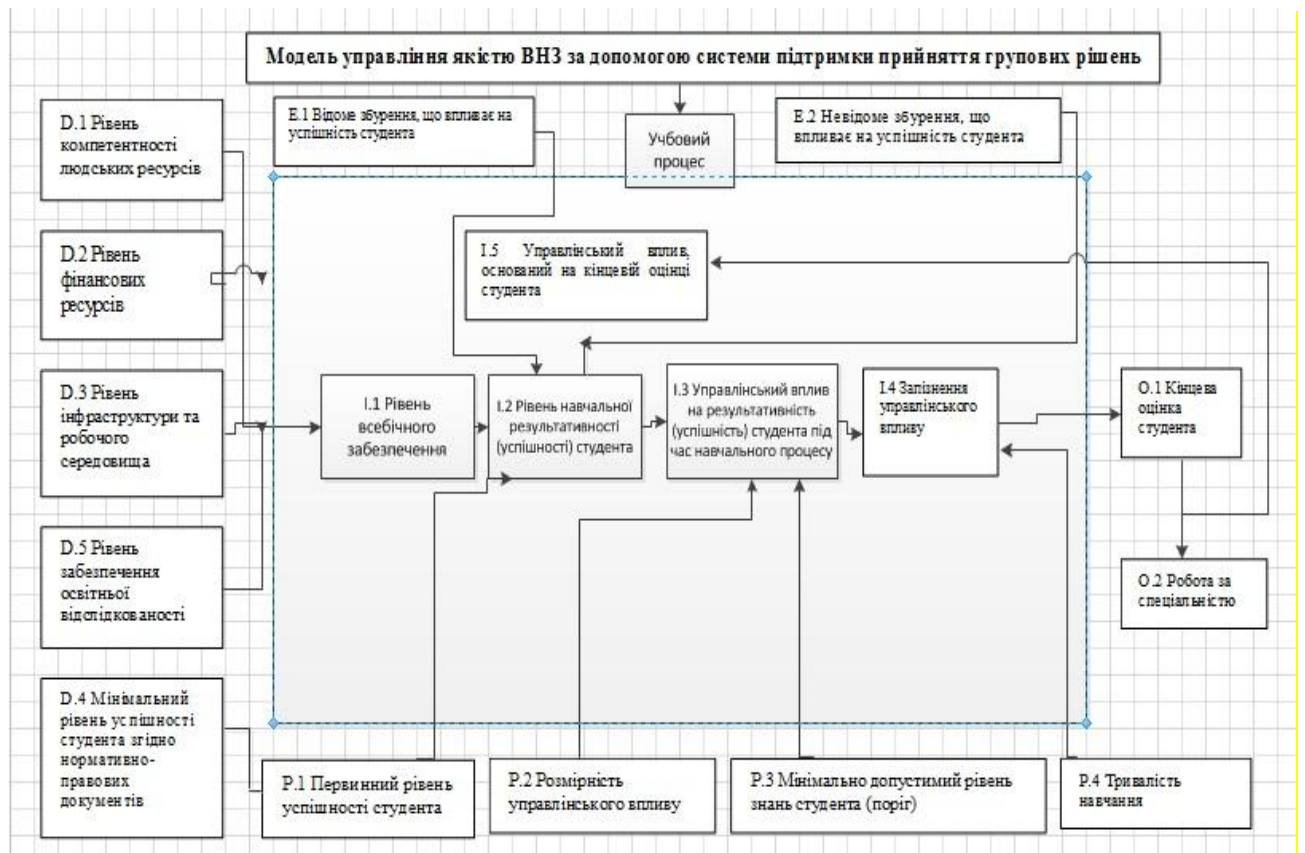


Рис. 1.2. Модель управління якістю успішності студента вищого навчального закладу

На рис. 1.2 представлена модель МУЯ УС ВНЗ. Дана модель допомагає груповому процесу прийняття рішень в ВНЗ в досягненні очікуваного рівня якості освіти через контроль успішності студентів ВНЗ. Це центральне питання залежить від рішень та неконтрольованих факторів. Ми представляємо всі фактори (успішність студентів, початковий рівень знань студента, виконання обов'язків на роботі тощо) у відсотках за шкалою від 0 до 100. Є 5 змінних рішень від  $D_1$  до  $D_5$ . Вони не є випадковими факторами, вони описують розмір впливу, який може здійснювати керівництво ВНЗ.  $D_1$  відповідає за оцінювання компетентності людських ресурсів;  $D_2$ - за оцінювання фінансових ресурсів (рівень фінансового забезпечення);  $D_3$ - відповідає за оцінювання інфраструктури і умови роботи;  $D_4$ - за мінімальний рівень нормативно-правового забезпечення;  $D_5$ - за оцінювання навчального контролю (забезпечення освітнього відслідковування). Змінні  $I_1$ - $I_5$  це внутрішні результати, отримані за допомогою моделі. Фактор  $I_1$  відповідає за повний гарантійний рівень (рівень загального забезпечення). Цей фактор концентрує в собі всі наслідки 5 змінних рішень  $D_1$ - $D_5$ . Фактор  $I_2$  розраховує успішність студентів (результати навчальної діяльності), який інтегрує його/її індивідуальні та початкові оцінки успішності (параметр  $P_1$ ) з загальним наслідком  $I_1$ . 5 змінних рішень, відомих наслідків збурення на оцінювання успішності (неконтрольований фактор  $E_1$ ) і організаторський вплив (фактор  $I_5$ ) на остаточне оцінювання успішності студентів. Останній наслідок розрахований в часі  $K$ , буде використовуватись в наступному інтервалі часу  $K+1$  моделювання. Фактор  $I_3$  враховує управлінський вплив на оцінювання студента під час навчального процесу. Цей фактор  $I_3$  розраховується за допомогою фактора  $I_2$  (успішність студентів), і двох параметрів:  $P_2$  - рівень управлінського впливу і рівень  $P_3$  - початкове оцінювання успішності, яке є мінімальною оцінкою допуску студентів. Фактор  $I_3$  використовує наслідок

організаторського впливу тільки тоді, коли оцінювання успішності студентів нижче встановленого допуску (мінімально допустимого рівня знань студента  $P_3$ ), іншими словами не має організаторського впливу на фактор  $I_3$ . Фактор  $I_4$  показує сповільнений вплив на фактор  $I_3$  (затримку управлінського впливу), чие сповільнення контролюється  $P_4$  - параметром тривалості навчання. Два головних зовнішніх фактори  $O_1$  і  $O_2$  відповідають за оцінювання успішності студентів і рівень задоволеності роботодавця найманим студентом (співробітником).  $O_1$  розраховується безпосередньо із фактором  $I_4$  (затримка управлінського впливу керівництва ВНЗ на успішність студентів) і неконтрольований фактор  $E_2$  (невідоме збурення на остаточну оцінку успішності студентів).  $O_2$  використовує умовний вираз на мінімальне значення остаточної оцінки успішності студентів. Зворотній зв'язок не направляє до змінної  $I_5$  (вплив керівництва ВНЗ, що базується на основі остаточної оцінки успішності студентів) при досягненні мінімального відхилення від встановленого граничного рівня. В іншому випадку, до фактору  $I_5$  направляє зворотній сигнал. Ця модель (див. рис. 1.2) представляє 5 змінних по прийняттю рішень (від  $D_1$  до  $D_5$ ), дві неконтрольовані змінні навколишнього середовища ( $E_1$  та  $E_2$ ), чотири вхідні параметричні змінні ( $P_1, \dots, P_4$ ), п'ять внутрішніх вихідних змінних ( $I_1, \dots, I_5$ ) і два зовнішніх фактори - головні вихідні змінні ( $O_1, O_2$ ). В табл. 1.2 представлено фактори впливу (змінні) на надання якісних освітніх послуг ВНЗ, згруповані за типом (неконтрольовані змінні навколишнього середовища, вхідні параметричні змінні, головні вихідні змінні, вхідні змінні по прийняттю рішень тощо).

### 1.3. Аналіз світового досвіду впровадження принципів TQM і стандартів ISO у сфері освіти

Один із можливих шляхів, що дозволить ВНЗ вистояти в жорсткій конкурентній боротьбі на ринку надання послуг у сфері вищої освіти, є розробка та впровадження системи управління ЯО відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2009 “Системи управління якістю. Вимоги” [124]. Цей стандарт базується на 8 принципах тотального менеджменту якості (*Total Quality Management*) і містить універсальні вимоги до систем якості. Він придатний до застосування в усіх галузях, на будь-яких підприємствах, установах і організаціях і спрямований на забезпечення якості і підвищення задоволеності споживачів [103, 92]. У сфері вищої освіти споживачами можна вважати замовників, студентів, їх батьків, фірми, де знаходять роботу випускники, суспільство в цілому. На основі запропонованого порівняльного аналізу (табл. 1.3) головних принципів, на яких базується сучасна вища освіта, і світових тенденцій її подальшого розвитку з принципами TQM можна зробити висновок про корисність і перспективність використання останніх для досягнення ключової мети вищої освіти – створення умов особистісного розвитку творчої самореалізації громадянина України [148].

Таблиця 1.3

#### Принципи сучасної освіти

Принципи і характер сучасної вищої освіти	Основний зміст принципів сучасної вищої освіти	Принципи та основні елементи стратегії TQM, який відповідає принципу вищої освіти	Основний зміст принципу TQM у діяльності ВНЗ
1	2	3	4
Якісна	Підготовка фахівця, здатного забезпечити свій розвиток і потреби, а також потреби суспільства	Загальне управління якістю продукції та послуг TQM. Політика і стратегія у сфері якості фахівців. Процесний підхід	Якість підготовки забезпечується через якість ключових процесів ВНЗ
Доступна	Можливість здобути вищу освіту незалежно від місця проживання, соціального статусу тощо	Фокус на споживача ВНЗ. Використання потенціалу студентів	Задоволення потреб у вищій освіті усіх бажаючих і здатних навчатися

1	2	3	4
Безперервна	Можливість навчатися упродовж усього життя	Підтримання лояльності споживачів ВНЗ	Створення умов для надання можливості здобуття безперервної освіти від абітурієнта до випускника в
Інноваційна	Підготовка фахівців, здатних до новаторства, спроможних приймати правильні рішення у складних ситуаціях	Прийняття рішень на основі фактів персоналом ВНЗ	Використання науково - обґрунтованих методів на основі інструментів статистичного аналізу.
Випереджальна	Здатність передбачати і задовольняти майбутні потреби суспільства	Аналіз потреб і очікувань усіх зацікавлених у результатах навчання сторін	Прогнозування потреб і очікувань особистості та суспільства у вищій освіті
Адаптивна	Свочасне реагування на запити і потреби особистості та суспільства	Орієнтація на споживача ВНЗ	Зворотний зв'язок зі споживачами ВНЗ
Фундаментальна	Формування цілісної системи знань про світ	Системний і процесний підходи	Поліпшення навчального процесу. Формування
Гуманістична	Прийняття рішень на основі пріоритету етичних та екологічних принципів над суто економічними розрахунками	Вплив ВНЗ на суспільство	Тісний зв'язок із системою екологічного менеджменту та корпоративної відповідальності перед суспільством
Партнерська	Формування нової системи відносин між студентом і викладачем	Налагодження взаємовигідних партнерських відносин з усіма сторонами, пов'язаними з підготовкою фахівців	Нові методи навчання з використанням методології формування команд
Така, що впливає на розвиток додипломної та післядипломної освіти	Створення єдиного ланцюга навчання від школи до після дипломної освіти	Встановлення партнерських відносин. Залучення представників додипломної освіти та роботодавців до діяльності ВНЗ	Формування узгоджених і взаємопов'язаних планів та програм підготовки як цілісної системи
Глобалізована	Формування єдиних вимог до рівня підготовки в рамках єдиного світового освітнього простору	Стандартизація принципів <i>TQM</i> у міжнародних стандартах <i>ISO 9000</i>	Використання універсальних критеріїв <i>TQM</i> , міжнародних стандартів <i>ISO</i> серії 9000, критеріїв моделей ділової досконалості з урахуванням
Виховна	Формування особистості, гідного члена суспільства, громадянина і патріота	Мотивація персоналу ВНЗ і студентів ВНЗ	Стимулювання до саморозвитку і удосконалення
Спрямована на постійне самовдосконалення	Пошук і апробація нових методів досягнення ключових цілей вищої освіти	Постійне поліпшення	Поліпшення рівня підготовки, ключових процесів діяльності, системи управління якістю
Базується на сучасних інформаційних та комунікаційних технологіях	Упровадження системи дистанційного навчання, групових форм навчання, електронних підручників, використання можливостей Internet	Раціональне використання ресурсів ВНЗ	Використання інформаційних технологій для збору і аналізу інформації щодо системи якості, створення систем управління документами, базами даних, базами знань

Слід вказати ще на один дуже важливий аспект використання принципів ВНЗ у вищій освіті. Універсальність принципів, їх узагальнений характер, так само, як вимоги міжнародних стандартів управління якісно *ISO* серії 9000, а також критерії моделей ділової досконалості потребують від кожної організації творчого, новаторського підходу. З цієї точки зору застереження щодо механічного перенесення чужого досвіду певною мірою перестає бути актуальним.

Сучасна концепція *TQM* ґрунтується на таких принципах, як залучення вищого керівництва та всього персоналу, орієнтація на споживача, процесний і системний підходи, постійне вдосконалення якості, прийняття рішень на основі фактів, налагодження партнерських відносин з постачальниками. Знання та навички у сфері якості освіти приведені у табл. 1.4 (за результатами опитування роботодавців [59]).

Таблиця 1.4

## Знання та навички у сфері якості освіти

Знання та навички у сфері якості (за результатами опитування роботодавців)	Зміст знань і навичок
Орієнтація на споживача	Концентрація уваги на споживачах. Тотожність зі споживачем. Розуміння потреб споживачів. Порівняння внутрішніх і зовнішніх споживачів. Задоволення споживача. Залежність між задоволенням споживача і персоналу.
Практичні знання і застосування інструментів <i>TQM</i>	Визначення якості та її важливості. Сім інструментів контролю якості. Сім інструментів управління і планування якості. Статистичне управління процесом. Планування експериментів <i>ISO 9000</i> .
Прийняття рішень на основі фактів	Витрати на якість. Цикл планує - виконуй - контролюй – удосконалюй. Управління ризиками. Аналіз причин.
Розуміння роботи як процесу	Фокусування на процесі. Розуміння і мінімізація варіацій. Схема потоків і карта процесу. Варіації. Концепція управління процесом. Процеси вимірювань.
Орієнтація на команду	Командна робота і залучення людей. Делегування повноважень. Обмін інформацією та її подання. Навички спілкування. Навички побудови плану. Лідерські навички. Робота в командах.

Знання та навички у сфері якості (за результатами опитування роботодавців)	Зміст знань і навичок
Налаштованість на вдосконалення	Постійне вдосконалення. Якісне розроблення продукції.
Активне навчання	Персональні повноваження і відповідальність. Теорія знань. Управління знаннями. Психологія. Знання самого себе.
Системний підхід	Системне мислення. Критерії моделі ділової досконалості.

#### 1.4. Загальна структура системи управління якістю освіти ВНЗ

Система управління ЯО ВНЗ має ієрархічно побудовану структуру із великою кількістю складових елементів і підсистем, між якими існують певні зв'язки і залежності, що впливають як на побудову системи і її підсистем, так і на принципи їх функціонування. Система управління ЯО ВНЗ визначається як сукупність трьох елементів: органу управління з властивими йому технічними засобами і методами дій, об'єкту управління і каналів зв'язку між ними.

Найважливішим принципом оцінювання управління ЯО ВНЗ є принцип системного підходу, відповідно до якого система управління, по-перше, розглядається як ієрархічна структура від вищих ланок до нижчих і, по-друге, кожна ланка – як сукупність фізично та інформаційно зв'язаних між собою органів управління, пунктів управління, систем зв'язку, автоматизованих і спеціальних систем [48]. Властивість системи управління ЯО ВНЗ не є простою: сума властивостей ланок, що до неї входять, являють собою нову якість.

Загальне визначення системи управління ЯО ВНЗ можливо представити у наступному вигляді:

$$\Sigma = \{ \{M\}, \{x\}, F \}, \quad (1.1)$$

де  $\Sigma$  – система;  $\{M\}$  – сукупність елементів у ній;  $\{x\}$  – сукупність зв'язків і відношень між ними;  $F$  – функція (нова властивість) системи, яка відображає її інтегративність і цілісність.

У відповідності з вищенаведеним саме оцінювання управління ЯО ВНЗ вищезгаданої системи включає до себе наступні елементи  $M$ : постачальники (загальні середні навчальні заклади); сировину (абітурієнти); готова продукція (підготовлені фахівці); споживачів готової продукції (замовники); науково-педагогічних та педагогічних працівників; зміст освіти (освітніх програм та галузевих стандартів); засобів навчання;  $x$  – сукупність зв'язків і відношень між елементами. Виходячи з цього, задача оцінювання управління ЯО ВНЗ вирішується головним чином в рамках системи, модель якої наведена на рис. 1.3. У цьому випадку для аналізу об'єкта використовується модель “чорної скриньки” із застосуванням принципу декомпозиції – за входом і виходом об'єкта управління, оскільки на виході є кінцева продукція ВНЗ “випускник”, а на вході – постачальники “сировини”.

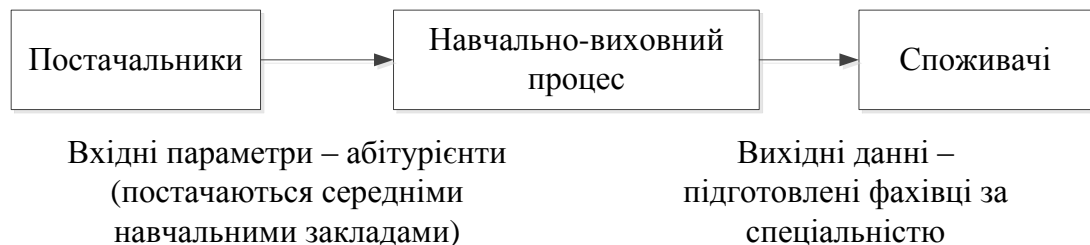


Рис. 1.3. Модель “чорної скриньки” управління ЯО ВНЗ

Тоді взаємодію процесів управління у ВНЗ на формальному рівні можна представити в наступному вигляді рис. 1.4.



Рис. 1.4. Взаємодія процесів управління у ВНЗ на формальному рівні

Процес формування управлінських впливів для здійснення коригування НВП у ВНЗ пов'язаний із значними труднощами. Оцінювання ситуацій являє собою дедуктивне завдання, яке знаходиться за межею узагальнення параметрів наслідків дій, котрі можуть здаватися з першого погляду відомими і простими. Аналіз невизначеності потребує від керівника постійних спостережень за повторюваними процесами, що відбуваються. Ця вимога взагалі може бути виконана, але вона передбачає необхідність узагальнення всіх спостережень у логічні висновки, які в дійсності не спостерігалися. Функціональність ВНЗ визначається [113, 119] здатністю виконувати свої функції з: організації НВП із застосуванням у педагогічному процесі оптимальних методів і засобів, а також педагогічних технологій; організації наукової роботи ВНЗ, наукової діяльності студента (слухача) та їх моніторингу; організації виховної роботи у ВНЗ; діагностики досягнення цілей освіти, оцінювання якості підготовки фахівця; отримання рейтингової оцінки діяльності студента (слухача); оцінювання позанавчальної діяльності студента (слухача); зворотній зв'язок з роботодавцем з приводу виконання функціональних обов'язків за фахом на робочому місці випускника; оцінювання та аналізу ефективності функціонування навчально-виховного процесу ВНЗ; управління ефективністю функціонування ВНЗ.

Такий підхід до систематизації зазначених складових функцій має не тільки науково-теоретичне значення. Він може викликати й суто практичний інтерес, оскільки ініціює розробку об'єктивної системи показників, які характеризують потенційний стан НВП з якісного боку, і підбір адекватного апарату кількісної оцінки останньої. У цьому випадку виникає можливість формування управлінських впливів на цей стан та його оптимізації. З іншого боку, від НВП із кращими потенційними можливостями слід очікувати більшої ефективності, яку також потрібно вміти оцінювати за відповідними показниками, що і є основою управління ЯО ВНЗ.

## **1.5. Загальні вимоги до розробки інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ**

Інформаційна технологія – технологічний процес, предметом опрацювання й результатом якого є інформація [5]. Відповідно до визначення, прийнятим ЮНЕСКО [31], інформаційна технологія – це комплекс взаємозалежних, наукових, технологічних, інженерних дисциплін, що вивчають методи ефективної організації праці людей, зайнятих обробкою й зберіганням інформації; обчислювальну техніку і методи організації й взаємодії з людьми і виробничим устаткуванням, їх практичні додатки, а також зв'язані з усім цим соціальні, економічні й культурні проблеми. Технологічний процес – частина виробничого процесу, яка складається з дій, спрямованих на зміну та (чи) визначення стану предмета праці [146].

Започатковуючи розробку інформаційної технології оцінювання ЯО ВНЗ, доцільно дотримуватися таких вимог [18, 19, 34]: система оцінювання повинна бути придатною для її сертифікації; бути компактною, зрозумілою, зручною, не мати багато паперів; приносити практичну користь ВНЗ; давати можливість використання її як основи інформаційної моделі діяльності ВНЗ.

Процес управлінської діяльності управління ВНЗ можна поділити на наступні етапи [16, 46]: розроблення політики в сфері якості освіти ВНЗ; розробки стратегії і цілей у цій сфері; планування створення і розвитку системи управління ЯО ВНЗ; розподіл відповідальності та повноважень керівництва; забезпечення процесів обміну інформацією; аналіз досягнення заданого рівня ЯО зі сторони керівництва ВНЗ; наявність нормативно-правової документації, що регламентує організацію і проведення НВП у ВНЗ та забезпечення доступу до них; управління запасами.

До процесу управління ресурсами належать: управління персоналом; управління інфраструктурою (управління аудиторним фондом, забезпечення безпеки, матеріально-технічне забезпечення, планово-фінансова діяльність,

управління інформаційними ресурсами бібліотеки, інформаційними та технічними ресурсами); управління організацією і проведенням НВП у ВНЗ.

До процесів вимірювань, аналізу та поліпшення належать [151]: контроль і вимірювання (задоволеність замовників, внутрішні перевірки відповідності організації і проведення НВП); управління невідповідною продукцією; аналіз даних для поліпшення НВП; поліпшення коригувальних та попереджувальних дій.

Зазначені вище процеси формують складові системи управління ЯО ВНЗ, які можна розділити на наступні рівні: перший рівень – настанова з якості освіти ВНЗ, факультетів та кафедр відповідно до вимог *ISO 9001:2009*; другий рівень повинен бути представлений стандартами ВНЗ, в яких встановлені вимоги до процесів і відповідальні за них. Контроль виконання цих вимог повинні здійснювати декани факультетів, завідувачі кафедр, куратори груп, а також проректори ВНЗ. Третій рівень складається із робочих інструкцій викладачів, допоміжного персоналу, а також Статуту ВНЗ, положень про структурні підрозділи, посадових інструкцій, стандартів ВНЗ, робочих навчальних планів спеціальностей, правил, рекомендацій тощо.

Надалі вбачається доцільним розроблення ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ з використанням сучасних інформаційних технологій. Для цього необхідно створити (оптимізувати) систему організації, збору, зберігання, обробки і пошуку інформації про стан організації і проведення НВП у ВНЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких відображено розв'язання цієї проблеми, дозволяє стверджувати, що протиріччя між необхідністю забезпечення ЯО та стрімким збільшенням потоків інформації, що циркулюють у ВНЗ, змушують керівництво до пошуку оптимального управління даними, які адекватно характеризують рівень ЯО ВНЗ і яке б забезпечило найбільш ефективну діяльність всіх його учасників [67].

Основні умови нормального функціонування ВНЗ спрямовані на підтримку показників, що впливають на ЯО ВНЗ  $y^t = (y_1^t, y_2^t, \dots, y_i^t, \dots, y_n^t)$  на рівні не нижче заданого, де  $y^t$  – комплексний показник, що впливає на ЯО ВНЗ,

$y_1 t \dots y_n t$  – його складові. Якщо один або кілька показників починають відхилятися від заданого рівня  $y_n t$ , то виникає необхідність своєчасного виявлення  $t_1$  й усунення причин цих відхилень  $\Delta y_i$  за найменший час  $t_2$  шляхом формування управлінських впливів на  $y_n t$  – відповідну складову організації і проведення НВП у ВНЗ, яка підлягає коригуванню. Це забезпечується шляхом безперервного контролю показників, що впливають на ЯО ВНЗ і при їх погіршенні – розпізнаванням причини цього погіршення та надаванням керівнику/ректору/проректору альтернативи для формування управлінських впливів.

На рис. 1.5 показаний процес набуття знань фахівцем з відповідним процесом коригування НВП у ВНЗ для досягнення рівня знань не нижче заданого  $y_n t$ , який відбувається по кривій навчання і описується експоненційною функцією [17, 48].

Причини відхилення від заданого рівня набуття знань  $y_n t$  в контрольній часовій точці  $t_1$  можливі через вплив різних збурених чинників, що ведуть до погіршення рівня якості організації і проведення НВП у ВНЗ. Відхилення  $\Delta$  під впливом різних причин може досягати недопустимо великих значень, при яких порушується забезпечуваний об'єктом управління НВП. Тому виникає задача зменшення відхилень вихідних величин об'єктів від потрібних значень.

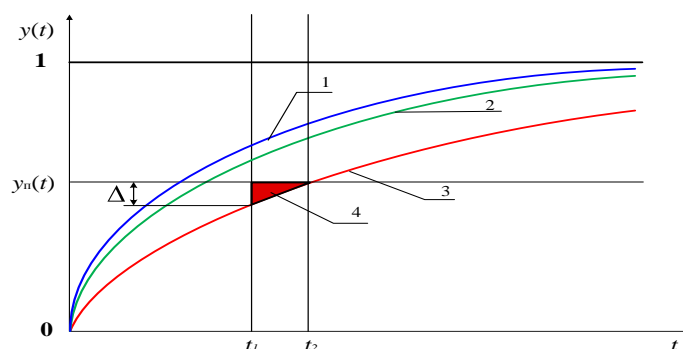


Рис. 1.5. Крива навчання: 1 – “ідеальний” НВП; 2 – очікуваний (запланований) НВП; 3 – НВП, який потребує коригування; 4 – частина НВП, що корегується

## 1.6. Аналіз існуючих ІАС оцінювання рівня якості освіти ВНЗ

ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ – клас інформаційних систем, призначених для аналітичної обробки інформації зі здійснення оцінювання рівня якості освіти ВНЗ з використанням баз знань і експертних систем [81]. Ринок програмного забезпечення пропонує наступні рішення управління навчальним процесом [70, 75, 109, 110, 112]:

I. Автоматизована система управління вищим навчальним закладом АСК “ВНЗ”, розроблена Науково-дослідним інститутом Прикладних інформаційних технологій Кібернетичного центру Національної академії наук України.

II. Пакети комп’ютерних систем “Деканат”, “БІБЛІОГРАФ-2007”, “КОЛОКВІУМ”, “ПС-Персонал” приватного підприємства “Політек-софт”.

III. “ВНЗ АЛЬМА-МАТЕР” товариства з обмеженою відповідальністю “Direct IT”.

IV. Інформаційно-аналітична система управління ВНЗ “Університет”, Херсонський державний педагогічний університет.

V. Програмний комплекс АРМ “РОНО” (Росія).

Здійснимо огляд програмного забезпечення із управління НВП у ВНЗ.

I. АСК “ВНЗ”, розроблена Науково-дослідним інститутом прикладних інформаційних технологій Кібернетичного центру Національної академії наук України, складається з двох підсистем: “Приймальна комісія” та “Деканат”. Основні функціональні можливості підсистеми “Деканат”: роздрукування заліково-екзаменаційної документації на період кожної сесії та перед початком навчального року; формування і роздрукування проектів наказів; формування заявки на виготовлення документів про освіту та студентських квитків. Підсистема “Приймальна комісія” дозволяє: організувати введення анкетних відомостей абітурієнта; перевірити інформацію атестата про середню освіту; здійснити друк екзаменаційних листів з фотографією абітурієнта; обробляти готові результати

іспитів, уведені оператором; проводити моніторинг вступних іспитів, прогнозування середнього та прохідного балу.

II. Серед усіх пакетів, які пропонує “Політек-Софт”, найбільш функціональними, з точки зору автоматизації сфер діяльності ВНЗ, є пакети “Деканат”, “Колоквіум”. Пакет програм “Деканат” призначений для автоматизації планування та обліку навчального процесу в закладах освіти (технікумах, коледжах, училищах, інститутах та університетах). Пакет дозволяє створити та підтримувати базу даних, в якій формується та реєструється така інформація: структура навчального процесу закладу (спеціальності, групи, підгрупи, потоки, предмети, кількість годин з предметів за різними видами занять, навчальні плани та, у разі необхідності, факультети, кафедри, циклові комісії); дані щодо всіх викладачів закладу та їхнього планового навантаження, розклад роботи; щоденні дані про фактичну роботу кожного викладача з кожного предмету; великий обсяг даних щодо всіх студентів закладу та їхньої успішності за весь період навчання; дані про наявні корпуси та аудиторії навчального закладу, їхнього заповнення, розклад занять. Пакет програм “Колоквіум” призначений для комп’ютерного тестування знань студентів навчальних закладів України. Пакет надає такі можливості: зручна оболонка для формування тестів; тестування студентів у різних режимах та на основі результатів тестування оцінювати знання; забезпечується доступ до бази даних з результатами тестування з метою всебічного аналізу; автоматична генерація та друк звітів за результатами тестування; інформаційна сумісність з пакетом програм “Деканат”, призначеним для автоматизації документообігу в навчальній частині закладу. Головними особливостями пакету є: простота використання, мінімум необхідних дій при роботі з програмами; великий обсяг та повнота інформації, яка зберігається у базі даних; велика кількість режимів тестування і оцінювання, що дає можливість підібрати оптимальні параметри тестування для кожного конкретного випадку залежно від вимог викладача та важливості тесту; можливість використання в будь-яких навчальних закладах. “Політек-софт” пропонує ще допоміжні пакети, такі як: “ПС-Персонал”, “БІБЛІОГРАФ-2007”, “Деканат-Університет-Web”, які

використовуються для введення та збереження інформації тобто використовуються як банки даних. Головним недоліком пакетів, які представляє ПП “Політек-софт”, є відсутність підтримки кредитно-модульної системи. Адже в рамках інтеграції України в європейське освітнє співтовариство проводиться поступова модернізація та удосконалення змісту вищої освіти та організації навчального процесу.

III. Програмний комплекс “ВНЗ АЛЬМА-МАТЕР” дозволяє автоматизувати діяльність співробітників, що пов'язана з одержанням, обробкою, зберіганням й аналізом даних, необхідних для функціонування навчального закладу. До складу програмного комплексу входять наступні модулі: “Приймальна комісія”, “Деканат/навчальна частина”, “Навчально-методичний відділ” (з можливістю формування розкладу занять).

Головні переваги:

1. Модульність. Можливість придбання програмного забезпечення частинами, а не цілим комплексом. Програмний комплекс допрацьовується під потреби кожного ВНЗ індивідуально.

2. Програмний комплекс розроблено відповідно до вимог Болонського процесу.

Функціональні можливості модулів:

1. Приймальна комісія: тестування абітурієнтів, автоматичне зарахування тих, що пройшли вступні тести; автоматичне занесення результатів поточних електронних тестів (іспитів/заліків) до бази даних; облік усіх абітурієнтів і студентів в єдиній базі даних.

2. Деканат/навчальна частина: облік успішності, рубіжний контроль; надання вільного доступу до інформації про відвідуваність і успішність студентів; облік особистих карток усіх студентів в єдиній базі і швидкий їх пошук; автоматизація введення екзаменаційно-залікових відомостей; автоматичне формування наказів на відрахування, списків груп, відомостей, особистих карток, журналів й інших стандартних документів як внутрішнього, так і зовнішнього документообігу; полегшення створення документів про

переміщення студентів із збереженням історії про зміни для подальшого аналізу; модуль обліку оплати за навчання, з можливістю встановлення індивідуальних розцінок для кожного студента і загальних по групах/потоках; формування друкованих форм “додатків” до дипломів/атестатів. Можливість зберігання бази даних виписаних дипломів/атестатів, їхні серії і номери; інтеграція з DP 2000; модуль розрахунку середньої успішності по групі/потоку/викладачеві/ навчальному закладу і т.ін.

3. Навчально-методичний відділ: облік викладацького складу; розрахунок погодинного навантаження для викладачів; розрахунок фактично виконаного навантаження; можливість використання різних схем розрахунку, обліку і планування; формування навчальних і робочих планів; складання розкладу занять; автоматизація створення звітів для аналітичного відділу. Формування звітів установленого зразка для служби статистики.

4. Фінансовий модуль: планування і облік господарської діяльності згідно з наказами Держказначейства; формування місячної, квартальної і річної звітності (баланс, довідка до балансу, форми № 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15); підтримка будь-якої кількості додаткових планів рахунків.

IV. Інформаційно-аналітична система “Університет”, розроблена Херсонським Державним педагогічним університетом, не розділена на підсистеми. Можливості ІАС “Університет”: введення та зберігання інформації про студентів (анкетні дані, вартість навчання, оплата; академічні відпустки, випуск/відрахування, спеціальність, середній бал) та працівників (анкетні дані, заслуги, пільги, утримання, виплати).

V. Програмний комплекс АРМ “РОНО” (Росія) дає можливість: сформувати єдину базу даних всіх типів і видів навчальних закладів на рівні району, міста, регіону; здійснювати вибірку даних як по конкретному навчальному закладу, так і по сукупності їх видів і типів; оперативно отримувати повну і достовірну інформацію про стан і динаміку навчальної інфраструктури; сформувати єдиний інтегрований банк даних навчального персоналу, педагогічних (адміністративних) кадрів навчальних

закладів району (міста, регіону); розв'язувати задачі атестації та перепідготовки кадрів, планування потреб навчальних закладів в педагогічних (адміністративних) кадрах; здійснювати моніторинг навчальної діяльності у підпорядкованих закладах, проводити об'єктивний аналіз стану навчального процесу в закладах; забезпечити контроль за плануванням навчально-педагогічного процесу в підпорядкованих закладах.

Також дослідження, що проведені в сфері управління освітою, показали недостатній рівень впровадження, використання і застосування можливостей існуючих ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ, які призначенні для удосконалення організації і проведення НВП [45, 63, 64, 96, 105, 40]. До основних недоліків можна віднести: недостатньо ефективно використовується узагальнена інформація щодо якості підготовки фахівців при виробленні управлінських рішень по здійсненню коригування НВП; використання лише адміністративних функцій; не в повній мірі задовольняють можливостям оперативного аналізу даних; недостатній рівень проведення контролю результатів оцінювання рівня якості організації НВП у ВНЗ; не враховують специфіку підготовки фахівців.

Головне завдання інформаційної технології оцінювання ЯО ВНЗ – це створення оцінки відповідності реального стану організації і проведення НВП у ВНЗ до еталонного для своєчасного формування управлінських впливів ОПР (в межах повноваження) по забезпеченню ЯО ВНЗ не нижче заданого. Така особливість ІАС дасть можливість управляти НВП за “слабкими сигналами” (неуспішність студента за окремим модулем, наявність проблем у викладанні, забезпеченні, тощо). Узагальнену функціональну схему оцінювання рівня організації і проведення НВП у ВНЗ показано на рис. 1.6.

Головними вимогами щодо створення ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ є принцип неперервності, поетапності, послідовності та своєчасності забезпечення реагування системи на відхилення від заданого рівня [32].

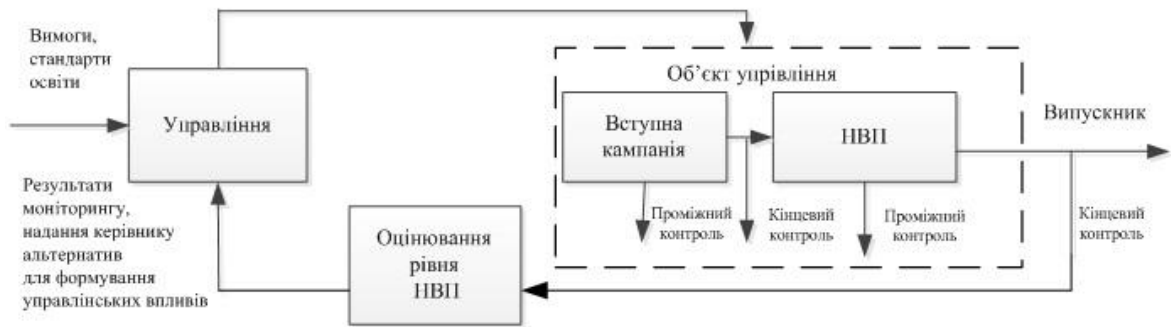


Рис. 1.6. Узагальнена функціональна схема оцінювання рівня організації і проведення НВП у ВНЗ

Адекватність реагування ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ на відхилення від заданого рівня визначається кількістю показників, які характеризують стан рівня ЯО ВНЗ.

При розробці ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ треба враховувати наступне:

1. Інформаційна технологія оцінювання ЯО ВНЗ повинна передбачати відстеження показників трьох її основних складових: умов (управління, адміністративно-господарські процеси); навчально-виховного процесу (відстеження навчальної, виховної, методичної, наукової, навчально-пізнавальної діяльності в її сукупності); результатів навчання. Стосовно кінцевого результату, необхідним його показником повинен бути інтегральний показник "Робота за спеціальністю". За цим показником перевіряється відповідність рівня теоретичної та практичної підготовленості фахівця на посаді первинного призначення вимогам замовника.

2. Напрямами формування оцінювання ЯО ВНЗ повинні бути: дослідження освітнього середовища; дослідження організації і результативності НВП; дослідження якості управління організацією і проведенням НВП у ВНЗ.

3. Об'єктами, що впливають на рівень ЯО ВНЗ повинні бути: індивідуальні досягнення тих, хто навчається (ключові компетенції, знання, уміння, навички, досягнутий рівень розвитку особи і соціалізації

випускників); діяльність НПП (процес і результативність); державний стандарт (освітні програми); діяльність і досягнення ВНЗ за напрямами діяльності, в тому числі й органів управління.

4. Суб'єктами системи оцінювання ЯО ВНЗ повинні бути: органи управління освітою; замовники; управління ВНЗ (ректор та його апарат, відділи та служби); кафедри (завідуючий, педагогічні працівники); ті, хто навчається.

Інтегральним показником оцінювання навчального досягнення студентів є рівень засвоєння ними змістових модулів у визначений період часу [60]. Причому, для порівняння важливості (складності) того чи іншого змістового модуля (наприклад, професійно-орієнтованого чи допоміжного) вводиться система їх вагових коефіцієнтів. Вага того чи іншого модуля визначається за допомогою експертного опитування та методу А. Сааті [1, 114, 115, 116].

Інформація про стан рівня ЯО ВНЗ формується для: аналізу результатів поточного стану організації і проведення НВП у ВНЗ (за показником навчальні досягнення) – компетенція викладачів кафедр, факультетів, навчального відділу; втручання керівника для коригування процесу організації і проведення НВП у ВНЗ; оцінювання якості вихідної інформації з боку керівництва ВНЗ (замовників, органів управління).

Створення ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ дозволить формалізувати й актуалізувати слабо структуровані і неструктуровані дані по здійсненню оцінювання ЯО ВНЗ і формуванню бази знань, що використовуються як інструмент для проведення аналізу відповідності рівня якості НВП вимогам нормативно-правової документації з питань організації і проведення НВП у ВНЗ; вибору альтернатив особою, що приймає рішення з формування управлінських впливів на складові елементи НВП у ВНЗ для його коригування по забезпеченню ЯО ВНЗ на рівні не нижче заданого.

## 1.7. Висновки та постановка задачі

Реформування системи освіти в Україні є пріоритетною задачею держави, яка передбачає якісні зміни освітніх технологій з застосуванням інформаційних технологій. Необхідність удосконалення НВП у ВНЗ як складової системи освіти висуває невідкладні проблеми його комп'ютеризації, впровадження сучасних інформаційних технологій щодо оцінювання рівня ЯО, формування на їх основі нових стратегій. Дослідження, що проведені в сфері управління освітою, показали недостатній рівень впровадження, використання і застосування можливостей сучасних ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ, які призначенні для удосконалення організації і проведення НВП. До основних недоліків існуючих ІАС можна віднести: недостатньо ефективно використовується узагальнена інформація щодо якості підготовки фахівців при виробленні управлінських рішень для здійснення коригування НВП; використання лише для адміністративних функцій; не враховується специфіка підготовки фахівців.

Також у першому розділі представлено модель СУЯ УС ВНЗ розроблену з використанням підходу дизайн-концептуального дослідження (та відповідно до міжнародного стандарту ISO 9001 IWA 2: 2007), який включає СДМ- підхід, складовими якого є ДПНК, ГСППР за результатами симуляції. Проаналізувавши дані підходи, робиться висновок, що вони є недосконалими - занадто формальними і не дієвими.

Таким чином, дана дисертація спрямована на вирішення актуальної наукової задачі, сутність якої полягає в розробці інформаційної технології оцінювання ЯО ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування НВП у ВНЗ. Для системного аналізу інформаційної технології оцінювання ЯО необхідно розв'язати наступні задачі дослідження:

1. Аналіз існуючих ІАС оцінювання рівня якості освіти ВНЗ.

2. Обґрунтування показників, що впливають на якість освіти ВНЗ.
3. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.
4. Розробка методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі інформаційної технології.
5. Розробка технічних рішень щодо реалізації методики оцінювання рівня якості освіти ВНЗ на основі інформаційної технології.

## **РОЗДІЛ 2**

### **РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО ПРОЦЕСУ У ВНЗ**

Ефективність організації і проведення НВП у ВНЗ значною мірою залежить від виду представлення даних про цей процес, сукупності показників, що характеризують різні складові процесу та їх оцінювання. Від адекватності опису процесу залежить достовірність оцінювання ЯО у ВНЗ, а як наслідок забезпечення рівня ЯО у ВНЗ не нижче заданого шляхом формування управлінських впливів на ті частини процесу, що потребують коригування. Це потребує побудови нових моделей для опису даних, які б адекватно представляли організацію і проведення НВП у ВНЗ.

Даний розділ присвячений: обґрунтуванню вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ; розробці математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

#### **2.1. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ**

Для забезпечення рівня ЯО у ВНЗ не нижче заданого доцільно розглядати коригування НВП у ВНЗ на двох рівнях – державному та на рівні ВНЗ (рис. 2.1). Якість освіти на державному рівні [103, 108] досягається виконанням державних вимог до кадрового, навчально-методичного, матеріально-технічного забезпечення НВП у ВНЗ, створення дієвого і адекватного нормативно-правового забезпечення освітньої діяльності.

На рівні ВНЗ ЯО досягається додержанням вимог до кількісного і якісного складу НПП, навчально-методичного забезпечення, планування і організації НВП (забезпечення якісного рівня відповідності ПС випускника), матеріально-технічного забезпечення, забезпечення реалізації положень кадрової політики в

галузі освіти, аналізу професійної діяльності випускників за відгуками з місць роботи.

На рівень ЯО ВНЗ впливають як зовнішні, так і внутрішні чинники. До зовнішніх належать: обсяг державного замовлення; рівень забезпечення реалізації положень кадрової політики в галузі освіти; демографічна ситуація в країні; вимоги замовника до випускника; рівень підготовленості вступника і т.ін. До внутрішніх чинників належать: фактична відповідність ВНЗ акредитаційним вимогам; рівень матеріально-технічного забезпечення організації і проведення НВП у ВНЗ і т. ін.

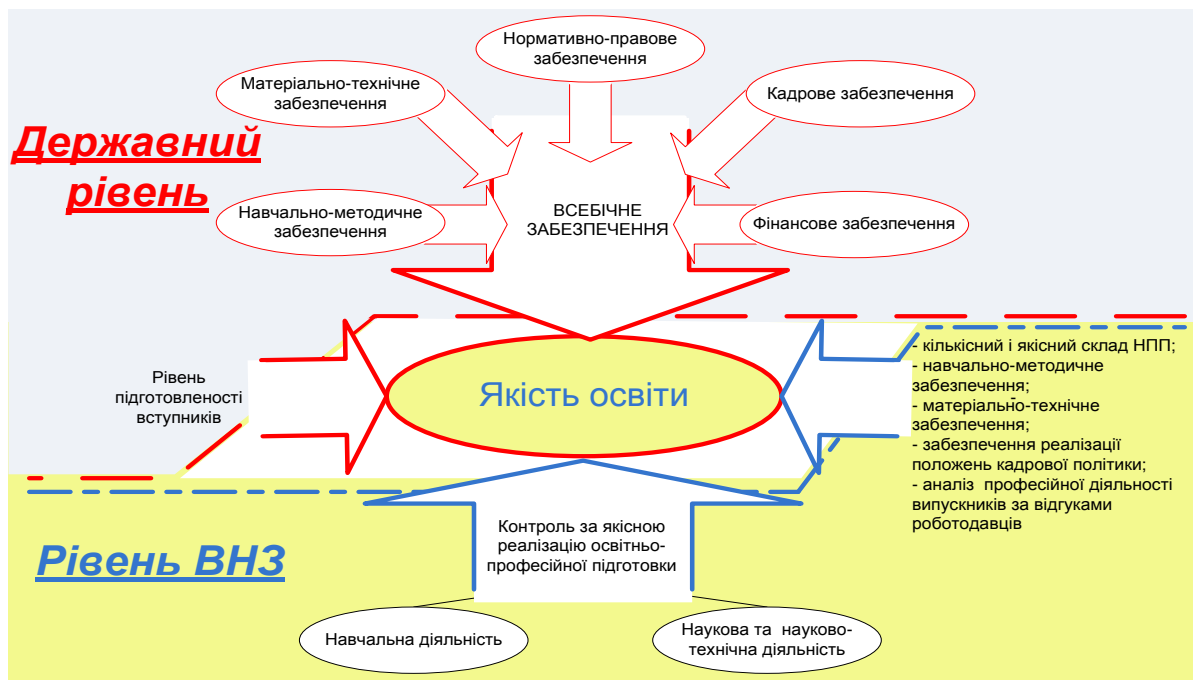


Рис. 2.1. Показники, що впливають на досягнення рівня освіти випускниками ВНЗ не нижче заданого за дворівневим розподілом

Зважаючи на те, що на ВНЗ безпосередньо покладений обов'язок високоякісної організації ОПП випускника, в роботі пропонується розглядати (на рівні ВНЗ) наступні основні показники впливу на ЯО ВНЗ, а саме: якість навчальної і якість наукової та науково-технічної діяльності [1, 16, 49]. На рис. 2.2 представлено складові показника якості навчальної діяльності, що

впливають на результати навчання та на якість викладання навчальної дисципліни.

На рис. 2.3 представлено складові показника якості наукової та науково-технічної діяльності, що здійснюють вплив як на викладача, так і на того, кого навчають.

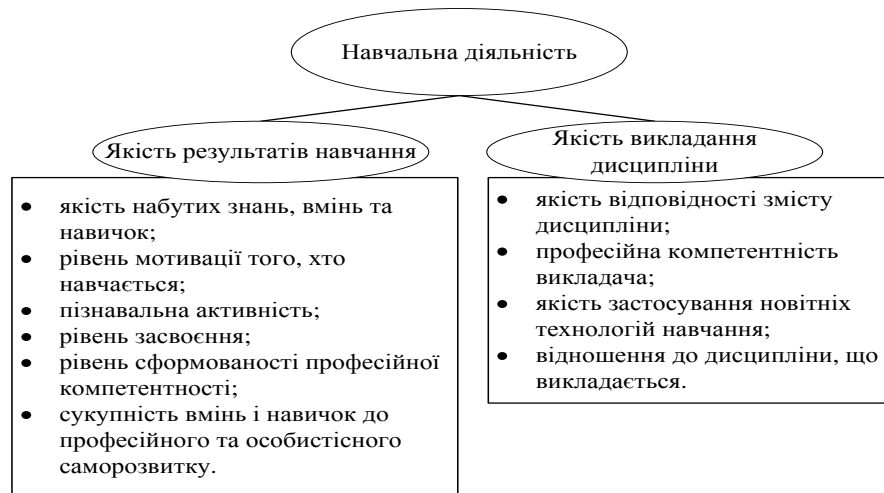


Рис. 2.2. Складові показника якості навчальної діяльності ВНЗ



Рис. 2.3. Складові показника якості наукової та науково-технічної діяльності ВНЗ

Реалізована в НВП система коригувального контролю і якість навчання тісно взаємозалежні. Корегувальний контроль як компонент НВП повинен сам відповідати вимогам якості. Водночас комплексна система коригувального контролю, максимально реалізуючи навчальну й виховну функції, дозволить поліпшити стан і підвищити результативність НВП відповідно до вимог державного стандарту.

Система управління ЯО ВНЗ повинна складатися із чотирьох взаємозалежних підсистем [34, 97]: планування якості - задання параметрів НВП у ВНЗ; забезпечення якості - задачі області забезпечення НВП у ВНЗ; контроль якості - НВП у ВНЗ повинен бути вимірний; поліпшення якості - задання області регулювання НВП у ВНЗ.

Фахівці в сфері якості освіти виділяють три складові ЯО: якість освіти (знань, способів розв'язання задач); якість методів навчання і виховання (організації пізнавальної діяльності, мотивації пізнавальної діяльності, контролю за здійсненням навчальної діяльності); якість освіченості особистості (засвоєння знань, умінь та навиків, засвоєння моральних норм).

### **2.1.1. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ за результатами проведення експертного оцінювання методом аналізу ієрархій**

Наведений перелік є орієнтовним, хоча більшість показників може бути використано з наданням їм кількісного оцінювання для прийняття оперативних управлінських рішень. З метою знаходження показників впливу на ЯО ВНЗ була сформована друга задача дослідження – обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Дане обґрунтування здійснюється в результаті проведення експертного оцінювання методом аналізу ієрархій [115] на підставі аналізу нормативно-правової бази і інформації, яка отримана в результаті діяльності ВНЗ, групою експертів, яка складається з 7-9 осіб. До групи експертів повинні входити експерти з освітньої діяльності, з інформаційних технологій, представники замовників [87, 136].

Обґрунтування показників, що впливають на ЯО ВНЗ складається з наведених нижче етапів.

I. Вибір показників здійснюється відповідно до структури організації і проведення НВП у ВНЗ [17] та розділений на три блоки:

- Блок 1 – показники впливу на організацію і проведення вступної кампанії;
- Блок 2 – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ;
- Блок 3 – проходження практики (або робота на первинній посаді за фахом).

Зазначені блоки складаються з наступних показників впливу на ЯО ВНЗ:

Блок 1 – показники впливу на організацію і проведення вступної кампанії ( $A_{11} \div A_{15}$ ):  $A_{11} = \{\text{вимоги до наявності і відповідності документів}\}$ ;  $A_{12} = \{\text{вимоги до кількості балів в сертифікаті Українського центру оцінювання ЯО}\}$ ;  $A_{13} = \{\text{вимоги до кількості балів для участі у конкурсі}\}$ ;  $A_{14} = \{\text{вимоги до результатів медичного огляду – наприклад довідка форми 086У}\}$ ;  $A_{15} = \{\text{наявність пільгових привілеїв в правилах прийому}\}$ ;

Блок 2 – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ ( $A_{16} \div A_{23}$ ):  $A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$ ;  $A_{17} = \{\text{рівень підготовки викладачів}\}$ ;  $A_{18} = \{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$ ;  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників (в т.ч. в електронному вигляді) з навчальних дисциплін, їх якість}\}$ ;  $A_{20} = \{\text{контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять}\}$ ;  $A_{21} = \{\text{наявність і обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій}\}$ ;  $A_{22} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$ ;  $A_{23} = \{\text{організованість, дисциплінованість, мотивація і сумлінне ставлення до навчання студента}\}$ ;

Блок 3 – показники впливу на проходження практики/робота за спеціальністю ( $A_{24} \div A_{30}$ ):  $A_{24} = \{\text{професійні якості}\}$ ;  $A_{25} = \{\text{ділові якості}\}$ ;  $A_{26} = \{\text{особистісні якості}\}$ ;  $A_{27} = \{\text{рівень дисциплінованості}\}$ ;  $A_{28} = \{\text{морально-етичні якості}\}$ .

Отримання вагових коефіцієнтів та пріоритетність кожного з показників впливу на ЯО ВНЗ проводиться за допомогою МАІ [115]. Знаходження показників для Блоку 2 – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ, як найбільш впливових та вагомих, розглянуто нижче. Крім того, для кожного з показників були визначені його складові і критерії, які наведені в Додатку А.

Позначимо групу показників Блоку 2  $A_{16}, \dots, A_{23}$  як  $A_{2n}$ , де  $n$  – число показників.

Для розв'язання задачі упорядкування групи показників  $A_{2n}$  за пріоритетністю залучаються експерти, які формують МПП [115] ( $\mathbf{A}$ ) показників розміром  $n \times n$  з додатними елементами та з оберненою симетрією:

$$\mathbf{A} = (A_{ij}), \quad i, j = 1, n, \quad (2.1)$$

$$A_{ji} = 1/A_{ij}, \quad A_{ii} = 1, \quad (2.2)$$

де для  $A_{ij} \geq 1$  ( $A_{ij} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ );  $n$  – число показників;  $A_{ij}$  – пріоритет показника  $A_j$  перед  $A_i$  за 9 - бальною шкалою ( $A_{ij}$  показує наскільки показник  $A_i$  пріоритетний (“важливіший”), ніж показник  $A_j$ ). Фізичний сенс цілих бальних значень  $\mathbf{A}$  від 1 до 9 запозичуємо з роботи [115].

II. Формування МПП показників впливу на ЯО ВНЗ. Після проведеного опитування групи експертів для групи показників  $A_{2n}$  використовуючи таблицю [115], формується МПП:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 & 3 & 6 & 7 & 6 & 7 \\ 1/3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 5 & 3 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1 & 1 & 5 & 3 & 3 & 4 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 2 & 3 \\ 1/6 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/6 & 1/3 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/7 & 1/4 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

III. Визначення ваги або кількісної міри ступеня вагомості та пріоритетності кожного із показників впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ. Після формування експертами МПП  $\mathbf{A} = \|a_{ij}\|_{(n \times n)}$  розв'язується задача визначення ваги або кількісної міри ступеня вагомості і пріоритетності кожного

із  $n$  показників  $A_i, i = 1, \dots, n$ . Згідно з теорією ієрархічних систем [114] вказана задача зводиться до алгоритмічної спектральної задачі для матриці  $\mathbf{A}$  (на власні значення і власні вектори):

$$\mathbf{A}\mathbf{H} = \lambda\mathbf{H}, \quad (2.4)$$

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 0, \quad \mathbf{I} = \mathbf{I}_{ij}, \quad \mathbf{I}_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, \quad (2.5)$$

де  $\lambda$  – власне значення матриці  $\mathbf{A}$ , яке є розв'язком характеристичного рівняння (2.5);  $\mathbf{I}$  – одинична матриця;  $\mathbf{H}$  – власний вектор, відповідний власному значенню.

Характеристичне алгоритмічне рівняння (2.5) має  $n$  коренів, які упорядковуються в порядку зменшення:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \dots > \lambda_n, \quad (2.6)$$

$$\lambda_1 = \lambda_{\max} = \max \lambda_i. \quad (2.7)$$

Позначимо власний вектор матриці  $\mathbf{A}$ , відповідний максимальному власному числу  $\lambda_{\max}$  як  $\mathbf{H}_{\max}$ :

$$\mathbf{H}_{\max} = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_n \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

Тоді ваговий вектор пріоритетності показників подається у вигляді наступного єдиного невід'ємного розв'язку [42, 89]:

$$\mathbf{W} = q\mathbf{H}_{\max}; \quad q = \frac{1}{\sum_{i=1}^n H_i}; \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1, W_i \geq 0. \quad (2.9)$$

Формуючи упорядкований за зменшенням варіаційний ряд з координат вагового вектора (2.9):

$$W_1 \geq W_2 \geq W_3 \geq \dots \geq W_n, \quad (2.10)$$

отримаємо розв'язок поставленої задачі упорядкування за зменшенням пріоритетної групи показників  $A_{2n}$ :

$$A_i, i = \overline{1, n} \Rightarrow A_{ik}, W_{ik}, k = \overline{1, n}. \quad (2.11)$$

Як зазначено в роботі [115],  $\lambda_{\max} \geq n$ , при цьому величина  $E = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$  є мірою ступеня неузгодженості експертних оцінок. Чим менше  $E$ , тим більша ступінь довіри до розв'язку (2.11). Числовою мірою ступеня довіри може бути різниця  $\gamma = 1 - E = 1 - \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ .

Відзначимо, що для знаходження максимального власного числа  $\lambda_{\max}$  і максимального власного вектора  $\vec{H}_{\max}$  МПП  $A$  існують достатньо швидкі і точні числові ітераційні методи [43, 89]. Для розв'язування наведеної задачі використовується метод простої ітерації.

Зокрема, для матриці (2.3) отримано наступний розв'язок:

$$\lambda_{\max} = 8,164, \gamma = 0,9795 \text{ (7,8\%)},$$

$$\vec{W}^T = (0,293; 0,22; 0,149; 0,099; 0,107; 0,057; 0,045; 0,03),$$

$$i_1 = 0,345; i_2 = 0,181; i_3 = 0,166; i_4 = 0,118; i_5 = 0,047; i_6 = 0,046; i_7 = 0,053; i_8 = 0,046$$

де  $T$  - означає операцію транспонування матриці,  $i_s, s = \overline{1, 8}$  - значення векторів локальних пріоритетів.

Таким чином, у групі показників Блоку 2 з МПП (2.4) найбільш пріоритетним є показник  $A_{16}$ , менш пріоритетним  $A_{17}$  і найменш

пріоритетними  $A_{22}$  і  $A_{23}$ . При цьому ступінь довіри до рішення становить 97,8%. На рис. 2.4 наведені отримані показники для Блоку 2 у відсоткових значеннях.



Рис. 2.4. Показники впливу якості освіти ВНЗ для Блоку 2 у відсоткових значеннях

Визначення альтернатив для формування управлінських впливів щодо коригування організації і проведення НВП у ВНЗ зводиться до пошуку вагового упорядкування впливу керівництва ВНЗ за їхніми напрямками роботи.

Задача вагового упорядкування впливу керівництва ВНЗ за їхніми напрямками роботи розв'язується аналогічно до розглянутої вище задачі упорядкування показників. При цьому процеси упорядкування проводяться багаторазово в послідовності зменшення ваги впливу керівництва ВНЗ.

IV. Знаходження внутрішніх зв'язків із забезпечення впливу керівництва на організацію і проведення високоякісної підготовки фахівців. Після проведеного аналізу керівних документів з організації службової діяльності проректорів ВНЗ за напрямками роботи групою експертів формується ієрархія впливу показників на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ.

Основними показниками впливу керівництва на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ були вибрані наступні напрямки впливу:  $U_1$ ={формування освітньо-професійної підготовки};  $U_2$ ={формування морально-психологічних та ділових якостей};  $U_3$ ={організація проходження практики за спеціальністю на підприємствах};  $U_4$ ={матеріально-технічне забезпечення НВП}.

Оцінювання проводиться відповідно до МАІ [115] групою експертів для кожного з показників впливу керівництва на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ.

V. Побудова ієрархії показників, що впливають на ЯО у ВНЗ. Формування МПП показників. Побудова ієрархії показників, що впливають на ЯО ВНЗ здійснюється з вершини (мети – з точки зору управління ЯО ВНЗ), через проміжні рівня (показники ЯО ВНЗ) до нижнього рівня (альтернатив – формування управлінських впливів керівництва за відповідними напрямками). На рис. 2.5 представлені результати побудови ієрархії показників, що впливають на ЯО ВНЗ, отриманих за допомогою комп'ютерної діалогової програмної системи "MPRIORITY 1.0".

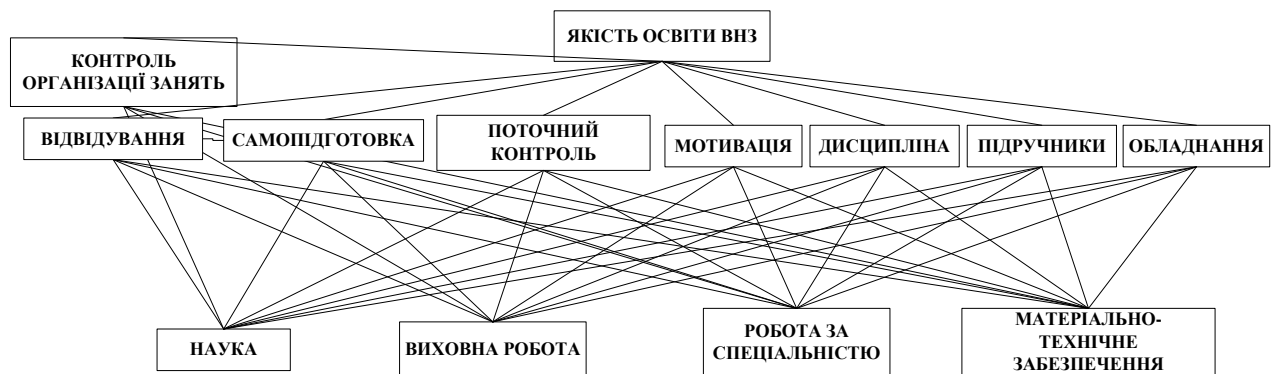


Рис. 2.5. Ієрархія показників, що впливають на ЯО ВНЗ

VI. Визначення кількісної міри ступеня вагомості і пріоритетності кожного із показників. Визначення кількісної міри ступеня вагомості і пріоритетності кожного із показників проводиться у відповідності до МАІ за розглянутою вище процедурою. На рис. 2.6 представлені результати визначення

кількісної міри ступеня вагомості і пріоритетності показників впливу керівництва на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ.

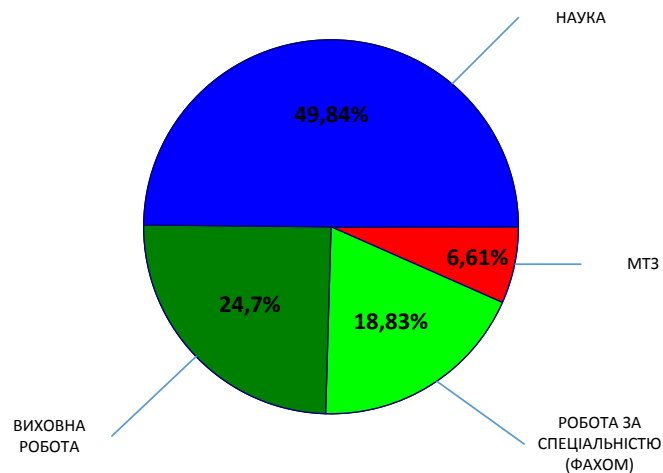


Рис. 2.6. Вагові коефіцієнти впливу керівництва ВНЗ на загальну організацію і проведення НВП у ВНЗ

Таким чином, обґрунтовані та вибрані показники, а саме показники Блоку 1, Блоку 2, Блоку 3, що мають найбільший вплив на досягнення рівня ЯО ВНЗ, і визначені їх вагові коефіцієнти. Отримані показники впливу на ЯО ВНЗ є складовими при розробці математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

**2.1.2. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ за допомогою попарних порівнянь методами максимальної вірогідності та мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки (методом обробки експертної інформації в умовах невизначеності).**

Розглянемо випадок, коли експертом задані параметричні значення з ймовірністю. У випадку коли елементи МПП випадкові з частково невідомими ймовірностями, то для їх визначення застосовується метод максимальної вірогідності та метод мінімізації усередненої середньоквадратичної похибки.

Нехай на множині альтернатив  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$  задано  $N$  бінарних відношень  $B_k$ ,  $k = \overline{1, N}$ . Поставимо у відповідність кожному бінарному відношенню  $B_k$  матрицю попарних порівнянь  $A_k = \{a_{ij}^{(k)}\}$ ,  $i, j = \overline{1, m}$ , при цьому  $a_{ij}^{(k)} = 1$ , якщо  $x_i B_k x_j$  і  $a_{ij}^{(k)} = -1$ , якщо  $x_i \overline{B_k} x_j$ . Будемо вважати, що  $a_{ij}^{(k)}$  при фіксованих  $i, j$  є реалізаціями (послідовністю) випадкових незалежних величин, 2ю:

$P\{a_{ij}^{(k)} = 1\} = \gamma_{ij}^{(k)} p_{ij}$ ,  $P\{a_{ij}^{(k)} = -1\} = 1 - \gamma_{ij}^{(k)} p_{ij}$ , де  $k = \overline{1, N}$ ,  $\gamma_{ik}^{(k)}$  – відомі додатні величини  $\gamma_{ij}^{(k)} \leq 1$ ,  $p_{ij}$  – невідомі параметри,  $0 \leq p_{ij} \leq 1$ .

Через  $y_{ij}^{(k_s)}$ ,  $s = \overline{1, N}$  позначено реалізації випадкових величин  $a_{ij}^{(k)}$ . Тоді якщо  $k_1, \dots, k_r$  такі що  $y_{ij}^{(k_s)} = 1$ ,  $s = \overline{1, r}$ , а  $y_{ij}^{(k_s)} = -1$ ,  $s = \overline{r+1, N}$ , то має місце наступне твердження:

**Твердження 1.** Нехай  $\hat{\lambda}_{ij}$  – корінь наступного рівняння на множині  $[1, \infty)$ :

$$r = \sum_{s=r+1}^N (\lambda_{ij} - y_{ij}^{(k_s)})^{-1},$$

тоді єдина оцінка максимальної вірогідності має вигляд  $\hat{p}_{ij} = \frac{1}{\hat{\lambda}_{ij}}$ .

**Доведення.** Так як величини  $a_{ij}^{(k)}$ ,  $k = \overline{1, N}$  незалежні,

$$W_{ij}(P) = P\{a_{ij}^{(1)} = y_{ij}^{(1)}, \dots, a_{ij}^{(N)} = y_{ij}^{(N)}\} = \prod_{s=1}^N P\{a_{ij}^{(s)} = y_{ij}^{(s)}\} = \gamma_{ij}^{(k_1)} \times \gamma_{ij}^{(k_r)} \times \\ \times p_{ij}^{(r)} \times (1 - \gamma_{ij}^{(k_{r+1})}) \times p_{ij} \dots (1 - \gamma_{ij}^{(k_N)}) \times p_{ij}, \quad \text{звідки} \quad \ln W_{ij}(P) = \sum \ln \gamma_{ij}^{(k_s)} + r \ln$$

$$\sum_{s=1}^r \ln \gamma_{ij}^{(k_s)} + r \ln p_{ij} + \sum_{s=r+1}^N \ln(1 - \gamma_{ij}^{(k_s)} p_{ij}). \quad \text{Так як} \quad \frac{d}{dp} \ln W_{ij}(P) = \frac{r}{p_{ij}} -$$

–  $\sum_{s=r+1}^N (1 - \gamma_{ij}^{k_s} p_{ij})^{-1}$ , то із умови  $\frac{d}{dp} \ln W_{ij}(P) = 0$  одержимо рівняння (2.13)

відносно  $\lambda_{ij} = \frac{1}{p_{ij}}$ . Далі позначимо через  $f(\lambda)$  функцію

$f(\lambda) = \sum_{s=r+1}^N (\lambda - \gamma_{ij}^{Ks})^{-1}$ , яка є монотонно спадною і  $\lim_{\lambda \rightarrow \infty} f(\lambda) = 0$ . Значить

рівняння  $f(\lambda) = r$  має єдиний корінь, а значить оцінка  $\hat{p}_{ij} = \frac{1}{\hat{\lambda}_{ij}}$  – єдина.

**Наслідок 1.** Нехай  $\gamma_{ij} = 1$ , тоді :

$$\hat{p}_{ij} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)}) \right). \quad (2.14)$$

**Наслідок 2.** Нехай в рівняння (2.13) підставимо  $r = N - 2$ . Позначимо

$y_{ij}^{k_{N-1}} = \gamma_1$ ,  $y_{ij}^{k_N} = \gamma_2$ . Тоді рівняння  $f(\lambda) - r = 0$  запишемо у вигляді

$$r(\lambda - \gamma_1)(\lambda - \gamma_2) - 2 > + \gamma_1 + \gamma_2 = 0, \text{ або } r\lambda^2 - 2(2 + r(\gamma_1 + \gamma_2)) + \gamma_1 + \gamma_2 + r\gamma_1\gamma_2 = 0.$$

Звідки одержимо оцінку  $\hat{p}_{ij} = \frac{1}{\hat{\lambda}_{ij}}$ , де  $\hat{\lambda}_{ij} = \left( \frac{2}{r} + \gamma_1 + \gamma_2 + \sqrt{\frac{4}{r^2} + (\gamma_1 - \gamma_2)^2} \right) =$

$$= \frac{2}{r} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{r^2}{4} (\gamma_1 - \gamma_2)^2} \right) + \gamma_1 + \gamma_2.$$

Знайдемо далі лінійну оцінку параметра  $p_{ij}$ . Нехай  $u_1, \dots, u_N$  – довільні числа. Будемо шукати оцінку  $p_{ij}$  у вигляді :

$$\hat{p}_{ij} = \sum_{k=1}^N u_k y_{ij}^{(k)} + c_{ij}. \quad (2.15)$$

**Твердження 2.**

Якщо  $c_{ij} = \sum_{k=1}^N u_k$ , а  $u_k$  задовольняє умові  $\sum_{k=1}^N u_k \gamma_{ij}^k = \frac{1}{2}$ , то оцінка (2.15)

є незміщеною.

**Доведення:**

$$\begin{aligned} \text{Так як } E y_{ij}^{(k)} &= 2\gamma_{ij}^k p - 1, \text{ то } E p_{ij}^{(k)} = \sum_{k=1}^N u_k E y_{ij}^{(k)} + \sum_{k=1}^N u_k = \\ &= \sum_{k=1}^N u_k (2\gamma_{ij}^k p - 1) + \sum_{k=1}^N u_k = p, \text{ що й потрібно було показати.} \end{aligned}$$

**Твердження 3.** Середньоквадратична похибка  $\sigma(p, u_1, \dots, u_N)$  незміщеної оцінки параметра  $p_{ij}$  має вигляд :

$$\sigma(p, u_1, \dots, u_N) = \left\{ 4p_{ij} \sum_{k=1}^N \gamma_{ij}^k u_k^2 - 4p_{ij}^2 \sum_{k=1}^N u_k^2 (\gamma_{ij}^k)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (2.16)$$

**Доведення.**

$$E(p_{ij} - \hat{p}_{ij})^2 = p_{ij}^2 - 2p_{ij} E \hat{p}_{ij} + E \hat{p}_{ij}^2 = -p_{ij}^2 + E \hat{p}_{ij}^2,$$

$$E \hat{p}_{ij}^2 = E \left( \sum_{k=1}^N u_k (\gamma_{ij}^{(k)} + 1) \right)^2 = \sum_{k=1}^N u_k^2 E (\gamma_{ij}^{(k)} + 1)^2 + \sum_{k \neq s} u_k u_s E (\gamma_{ij}^{(k)} + 1) (\gamma_{ij}^{(s)} + 1). \text{ Так як}$$

$$E (\gamma_{ij}^{(k)} + 1)^2 = 4\gamma_{ij}^{(k)} p_{ij}, \text{ а } E (\gamma_{ij}^{(k)} + 1) (\gamma_{ij}^{(s)} + 1) = E (\gamma_{ij}^{(k)} + 1) E (\gamma_{ij}^{(s)} + 1) =$$

$$= 4p_{ij}^2 \gamma_{ij}^{(k)} \gamma_{ij}^{(s)}, \quad \text{звідки} \quad E \hat{p}_{ij}^2 = p_{ij}^2 - 4p_{ij}^2 \sum_{k=1}^N u_k^2 (\gamma_{ij}^k)^2, \quad \text{а значить що}$$

$$E(p_{ij} - \hat{p}_{ij})^2 = 4p_{ij} \sum_{k=1}^N (\gamma_{ij}^k) u_k^2 - 4p_{ij}^2 \sum_{k=1}^N u_k^2 (\gamma_{ij}^k)^2, \text{ що і потрібно було показати.}$$

Зауважимо далі, що середньоквадратична похибка залежить від невідомого параметра  $p_{ij}$ . Для того щоб зняти невизначеність припускаємо, що нам відомі нижня

та верхня оцінки  $p_{ij}$ , тобто  $p_{ij}^- \leq p \leq p_{ij}^+$ . Введемо функцію

$$\sigma_1^2(u_1, \dots, u_N) = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} \sigma^2(p, u_1, \dots, u_N) \mu(dp), \quad \text{де } \mu(\cdot) \text{ — відомий розподіл}$$

ймовірностей [72].

**Означення 1.**

Незміщену оцінку  $\hat{p}_{ij} = \sum \hat{u}_k (\gamma_{ij}^k + 1)$  для якої  $(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_N) \in \text{Argmin } \tau_1^2(u_1, \dots, u_N)$ , будемо називати усередненою лінійною оцінкою.

**Твердження 4.** Усереднена лінійна оцінка має вигляд:

$$\hat{p}_{ij} = \sum_{k=1}^N \hat{u}_k (\gamma_{ij}^{(k)} + 1) \quad (2.17)$$

де  $\hat{u}_k = \frac{1}{2} \delta_{ij}^{(k)} \left( \sum_{k=1}^N \gamma_{ij}^k \delta_{ij}^{(k)} \right)^{-1}$ ,  $\delta_{ij}^{(k)} = \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\beta_{ij}^{(k)}}$ ,  $\beta_{ij}^{(k)} = \mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2 (\gamma_{ij}^k)^2$ . При

цьому:

$$\min \sigma_1^2(u_1, \dots, u_N) = \sum_{k=1}^N (\mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2)^{-1}, \quad (2.18)$$

$$\mu_1 = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p \mu(dp), \quad \mu_2 = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p^2 \mu(dp).$$

**Доведення.**

Введемо

функцію

Лагранжа

$$F_\lambda(u_1, \dots, u_N) = \frac{1}{4} \sigma_1^2 + 2 \sum_{k=1}^N u_k \gamma_{ij}^{(k)}. \quad \text{Із умови } \frac{\partial F_\lambda}{\partial u_k} = 0 \quad \text{одержимо, що}$$

$$\hat{u}_k = -\frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\beta_{ij}^{(k)}} \lambda. \quad \text{Множник } \lambda \quad \text{знаходимо із умови } \sum_{k=1}^N \hat{u}_k \gamma_{ij}^{(k)} = \frac{1}{2}. \quad \text{Тобто}$$

$$\lambda = -\frac{1}{2} \left( \sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^k)^2}{\beta_{ij}^{(k)}} \right)^{-1}. \quad \text{Звідки одержимо вираз для } \hat{u}_k. \quad \text{Знайдемо далі}$$

$$\sigma_1^2(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_N). \quad \text{Маємо, що } \sigma_1^2(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_N) = 4 \sum_{k=1}^N \beta_{ij}^{(k)} \hat{u}_k^2 = \sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\beta_{ij}^{(k)}},$$

$$\begin{aligned} \left(\sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\beta_{ij}^{(k)}}\right)^{-2} &= \left(\sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\beta_{ij}^{(k)}}\right)^{-1} = \sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\mu_1^{(k)} \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2 (\gamma_{ij}^{(k)})^2}^{-1} = \\ &= \left(\sum_{k=1}^N \mu_1 (\gamma_{ij}^{(k)})^{-1} - \mu_2\right)^{-1}, \text{ що й потрібно було показати.} \end{aligned}$$

**Наслідок 3.** Якщо  $\gamma_{ij}^{(k)} = 1$ , то усереднена лінійна оцінка має вигляд :

$$\min \sigma_1^2(u_1, \dots, u_N) = \sum_{k=1}^N (\mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2)^{-1}, \quad (2.19)$$

$$\hat{p}_{ij} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}\right), \quad (2.20)$$

при цьому

$$\sigma_1^2(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_N) = \frac{1}{N} (\mu_1 - \mu_2). \quad (2.21)$$

**Твердження 5.** Нехай існують константи  $c_1(N), c_2(N)$  такі що  $c_1(N) \leq \gamma_{ij}^{(k)} \leq c_2(N)$ . Тоді має місце нерівність

$$\frac{1}{N} (\mu_1 c_2^{-1}(N) - \mu_2) \leq \sigma_1^2(\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_N) \leq \frac{1}{N} (\mu_1 c_1^{-1}(N) - \mu_2).$$

**Доведення.** Так як  $\frac{1}{c_2(N)} \leq (\gamma_{ij}^{(k)})^{-1} \leq \frac{1}{c_1(N)}$ , то  $(\mu_1 c_1^{-1}(N) - \mu_2)^{-1} \leq (\mu_1 (\gamma_{ij}^{(k)})^{-1} - \mu_2)^{-1} \leq (\mu_1 c_2^{-1}(N) - \mu_2)^{-1}$ . Звідки одержимо необхідну нерівність.

**Означення 2.** Матрицю  $\hat{P}(Y) = (\hat{p}_{ij})_{i,j=1,\overline{m}}$  назвемо лінійною оцінкою матриці  $P = (p_{ij})$ .

**Означення 3.** Матрицю  $\hat{P}(Y) = (\hat{p}_{ij})_{i,j=1,\overline{m}}$  назвемо лінійною усередненою оцінкою матриці  $P = (p_{ij})_{i,j=1,\overline{m}}$ .

**Твердження 6.** Мають місце рівності

$$E\hat{P}(Y) = P, \quad (2.22)$$

та

$$\int_{R^m} E \operatorname{sp}(\hat{P}(Y) - P)^2(dp) = \sum_j^N (\sum (\mu_{ij}^{(1)} (\gamma_{ij}^{(k)})^{-1} - \mu_{ij}^{(2)})^{-1}), \quad (2.23)$$

$$\text{де } \mu_{ij}^{(1)} = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p \mu(dp), \quad \mu_{ij}^{(2)} = \int_{p_{ij}^-}^{p_{ij}^+} p^2 \mu(dp).$$

**Доведення.** Рівність (2.22) випливає із незміщеної оцінки  $\hat{p}_{ij}$ , а також із

того, що  $E\hat{P}(Y) = (E\hat{p}_{ij})_{i,j=1,\overline{m}}$ . Далі зауважимо, що

$$\sigma^2 = E \operatorname{sp}^2(\hat{P}(Y) - P) = \sum_{i,j} E(\hat{p}_{ij} - p_{ij})^2 = 4[\sum_{i,j} p_{ij} \sum_{k=1}^N \gamma_{ij}^{(k)} \hat{u}_k^2 - \sum_{c,j} p_{ij}^2 \sum_{k=1}^N \hat{u}_k^2 (\gamma_{ij}^{(k)})^2].$$

Оскільки

$$\hat{u}_k = \frac{1}{2} \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\beta_{ij}^{(k)}} \left( \sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\beta_{ij}^{(k)}} \right)^{-1}, \quad \text{то}$$

$$\sigma^2 P = \sum_{k=1}^N \left[ \sum_{i,j=1}^m (p_{ij} (\gamma_{ij}^{(k)}) - p_{ij}^2 \gamma_{ij}^{(2)}) \left( \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\beta_{ij}^{(2)}} \right)^2 \right] \left( \sum_{k=1}^N \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\beta_{ij}^{(k)}} \right)^{-2}, \text{ то}$$

враховуючи, що  $\beta_{ij}^{(k)} = \mu_1 \gamma_{ij}^{(k)} - \mu_2 (\gamma_{ij}^{(k)})^2$  одержимо:

$$\int \sigma^2(P) \mu(dp) = \sum_{i,j=1}^m \left( \sum_{k=1}^N (\mu_{ij}^{(1)} (\gamma_{ij}^{(k)})^{-1} - \mu_{ij}^{(2)})^{-1} \right)^{-1}.$$

**Наслідок 4.** Якщо  $\gamma_{ij}^{(k)} = 1$ , то

$$\int_{R^{m^2}} E \operatorname{sp}^2(\hat{P}(Y) - P) \mu(dp) = \frac{1}{N} \left( \sum_{i,j=1}^m (\mu_{ij}^{(1)} - \mu_{ij}^{(2)}) \right).$$

Нехай  $P\{\gamma_{ij}^{(k)} = 1\} = \gamma_{ij}^{(k)} p$ . Нехай при  $i < j$   $P\{\eta_{ij}^{(k)} = y_{ij}^{(k)}\} = \gamma_{ij}^{(k)} p$  при  $y_{ij}^{(k)} = 1$  і  $1 - \gamma_{ij}^{(k)}$  при  $\gamma_{ij}^{(k)} = -1$ ,  $i, j = \overline{1, m}$ . Знайдемо лінійну усереднену оцінку  $P$  по спостереженням  $\gamma_{ij}^{(k)}, i < j$ . Покладемо

$$\hat{p} = \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} i u_{ij}^{(k)} \gamma_{ij}^{(k)} = \sum_{k=1}^N (u_k, y_k), \quad (2.24)$$

де  $y_{ij}^{(k)} = y_{ij}^{(k)} + 1$ .

**Твердження 7.** Нехай випадкові величини  $\eta_{ij}^{(k)}, i < j, k = \overline{1, N}$  некорельовані, причому виконуються умови :

$$\sum_{k=1}^N \sum_{i < j} i u_{ij}^{(k)} \gamma_{ij}^{(k)} = \frac{1}{2}. \quad (2.25)$$

Тоді оцінка (2.24) є незміщеною, причому

$$E(p - \hat{p})^2 = 4 \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} (u_{ij}^{(k)})^2 (\gamma_{ij}^{(k)} p - (\gamma_{ij}^{(k)})^2 p^2).$$

**Доведення.** Оскільки  $EY_{ij}^{(k)} = 2\gamma_{ij}^{(k)} p$ , то із врахуванням (2.25) одержимо незміщені оцінки. Далі маємо, що

$$E(p - \hat{p})^2 = E\left(\sum_{k=1}^N \sum_{i < j} (u_{ij}^{(k)})^2 (\overline{y_{ij}^{(k)}} - E y_{ij}^{(k)})\right)^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} (u_{ij}^{(k)})^2 E(\overline{y_{ij}^{(k)}} - E y_{ij}^{(k)})^2,$$

$$E(\overline{y_{ij}^{(k)}} - E y_{ij}^{(k)})^2 = E(y_{ij}^{(k)} - E y_{ij}^{(k)}) = 1 - (E y_{ij}^{(k)})^2 = 1 - (2\gamma_{ij}^{(k)} p - 1)^2 =$$

$$= -4(\gamma_{ij}^{(k)})^2 p^2 + 4\gamma_{ij}^{(k)} p. \text{ Таким чином, } E(p - \hat{p})^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} (u_{ij}^{(k)})^2 \times (4\gamma_{ij}^{(k)} p -$$

$-4(\gamma_{ij}^{(k)})^2 p^2$ ), що і потрібно було показати. Припустимо далі, що відомі числа

$p^-$  і  $p^+$  такі, що  $p^- \leq p \leq p^+$ .

Позначимо через  $\sigma_1^2(u)$  усереднений критерій по розподілу  $\mu(\cdot)$  для якого існують перші чи другі моменти  $\sigma_1^2(u) = \int_{p^-}^{p^+} E(p - \hat{p})^2 \mu(dp)$ .

**Твердження 8.** Оптимальна усереднена оцінка [143], для якої  $\hat{u} \in \text{Argmin} \sigma_1^2(u)$  та виконується умова  $\sum_k \sum_{i < j} \hat{u}_{ij}^{(k)} \gamma_{ij}^{(k)} = \frac{1}{2}$  є незміщеною. При

цьому мають місце рівності  $\hat{u}_{ij} = \frac{1}{2} \frac{\beta_{ij}^{(k)}}{\sum_k \sum_{i < j} (\beta_{ij}^{(k)})^2}$ ,  $\beta_{ij}^{(k)} = \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\delta_{ij}^{(k)}}$ ,

$$\sigma_1^2(\hat{u})^k = \left( \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\delta_{ij}^{(k)}} \right)^{-1} \quad (2.26)$$

**Доведення.** Оскільки  $\sigma_1^2(u) = 4 \sum_{k=1}^N \sum_{i < j} (u_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)}$ , де  $\delta_{ij} = \gamma_{ij}^{(k)} \mu_1 - (\gamma_{ij}^{(k)})^2 \mu_2$ ,

$\mu_1 = \int_{p^-}^{p^+} p \mu(dp)$ ,  $\mu_2 = \int_{p^-}^{p^+} p^2 \mu(dp)$ , то знайдемо мінімум функції  $\sigma_1^2(u)$  при умові

(2.25). Введемо функцію Лагранжа [45]  $\sigma_\lambda^2(u) = \sigma_1^2(u) + 2\lambda \sum_k \sum_{i < j} u_{ij}^{(k)} \gamma_{ij}^{(k)}$ . Тоді із

умови  $\frac{\partial}{\partial u_{ij}} \sigma_\lambda(u) = 0$ , одержимо, що  $\hat{u}_{ij}^{(k)} = -\lambda \frac{\gamma_{ij}^{(k)}}{\delta_{ij}^{(k)}}$ . Множник  $\lambda$  знаходимо із

умови (2.25), тобто  $\lambda = \frac{1}{2} \left( \sum_k \sum_{i < j} \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{\delta_{ij}^{(k)}} \right)^{-1}$ . Таким чином

$$\hat{u}_{ij}^{(k)} = \frac{1}{2} \frac{\beta_{ij}^{(k)}}{\sum_k \sum_{i < j} (\beta_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)}}. \text{ Отже, } \sigma_1^2(\hat{u}) = \left( \sum_k \sum_{i < j} (\beta_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)} \right)^{-2} \cdot \sum_k \sum_{i < j} (\beta_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)},$$

$$(\beta_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)} = \frac{(\gamma_{ij}^{(k)})^2}{(\delta_{ij}^{(k)})} \delta_{ij}^{(k)} = (\beta_{ij}^{(k)})^2 \delta_{ij}^{(k)}, \text{ звідки одержимо (2.26).}$$

**Наслідок 5.** Нехай існують числа  $c_1(N)$  та  $c_2(N)$  такі що  $c_1(N) \leq \gamma_{ij}^{(k)} \leq c_2(N)$ . Тоді мають місце нерівності

$$2 \frac{(\mu_1 c_2^{-1}(N) - \mu_2)}{N C^{m(m-1)}} \leq \sigma_1^2(\hat{u}) \leq \frac{2(\mu_1 c_1^{-1}(N) - \mu_2)}{N m(m-1)}.$$

### 2.1.3. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ за допомогою гарантованої оцінки матриць за спостереженнями

Гарантована оцінка матриць за спостереженнями відбувається наступним чином: розглянемо задачу оцінки матриць порівнянь, які формуються  $n$  експертами, причому матриці порівнянь містять похибки. Розроблені гарантовані методи оцінки дійсних матриць порівнянь при певних обмеженнях на похибки експертів.

В методі гарантованої оцінки матриць припускається, що  $N$  експертів дають значення невідомої матриці  $A$  з похибками, тобто відомі матриці  $Y_k$ ,  $k = \overline{1, N}$ , що мають вигляд:

$$Y_k = A + V_k, k = \overline{1, N}, \quad (2.27)$$

де  $A$  – матриця з елементів  $a_{ij}$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ ,  $j = \overline{1, N_2}$ ,  $V_k$  – матриці похибок.

Знайдено оцінку матриці  $A$  по спостереженням (2.27), якщо відомо, що  $(V_1, \dots, V_N)$  належать множині  $G$ , яка має вигляд:

$$G = \{(V_1, \dots, V_N) : \sum_{k=1}^N sp V_k V_k^T \leq q^2\}, \text{ де } q \text{ – відоме число, а } sp V_k V_k^T = \sum_{i,j} v_{ij}.$$

**Означення 4:** Множину  $G_y^{(1)}$  вигляду:

$$G_y^{(1)} = \{A: \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)(Y_k - A)^T \leq q^2\},$$

назвемо апостеріорною множиною. Очевидно, що  $G_y \subset G_y^{(1)}$ , де

$$G_y^{(1)} = \{A: \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)(Y_k - A)^T \leq q^2\}. \text{ Позначимо через } I(A) \text{ – величину}$$

$$I(A) = \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)(Y_k - A)^T.$$

**Твердження 9.** Множина  $G_y^{(1)}$  має вигляд:

$$G_y^{(1)} = \{A: sp(A - \hat{A}_N)(A - \hat{A}_N) \leq [q^2 - I(\hat{A}_N)]N^{-1}\},$$

$$\text{де } \hat{A}_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k.$$

**Доведення.** Нехай  $\min_A I(A) = I(A_0)$ . Тоді в силу нерівності

$$I(A_0 + \tau B) \geq I(A_0) \text{ маємо тотожність } \frac{\partial I}{\partial \tau} \Big|_{\tau=0} = 0, \text{ для всякої матриці } B$$

розмірності  $N_1 \times N_2$  (так як функція  $g(\tau) = I(A_0 + \tau B)$  досягає мінімуму при

$$\tau = 0). \text{ Далі зауважимо, що } \frac{d}{d\tau} I(A_0 + \tau B) \Big|_{\tau=0} = -2 \sum_{k=1}^N sp(Y_k - A)B^T = 0. \text{ В силу}$$

довільності матриці  $B$  будемо мати, що  $\sum_{k=1}^N sp(Y_k - A) = 0$  звідки

$$A_0 = \hat{A}_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k.$$

Розкладемо функцію  $g_1(\tau) = I(\hat{A}_N + \tau(A - \hat{A}_N))$  в ряд Тейлора в точці

$$\tau = 0. \text{ Тоді одержимо: } g_1(\tau) = g_1(0) + N sp(A - \hat{A}_N)(A - \hat{A}_N)^T \tau^2 \text{ і покладемо } \tau = 1.$$

Тоді будемо мати, що  $g_1(1) = I(A) = I(\hat{A}_N) + N sp(A - \hat{A}_N)(A - \hat{A}_N)^T$ .

Таким чином, нерівність  $\sum_{k=1}^N \text{sp}(Y_k - A)(Y_k - A)^T \leq q^2$  виконується тоді і

тільки тоді, коли виконується нерівність

$\text{sp}(A - \hat{A}_N)(A - \hat{A}_N)^T \leq (q^2 - I(\hat{A}_N))N^{-1}$ , що і потрібно було показати. Введемо

функцію  $\Phi(a_{ij}) = |a_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}|$ , де  $y_{ij}^{(k)}$  - елемент матриці  $Y_k, k = \overline{1, N}$ .

Припустимо далі, що існує число  $\hat{a}_{ij}(N)$  таке, що  $\min_{a_{ij} \in G_{ij}} \Phi(a_{ij}) = \Phi(\hat{a}_{ij}(N))$ .

**Твердження 10.** Має місце оцінка

$$|\hat{a}_{ij}(N) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}| \leq (q^2 - I(\hat{A}_N))^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}} \quad (2.28)$$

**Доведення.**

**Лема 1.** Нехай  $L$  - довільна матриця розмірності  $N_1 \times N_2$ , а матриця  $A$  - із множини  $G$ . Тоді мають місце рівності:

$$\max_{G_y^{(1)}} AL^T = \text{sp} \hat{A}_N L^T + (q^2 - I(\hat{A}_N))^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}} (\text{sp} LL^T)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{і } \min_{G_y^{(1)}} AL^T = \text{sp} \hat{A}_N L^T - (q^2 - I(\hat{A}_N))^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}} (\text{sp} LL^T)^{\frac{1}{2}}.$$

**Доведення.** Враховуючи вигляд  $G_y^{(1)}$  одержимо, що

$$\max_{G_y^{(1)}} AL^T = \max_{A \in \bar{G}_y} AL^T + \text{sp} \hat{A}_N L^T, \text{ де } \bar{G}_y = \{A : \text{sp} AA^T \leq (q^2 - I(\hat{A}_N))N^{-1}\}. \text{ В силу}$$

нерівності Коші-Буняковського  $\max_{G_y^{(1)}} AL^T = (q^2 - I(\hat{A}_N))^{\frac{1}{2}} N^{-\frac{1}{2}} \text{sp} LL^T$ . Аналогічна

рівність і для  $\min_{G_y^{(1)}} AL^T$ .

**Лема 2.** Має місце рівність

$$\max_{G_y^{(1)}} |sp(A_0 - \hat{A}_N)L^T| = (spLL^T)^2 (q^2 - I(\hat{A}_N))^2 N^{-\frac{1}{2}}. \quad \text{Доведення випливає із}$$

доведення леми 1. Доведемо дане твердження. Візьмемо матрицю  $L$  з

$$\text{елементами } l_{sk} = 0, \quad s \neq i, \quad k \neq j \quad \text{та } l_{ij} = a_{ij}, \quad \text{тоді } |sp(A - \hat{A}_N)L| = |a_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}|,$$

$$\min_{a_{ij} \in G_{ij}} |a_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}| \leq \max_{G_y^{(1)}} |a_{ij} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)}| = (q^2 - I(\hat{A}_N))^2 N^{-\frac{1}{2}}. \quad \text{Що й потрібно}$$

було показати.

$$\text{Наслідок 6. } \lim_{N \rightarrow \infty} |\hat{a}_{ij}(N) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(N)}| = 0.$$

*Оцінка матриці порівнянь при неоднаковій компетенції експертів здійснюється у спосіб, який описаний нижче.*

Нехай у нас є  $N$  експертів, які дали значення матриці порівнянь з похибками, тобто  $k$ -тий експерт дав значення елементу  $a_{ij}$  у вигляді:

$$y_{ij}^{(k)} = a_{ij} + \eta_{ij}^{(k)}, \quad (2.29)$$

де  $k = \overline{1, N}$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ ,  $j = \overline{1, N_2}$ .

Припустимо, що похибки експертів  $\eta_{ij}^{(k)}$  такі, що виконується нерівність:

$$\sum_{i,j} \sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)} (\eta_{ij}^{(k)})^2 \leq q^2(N), \quad (2.30)$$

де  $q_{ij}^{(k)} > 0$ ,  $q(N)$  – відомі числа. Невідомі значення  $a_{ij}$  належать множині  $G_y$ ,

що має вигляд:

$$G_y = \{a_{ij} : \sum_{i,j} \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)} - a_{ij})^2 q_{ij}^{(k)} \leq q^2(N)\}. \quad (2.31)$$

**Твердження 11.** Множину  $G_y$  можливо подати у вигляді:

$$G_y = \{a_{ij} : \sum_{i,j} p_{ij} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq (q^2 - I(\hat{a}_{ij}))\}, \quad (2.32)$$

$$\text{де } p_{ij} = \sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)}, \quad \hat{a}_{ij} = p_{ij}^{-1} \sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)} y_{ij}^{(k)},$$

$$I(a) = \sum_{i,j} \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)} - a_{ij})^2 q_{ij}^{(k)}. \quad (2.33)$$

**Доведення.** Так як  $I(a)$  – сильно опукла функція, то вона досягає мінімуму в єдиній точці  $\hat{a}_{ij}$ , яка знаходиться із умови  $\frac{\partial I}{\partial a_{ij}} = 0$ . Так як

$$\frac{1}{2} \frac{\partial I}{\partial a_{ij}} = - \sum_{k=1}^N (y_{ij}^{(k)} - a_{ij})^2 q_{ij}^{(k)}, \quad \text{то із умови } \frac{\partial I}{\partial a_{ij}} = 0 \quad \text{одержимо рівняння}$$

$$\sum_{k=1}^N q_{ij}^{(k)} a_{ij} = \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} q_{ij}^{(k)} \quad \text{звідки} \quad \hat{a}_{ij} = p_{ij}^{-1} \sum_{k=1}^N y_{ij}^{(k)} q_{ij}^{(k)}. \quad \text{Розкладемо далі}$$

функцію  $I(a)$  в ряд в точці  $\hat{a}_{ij}$ . Тоді одержимо

$$I(a) = I(\hat{a}_{ij}) + \sum_{i,j} \frac{\partial I(\hat{a}_{ij})}{\partial a_{ij}} (a_{ij} - \hat{a}_{ij}) + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{\partial^2 I(\hat{a}_{ij})}{\partial^2 a_{ij}} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2. \quad \text{Так як } \frac{\partial I(\hat{a}_{ij})}{\partial a_{ij}} = 0, \quad \text{а}$$

$$\frac{\partial^2 I(\hat{a}_{ij})}{\partial^2 a_{ij}} = 2p_{ij}, \quad \text{то } I(a) = I(\hat{a}_{ij}) + \sum_{i,j} p_{ij} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2. \quad \text{Тобто нерівність } I(a) \leq q^2$$

виконується тоді і тільки тоді, коли виконується нерівність

$$\sum_{i,j} p_{ij} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq q^2 - I(\hat{a}_{ij}) \quad \text{що й потрібно було показати.}$$

**Твердження 12.** Має місце оцінка

$$\sum_{i,j} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq (q^2(N) - I(a_{ij})) (\min p_{ij})^{-1}. \quad (2.34)$$

**Доведення.** Так як  $\min_{i,j} p_{ij} \sum_{i,j} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq \sum_{i,j} p_{ij} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 \leq q^2 - I(\hat{a}_{ij})$ , то звідси

одержимо нерівність (2.34).

**Наслідок 7.** Нехай

$$\lim_{N \rightarrow \infty} q^2(N) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1} = 0, \quad (2.35)$$

тоді  $\lim_{N \rightarrow \infty} \hat{a}_{ij} = a_{ij}$ .

**Доведення.** Із умов (2.35) та нерівності (2.34) випливає, що

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{i,j} (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2 = 0, \text{ а це значить, що } \lim_{N \rightarrow \infty} \hat{a}_{ij} = a_{ij}, \text{ що й потрібно було}$$

показати. Припустимо, що елементи  $a_{ij}$  належать множинам  $G_{ij} \subseteq R^1$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ ,  $j = \overline{1, N_2}$ . Нехай в точці  $\hat{a}_{ij}$  досягається мінімум функції  $f_{ij}(x) = |x - \hat{a}_{ij}|$ .

**Означення 5.** Назвемо  $\hat{a}_{ij}$  оцінкою елемента  $a_{ij}$  за даними експертів  $y_{ij}^{(k)}$   $k = \overline{1, N}$  при обмеженнях  $a_{ij} \in G_{ij}$ .

**Зауваження.** Нехай множини  $G_{ij}$  складаються із скінченного числа елементів та нехай  $\lim_{N \rightarrow \infty} \hat{a}_{ij} = a_{ij}$ , тоді також будемо мати, що  $\lim_{N \rightarrow \infty} \hat{a}_{ij} = a_{ij}$ .

*Застосування до методу аналізу ієрархій.*

Нехай  $N$  експертів сформуvalи  $N$  матриць порівнянь  $N_1$  об'єктів. Будемо вважати, що є "об'єктивні" порівняння з матрицею  $A = (a_{ij})$ ,  $i, j = \overline{1, N_1}$ ,

$a_{ij} \in \{1, \dots, 9\} = G_{ij}$ ,  $j > i$ .  $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ . Позначимо через  $Y^{(k)}$  матрицю порівнянь  $k$ -

го експерта, що має елементи  $y_{ij}^{(k)}$ , причому  $y_{ij}^{(k)} = a_{ij} + \eta_{ij}^{(k)}$   $j > i$ ,  $i = \overline{1, N_1}$ .

Припустимо, що похибки експертів задовольняють нерівності

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^N (\eta_{ij}^{(k)})^2 q_{ij}^{(k)} \leq q^2(N) \quad (2.36)$$

і виконується умова  $-\lim_{N \rightarrow \infty} q^2(N) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1} = 0$ . Сформуємо матрицю

порівнянь  $\hat{A}$ , із оцінок  $\hat{a}_{ij}, j > i, \hat{a}_{ij} = \frac{1}{\hat{a}_{ij}}$ . Визначимо максимальне власне число

$\hat{A}$  та власний вектор, що йому відповідає.

**Твердження 13.** Нехай

$$\lim_{N \rightarrow \infty} q^2(N) (\min_{i,j} p_{ij})^{-1} = 0, \quad (2.37)$$

тоді  $\lim_{N \rightarrow \infty} \lambda \max(\hat{A}) = \lambda \max(A)$ .

**Доведення.** Так як  $a_{ij}$  приймає скінченне число значень, то  $\hat{a}_{ij} \rightarrow a_{ij}$  при  $N \rightarrow \infty$ . З іншої сторони за означенням  $\lambda \max(\hat{A}) = \max_{|x|=1} (\hat{A}x, x)$ . Відомо, що так як

функція  $F(\hat{A}x) = (\hat{A}x, x)$  неперервна по змінних  $\hat{A}$  та  $x$ , а множина, якій належить  $x$  – компактна, то функція  $\max_{|x|=1} (\hat{A}x, x)$  неперервна по змінній  $\hat{A}$ .

Тобто якщо  $\lim_{N \rightarrow \infty} \hat{A} = A$ , то і  $\lim_{N \rightarrow \infty} \max_{|x|=1} (\hat{A}x, x) = \max_{|x|=1} (Ax, x) = \lambda \max(A)$ , що і

потрібно було показати.

Позначимо через  $w(\hat{A}) = (w_1, \dots, w_{N_1})$  власний вектор, що відповідає  $\lambda \max(\hat{A})$  і компоненти якого задовольняють рівності  $\sum_{k=1}^{N_1} w_k(\hat{A}) = 1$ . Згідно з

методом аналізу ієрархій  $w_k(\hat{A})$  визначають вагові коефіцієнти об'єктів і об'єкти впорядковуються за величиною вагових коефіцієнтів.

## **2.2. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ**

В основу проектування та подальшого дослідження інформаційної технології оцінювання ЯО ВНЗ доцільно використовувати системний підхід. У процесі такого дослідження необхідно: визначити цілі та задачі, закономірності, принципи та основні функції організації і проведення НВП у ВНЗ; проаналізувати основні структурні складові ВНЗ, а також внутрішні зв'язки між цими складовими і зв'язки останніх з елементами зовнішнього середовища; розробити функціональну модель організації і проведення НВП у ВНЗ на основі загальної методології функціонального моделювання, що дозволить на основі комплексного аналізу розвитку процесів та отриманих результатів коригувати функціонування системи в цілому, стан її елементів та характер зв'язків між ними; управляти зазначеними процесами.

Для розробки математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ необхідно дотримуватись наступних вимог [32]:

- модель повинна бути актуальною (тобто повинна бути націлена для вирішення важливих проблем);
- модель повинна бути результативною (отримані результати моделювання допоможуть знайти відповідне застосування);
- модель повинна бути достовірною (адекватною);
- модель повинна бути економічною (ефект від використання результатів моделювання перевищує видатки ресурсів на її створення й дослідження).

Вхідними даними для побудови математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ є нормативно-правова база керівних документів з питань організації НВП; організаційно-штатна структура ВНЗ; статистична інформація за результатами оцінювання студентів з навчальних дисциплін; рівень матеріального-технічного забезпечення ВНЗ та ін. При

розробці зазначеної математичної моделі були застосовані обмеження, початкові умови стану моделі нульові.

Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ складається з наступних етапів:

1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ.
2. Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.
3. Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.
4. Розробка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ у змінних стану.
5. Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

### **2.2.1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ**

При аналізі існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ виділяються складові системи організації і проведення НВП у ВНЗ, внутрішні взаємозв'язки і зовнішні чинники, які впливають на забезпечення рівня ЯО ВНЗ. Розробляється узагальнена формалізована функціональна схема організації і проведення НВП у ВНЗ.

На рис. 2.7 представлена спрощена типова функціональна схема ВНЗ, яка побудована відповідно до вимог керівних документів, що зазначені в Додатку Б. Вона складається з таких основних підрозділів: управління, основних та забезпечення.

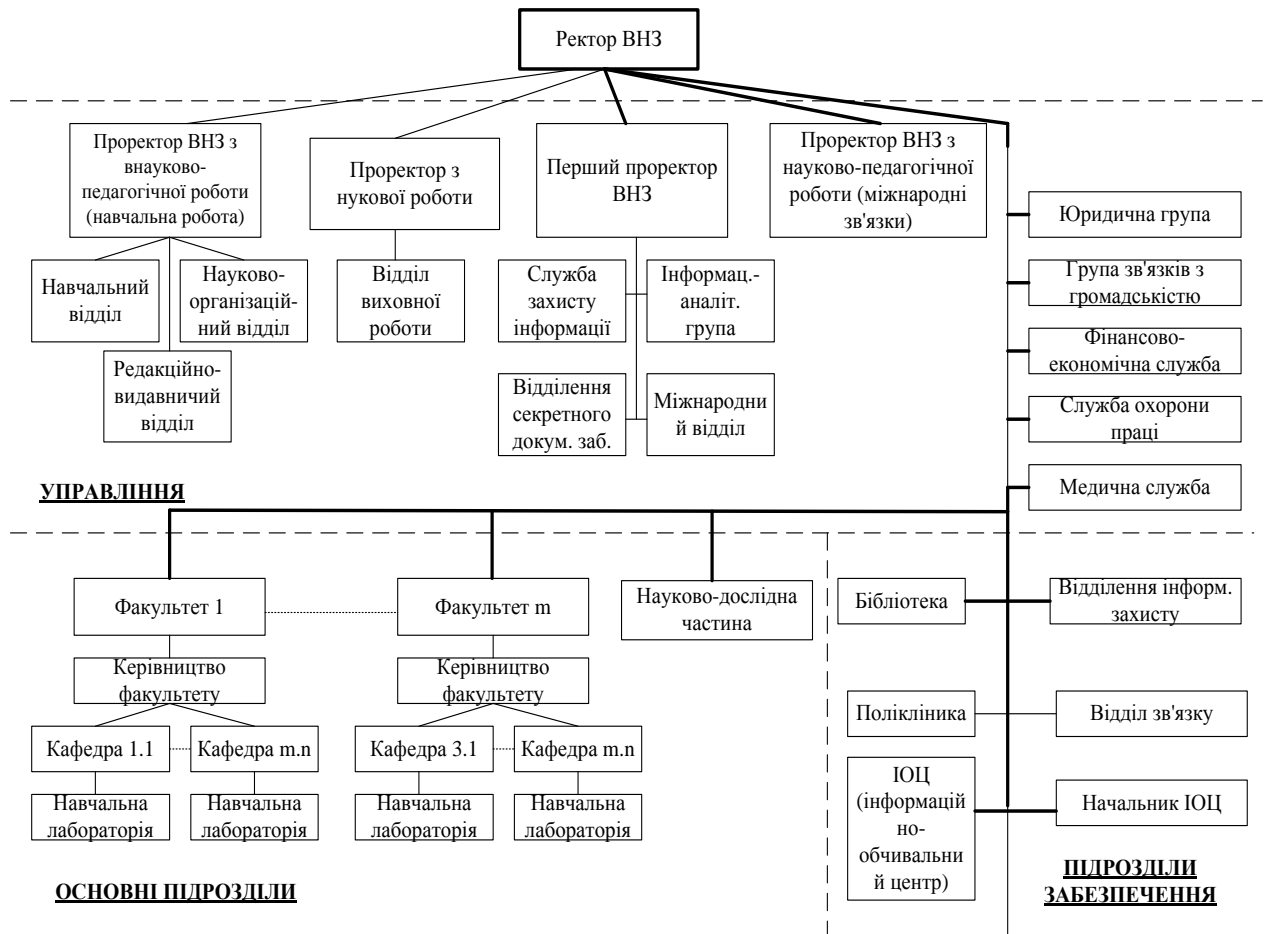


Рис. 2.7. Спрощена типова функціональна схема ВНЗ

Після виділення складових структур ВНЗ з'ясовуються об'єкти, які піддаються зовнішнім впливам, уточнюються внутрішні взаємозв'язки з погляду на досягнення загальної мети – забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. На рис. 2.8 представлено основні внутрішні зв'язки ВНЗ, що впливають на досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого та формують управлінські впливи на організацію і проведення НВП у ВНЗ. У свою чергу, ефективність формування управлінських впливів залежить від своєчасного обміну інформацією між управлінською підструктурою та підструктурою, якою управляють (стан організації і проведення НВП у ВНЗ).

Таким чином при побудові математичної моделі необхідно врахувати: складові системи організації і проведення НВП у ВНЗ; внутрішні взаємозв'язки і зовнішні чинники, які впливають на забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого;

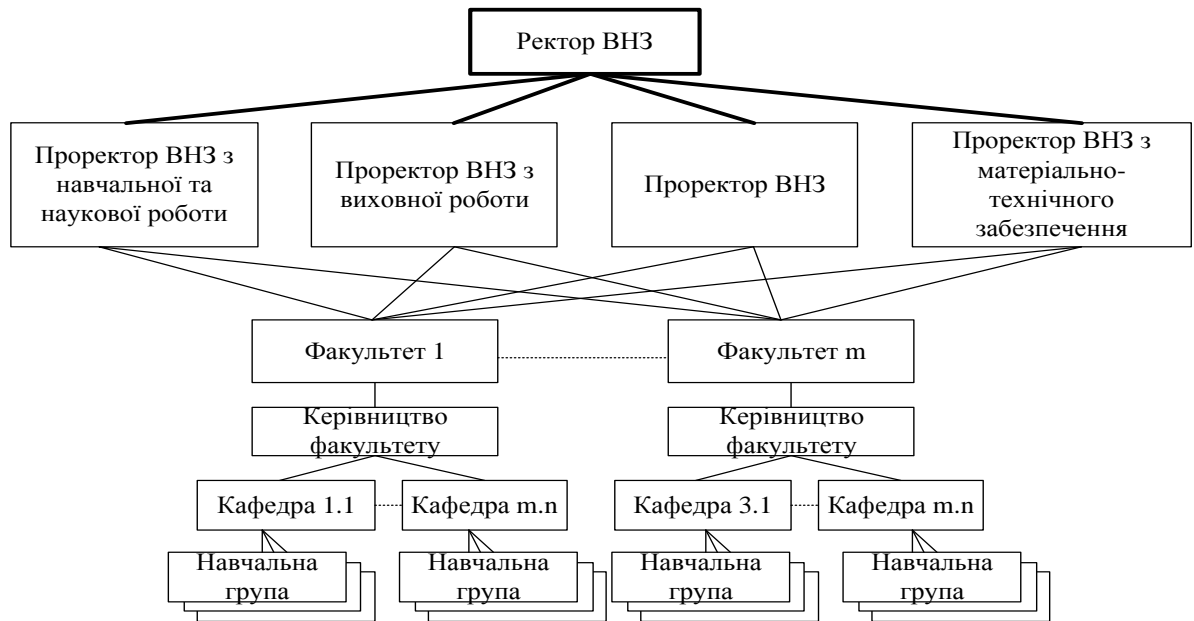


Рис. 2.8. Основні внутрішні зв'язки ВНЗ, що впливають на досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого

контроль відповідності випускника ПС та вимогам замовника. Отже, на рис. 2.9 представлена узагальнена існуюча схема оцінювання рівня ЯО ВНЗ, для забезпечення рівня ЯО не нижче заданого, яка складається з наступних блоків: блок “Вимоги” (ЗП); блок “ІАС”; блок “Навчально-виховний процес”.

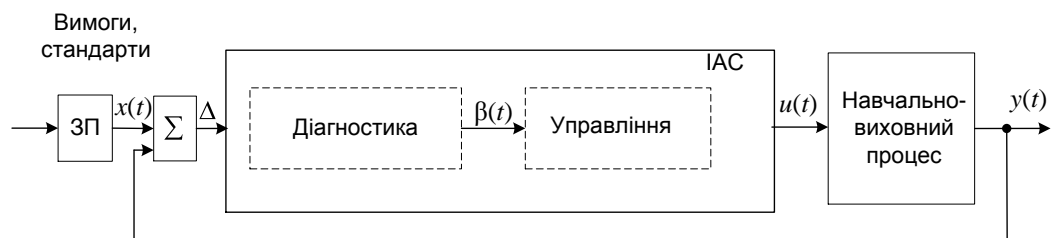


Рис. 2.9. Узагальнена існуюча схема формування оцінювання рівня ЯО у ВНЗ

Блок “Вимоги” формує необхідне значення  $x(t)$  в момент часу  $t$ . Воно визначає граничні (мінімальні) значення рівня підготовки фахівця у  $t$ , які він повинен опанувати за час навчання у ВНЗ (на рівні не нижче заданого блоком ЗП). Мінімальні (граничні) значення рівня ЯО ВНЗ задаються керівництвом ВНЗ на підставі існуючих керівних документів.

Блок “ІАС” складається з двох підблоків – підблоку “Діагностика” та підблоку “Управління”. В цілому він виконує функції “Діагностики НВП у ВНЗ”, розпізнати причини погіршення ЯО ВНЗ з метою формування альтернатив керівнику ВНЗ для формування управлінських впливів на основі результатів оцінювання та аналізу функціонування НВП у ВНЗ та інших даних, отриманих від: розробників держзамовлення; окремих випускників; керівників кафедр, де випускники працюють за спеціальністю; установ, де випускники проходять практику – тобто оцінювання відповідності ЯО заданим значенням  $x_t$  та в разі відхилення від  $y_t$  формуються управлінські впливи  $\beta_t$ , через блок “Управління”, на блок “Навчально-виховний процес”. У ньому безпосередньо формується, зберігається та аналізується інформація про стан процесів, які існують у ВНЗ. Підблок “Управління” виконує функцію вибору, з наданих системою альтернатив, управлінських впливів для коригування НВП у ВНЗ і робить процес варіативним, тобто таким, що веде до досягнення цілі. Управлінські впливи  $u_t$  формуються на підставі інформації, яка надходить з підблоку “Діагностика”. При цьому учасниками процесу управління НВП у ВНЗ є: керівний склад ВНЗ; завідувачі кафедр; особовий склад кафедр та ін.

Блок “Навчальний-виховний процес” виконує функцію із забезпечення якісного відбору кандидатів до вступу у ВНЗ (“Вступна кампанія”) і забезпеченню відповідності підготовки майбутнього випускника умовам замовника (відповідність узагальненим критеріям: набуття професійної компетенції тощо). Учасниками процесу є науково-педагогічні та педагогічні працівники і ті, кого навчають.

Проведемо декомпозицію розглянутих вище блоків узагальненої схеми оцінювання рівня ЯО у ВНЗ, яка представлена на рис. 2.9.

Процес вивчення студентом навчальних дисциплін у ВНЗ можна представити послідовно з’єднаними блоками, які комплексно характеризують НВП у ВНЗ за певний період. На рис. 2.10 схематично представлено НВП у ВНЗ з  $n$ -терміном навчання.

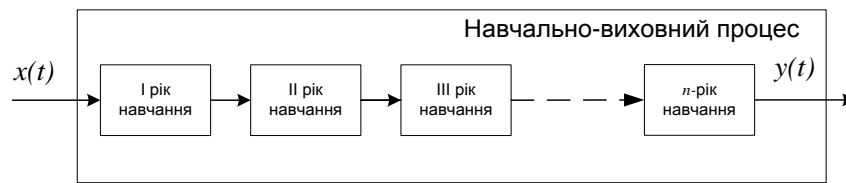


Рис. 2.10. Функціональна схема проведення НВП у ВНЗ

Управління НВП у ВНЗ здійснюється безпосередньо ректором ВНЗ через його управлінський апарат, який, виходячи з проведеного аналізу організаційно-штатної структури ВНЗ, можливо представити у вигляді послідовно-паралельного з'єднання блоків управління. Функціональну схему підблоку “Управління” у ВНЗ представлено на рис. 2.11.

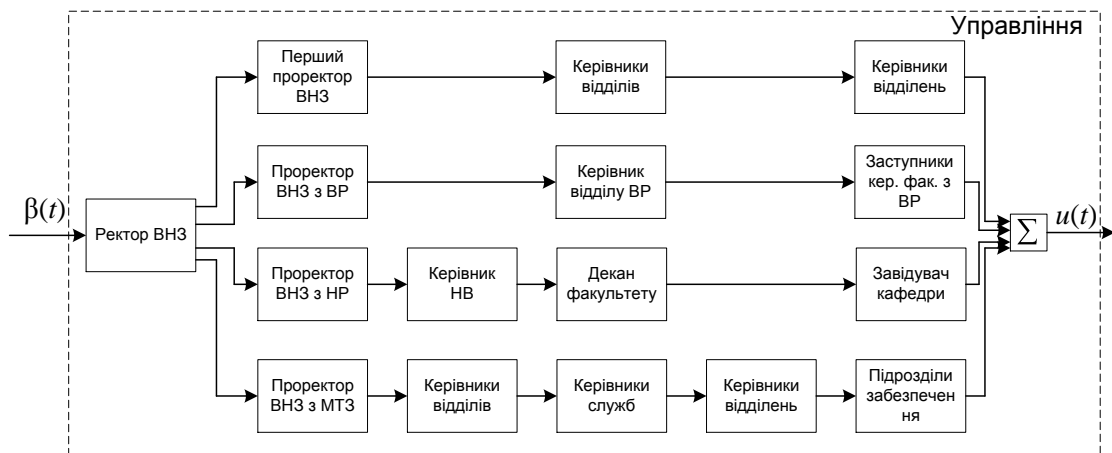


Рис. 2.11. Функціональна схема підблоку “Управління” у ВНЗ

Використовуючи основні положення теорії автоматичного управління [48] та метод експертних оцінок [115], представимо концептуальну модель ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ на основі інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів (рис. 2.12).

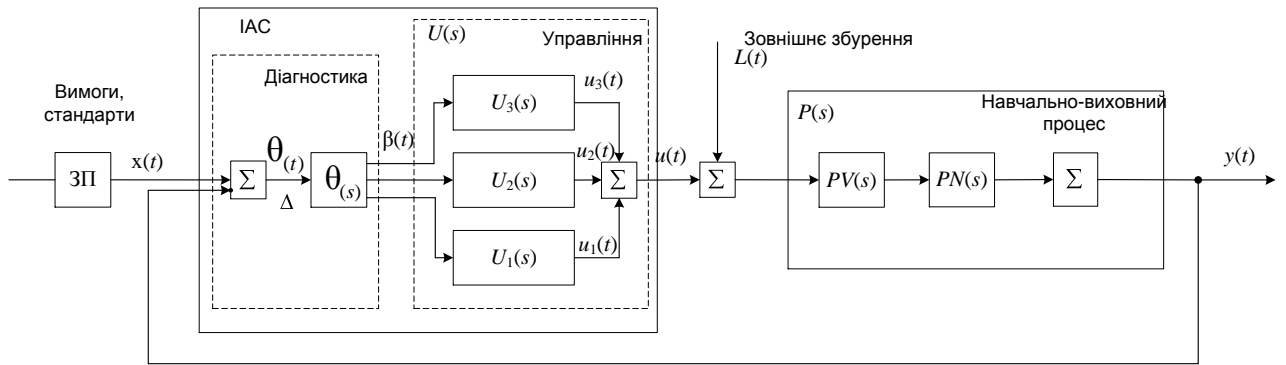


Рис. 2.12. Концептуальна модель ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ

Концептуальна модель ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ описується передавальною функцією розімкненої системи та рівнянням замикання:

$$\theta(t) = x(t) - y(t). \quad (2.38)$$

Алгоритм роботи даної системи призначений в прагненні зведення  $\theta(t)$  до нуля. Відповідно до алгоритму, за яким здійснюється перетворення вхідної дії на вихідну, концептуальну модель ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ можна представити аперіодичною (інерційною) динамічною ланкою [48]. Оскільки на вимірювання та прийняття управлінських (коригуючих) впливів витрачається певна кількість часу, то в системі є запізнення на величину  $\tau$ . Передавальна функція інерційної ланки першого порядку виглядає так:

$$PS_{\text{сп}}(s) = \frac{K_{ef} e^{-\tau s}}{T_s + 1} \quad (2.39)$$

де  $K_{ef}$  – показник ефективності управління;  $\tau$  – величина запізнення;  $T$  – постійна часу.

Складовим елементом зворотного зв'язку НВП у ВНЗ є контрольні заходи. У ВНЗ використовуються такі види контролю: вхідний, поточний, самоконтроль, модульний (рубіжний), підсумковий, а також контроль під час

державної атестації [17]. Використовуючи системний підхід та МАІ [115] представимо управління ЯО ВНЗ у вигляді послідовно з'єднаних ланцюгів, де  $U_i(s)$  – керівник відповідної  $i$ -ої ланки управління ( $i=1, \dots, n$ );  $u_i$  – управлінські впливи, які він здійснює;  $\beta(t)$  – вхідний вплив, що задається підблоком “Діагностика”;  $u(t)$  – сформовані управлінські впливи на блок “Навчально-виховний процес”. На рис. 2.14 представлена модель формування управлінських впливів підблоку “Управління” ВНЗ.

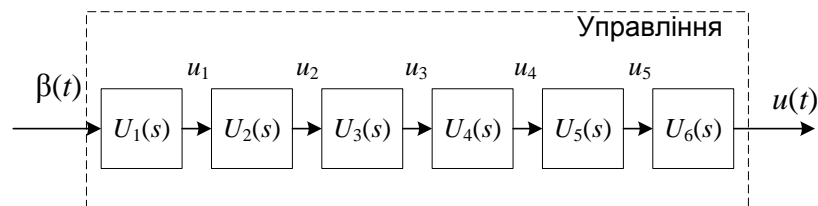


Рис. 2.14. Модель формування управлінських впливів підблоку “Управління” ВНЗ

Виходячи з цього, передавальна функція буде мати вигляд:

$$U_p(s) = U_1(s) \cdot U_2(s) \cdot U_3(s) \cdot U_4(s) \cdot U_5(s) \cdot U_6(s) \quad (2.40)$$

Отже, формування управлінських впливів підблоку “Управління” ВНЗ в загальному вигляді можна представити наступним чином:

$$U_p(s) = \prod_{i=1}^n U_i(s) \quad (2.41)$$

де  $n$  – кількість послідовно включених динамічних ланок.

Після проведеного аналізу керівних документів з організації НВП у ВНЗ для досягнення повного і адекватного оцінювання рівня відповідності НВП заданому, а також з метою оцінювання рівня підготовленості вступника (для можливого коригування НВП у ВНЗ) і відповідності рівня теоретичної та практичної підготовленості фахівця на місцях проходження практики/роботи по спеціальності за вимогами замовника запропоновано додати до функціональної схеми НВП у ВНЗ блок “Вступна кампанія” і блок “Робота за спеціальністю”, який відстежує процес роботи за спеціальністю випускником протягом першого

року роботи.

Використовуючи основні положення системного аналізу, теорії прийняття рішень, інформаційних технологій [52, 53, 32], метод експертних оцінок [115] та метод аналогій, за визначеним раніше графічним описом НВП у ВНЗ рис. 2.13 побудуємо і проаналізуємо можливі моделі системи оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

Якщо під фактором, який спричинює відхилення керованої величини від потрібного значення, розуміється будь-яке збурення, то йому відповідає принцип управління за збуренням, якщо ж цим фактором є зміна потрібного значення керованої величини, то маємо принцип управління за заданою дією [27, 51]. При управлінні за збуренням ставиться задача компенсації впливу збуреної дії на керовану величину, а при управлінні за заданою дією задача полягає в досягненні найбільш точного відтворення цієї величиною цієї заданої дії або її функції.

У системах з принципом управління за збуренням для формування керуючої дії використовується безпосередня інформація про збурення дія (тобто інформація про причини, які спричинюють відхилення). Тому у цих системах можлива повна компенсація впливу збуреної дії на керовану величину, тобто можливе досягнення інваріантності (незалежності) керованої величини відносно даної збуреної дії. Розглянутим засобом можна компенсувати вплив кожного із збурених діянь окремо. Однак на практиці звичайно не вдається компенсувати вплив усіх збурених діянь, тому що значна частка діянь не піддається виміру і при компенсації усіх збурених діянь отримується складна система. На практиці компенсуються лише основні збурені дії, які найбільше впливають на керовану величину. Система з принципом управління за збуренням є розімкненою системою автоматичного управління (САУ). У ній процес управління не залежить від результатів (величина, що управляється, не вимірюється і не проводиться ніяких діянь, якщо вона не відповідає потрібному значенню) і спостерігається лише пряма дія.

САУ з принципом управління за збуренням має такі недоліки:

- 1) усуває вплив лише основних збурених діянь, за якими створено компенсаційні канали;
- 2) з'являється відхилення керованої величини від потрібного значення зі зміною інших збурених діянь, за якими немає компенсаційних каналів;
- 3) у цих системах, як у розімкнених, з'являються відхилення керованої величини зі зміною характеристик об'єкта і елементів системи;
- 4) застосування принципу управління за збуренням обмежено об'єктами, характеристики яких є відомими (можна визначити).

Принцип управління за задавальною дією застосовується тоді, коли змінюється потрібне значення керованої величини на НВП і основним фактором, який спричинює значне відхилення цієї величини від потрібного значення, є зміна задавальної дії на вході інерційного об'єкта (початкової системи). Принцип управління за задавальною дією полягає в тому, що для усунення або зменшення відхилення керованої величини від потрібного значення, яке виникає у зв'язку з інерційністю об'єкта (початкової системи) при зміні задавальної дії, управляючий пристрій формує керуючу дію  $u(t)$  з цієї ж задавальної дії з врахуванням статичних та динамічних характеристик об'єкта (того, кого навчають). Під впливом останнього керована величина у  $t$  намагається змінитися відповідно до зміни потрібного значення (задавальної дії).

Побудуємо функціональну схему “Ідеального НВП” за принципом управління за задавальною дією, який представлено на рис. 2.15.

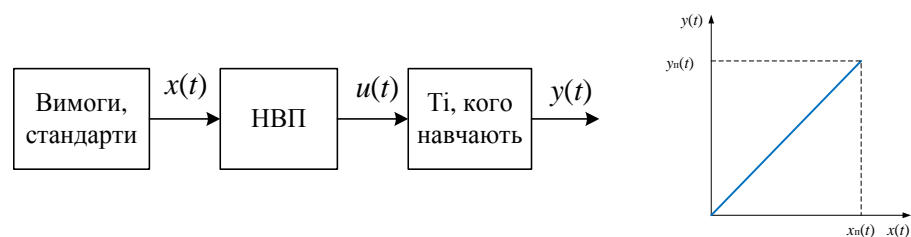


Рис. 2.15. Функціональна схема “Ідеального НВП” та графік її функції

Цей процес можливо описати інтегруючою динамічною ланкою, де  $x(t)$  – вимоги, які висуваються замовником до випускників (формується відповідно до державних вимог щодо якості освіти, стандартів); управляючий пристрій – НВП (знання викладача), формує керуюча дія  $u(t)$  на об'єкт управління (тих, кого навчають);  $y(t)$  – вихідна величина об'єкта, яку необхідно підтримувати такою, щоб дорівнювала потрібному значенню  $y_n$   $t$ , тобто  $y_n(t) = y(t) = x(t)$ . Вона є сталою величиною та описується лінійною функцією  $y = K_\alpha x$ , ( $x \in R, x > 0$ ), де  $K_\alpha$  – коефіцієнт засвоєння навчальної дисципліни (модуля, блоку, тощо). Для нашого випадку  $K_\alpha = 1$ . При цьому рівняння динаміки ланки буде мати наступний вигляд:  $x(t) = k \int_0^t y(t) dt$ , де  $k$  - коефіцієнт підсилення ланки.

В зазначеній вище функціональній схемі контроль за організацією НВП здійснюється на заключному етапі, має ситуативний характер і є нетривалим за часом реалізації.

САУ з принципом управління за задавальною дією є розімкненою системою. Тому недоліки, які властиві САУ з принципом управління за збуренням як розімкненим, властиві САУ з принципом управління за задавальною дією.

Замкнене управління припускає постійне здійснення контролю (по кожному навчальному елементу) за основними характеристиками навчання в ході самого процесу навчальної діяльності того, хто навчається, й корекцію цієї діяльності у випадку відхилення заданих значень характеристик від заздалегідь певної еталонної величини (заданого рівня).

Найбільш простий приклад використання методів замкненого управління у вивченні навчальної дисципліни (НД) – це опитування того, хто навчається й негайне роз'яснення йому помилок у засвоєнні навчального матеріалу, виконання додаткових вправ з урахуванням результатів опитування.

При замкненому управлінні розрізняють прямий зв'язок – тобто повідомлення інформації від управляючого пристрою (НВП, викладач, тощо) до об'єкта управління – того, кого навчають за допомогою якого передаються інструкції про необхідні навчальні дії (алгоритм навчання) і зворотний зв'язок, за допомогою якого передається інформація від того, кого навчають до управляючого пристрою (НВП, викладач, тощо) про результати виконання основних операцій алгоритму управління (регулювання) НВП та його відповідності якості засвоєння навчального матеріалу (наявність відхилення від потрібного рівня засвоєних знань).

Принцип управління за відхиленням полягає в тому, що вимірюється керована величина (стан НВП у ВНЗ), порівнюється з заданим (еталонним) рівнем ЯО (державний стандарт якості освіти) і виявлене при цьому відхилення перетворюється в управляючу дію; останнє, впливаючи на НВП, намагається зменшити або усунути це відхилення.

На вихідну величину об'єкта НВП у  $t$  діє збурена дія  $L(t)$ , прикладене до певної точки об'єкта і спричинює небажану зміну у  $t$  від потрібного значення рис. 2.16. До збурених діянь  $L(t)$  слід віднести впливи, які безпосередньо та негативно впливають на НВП. Прикладом можуть бути – пропуск занять з наступних причин: хвороба студента; відпустка за сімейними обставинами і т.ін., тобто такі, які не можливо передбачити.

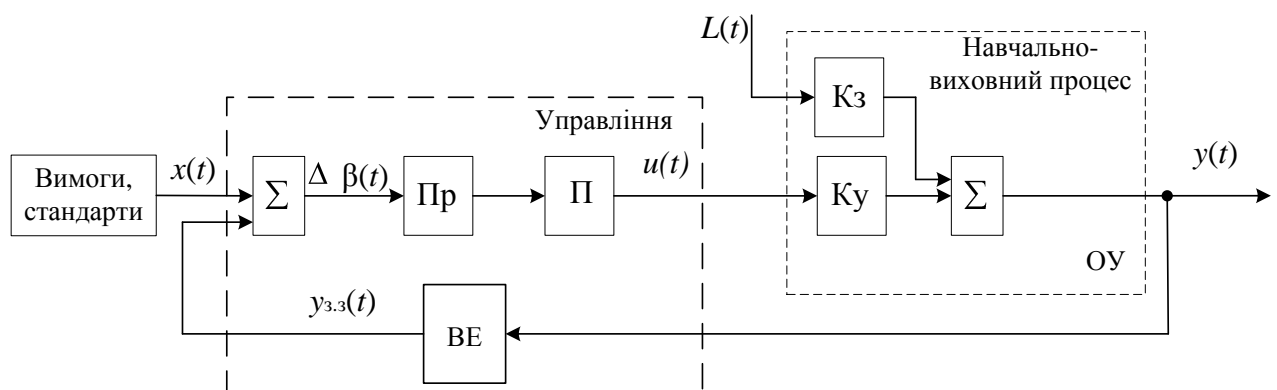


Рис. 2.16. Модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом управління за відхиленням

Канал, через який збурена дія  $L(t)$  впливає на вихідну величину  $y(t)$  НВП позначимо каналом збурення (КЗ) об'єкта. З другого боку, на  $y(t)$  можна впливати подаванням відповідної управляючої дії  $u(t)$  на вхід НВП, домагаючись зменшення або ж усунення відхилення  $y(t)$  від потрібного значення. Канал дії вхідної дії на вихідну величину позначимо каналом управління (КУ) об'єкта. Вихідні величини каналів додаються (віднімаються) за допомогою суматора  $\Sigma$ . Потрібне значення рівня НВП  $y_n$   $t$  визначається задавальною дією  $x(t)$ , яке формується на підставі граничних значень якості підготовки фахівця. Мінімальні допустимі значення граничного рівня підготовленості випускника (в відповідності до вимог державного стандарту) досягається в випадку виконання умови  $y(t) \geq x(t)$ .

Відхилення керованої величини  $y(t)$  від потрібного значення може бути змінено як під впливом різного роду збурених діянь  $L(t)$ , так і від зміни задавальної дії  $x(t)$ . Задавальна дія може бути змінена внаслідок уточнення (коригування) державних вимог щодо підготовки фахівця та ін.

Щоб зменшити або усунути відхилення керованої величини  $y(t)$  від потрібного значення, необхідно сформувані відповідні управлінські впливи  $u(t)$  і направити їх на вхід об'єкта управління (організація і проведення НВП у ВНЗ). Управлінські впливи при використанні принципу управління за відхиленням формуються завдяки перетворенню виміряного відхилення  $\beta(t)$  керованої величини від потрібного значення. Аналітична залежність моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом управління за відхиленням має вигляд  $u(t) = f[\beta(t)]$ , тобто управлінські впливи є функцією відхилення  $\beta(t)$  керованої величини. До складу моделі (рис. 2.16) входять блоки: “Вимоги, стандарти”; “Управління”; “Навчально-виховний процес”. При цьому блок “Навчально-виховний процес” є об'єктом управління.

Використовуючи принцип системного підходу, розглянемо окремо кожний з блоків [52].

Блок “Вимоги, стандарти” формує задавальну дію  $x(t)$ . Він визначає граничні (мінімальні) значення рівня підготовки фахівця, які він повинен опанувати  $y(t)$  за час навчання у ВНЗ. Граничні значення задаються керівництвом ВНЗ на підставі існуючих керівних документів. Для кожного освітньо-кваліфікаційного рівня розробляється відповідна модель професійної діяльності, що являє собою перелік  $j$ -их службових та соціальних функцій, відповідних їм  $i$ -их професійних, соціально-професійних, соціально-побутових завдань, які повинен вирішувати фахівець у процесі виконання даних функцій, та перелік і рівні сформованості при цьому  $l$ -их умінь.

До блоку “Управління” входять наступні елементи: Пр, П, ВЕ, Σ. Вимірвальний елемент підключається до виходу об’єкта управління – НВП у ВНЗ і вимірює керовану величину  $y(t)$ . Вимірне значення цієї величини  $y_{вз}(t)$  подається на елемент порівняння. Елемент порівняння порівнює вимірне значення керованої величини  $y_{вз}(t)$  з заданою дією  $x(t)$  і визначає відхилення між ними:  $\beta(t) = x(t) - y_{вз}(t)$ . Інвертувальний вхід елемента порівняння означає, що сигнал  $y_{вз}(t)$  є від’ємним. У перетворювачі при відповідному перетворенні відхилення, враховуючи характеристики об’єкта і елементів системи, формується керуюча дія на НВП. Ця дія може бути величиною, пропорційною відхиленню. У загальному випадку алгоритм управління є більш складною функцією, яка передбачає введення в керуючу дію як похідних, так і інтегралів від відхилення.

Підсилювач шляхом здійснення різноманітного впливу (посилення контролю, застосування дисциплінарних впливів, преміювання і т. ін.) забезпечує підсилення вихідної величини перетворювача до значення, достатнього для підтримки потрібного режиму роботи об’єкта управління – забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

До блоку “Навчально-виховний процес” входять елементи: КУ, КЗ, Σ. Вимірвальний елемент, елемент порівняння, перетворювач і підсилювач утворюють підсистему, яка управляє блоком “Навчально-виховний процес”. Управління НВП у ВНЗ здійснюється після вимірювання відхилення  $\beta t$  і,

шляхом перетворення його, виробляє керуюча дія  $u(t)$ . Остання, будучи застосованим до НВП, змінює керовану величину таким чином, що відхилення  $\beta(t)$  зменшується.

Вимірювальний елемент, який вимірює керовану величину на виході НВП у ВНЗ і подає її на елемент порівняння (вхід системи), утворює головний зворотний зв'язок системи.

У моделі організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом управління за відхиленням управлінські впливи формуються завдяки перетворенню відхилення, яке може бути спричинене різними впливами. Тому в моделі зменшується відхилення незалежно від того, якими з цих впливів воно зумовлене.

Оскільки в розглянутій моделі з принципом управління за відхиленням зменшується відхилення, яке виникає і при зміні параметрів елементів системи, то замкнена система менш чутлива до змін параметрів її елементів порівняно з розімкненими системами, де відхилення, які зумовлюються зміною параметрів їх елементів, не компенсуються.

У вище зазначеній моделі управлінські впливи формуються внаслідок перетворення сигналу відхилення, а не самого фактора, який спричинює відхилення, наприклад, збуреної дії (тобто завдяки перетворенню висновку, а не самої причини), тому він не може проявити на об'єкт зворотний вплив без запізнення порівняно зі збуреною дією. Отже, принцип управління за відхиленням не дає можливості повного усунення відхилення, тобто не дозволяє досягнення абсолютної інваріантності.

*Переваги:* 1) зменшує відхилення величини, якою управляють, від потрібного значення незалежно від того, якими факторами (зовнішніми збуреними діями, зміною параметрів елементів системи, зміною задавальної дії) воно зумовлене; 2) менш чутлива до змін параметрів елементів системи, порівняно з розімкненими системами.

*Недоліки:* 1) в простій одноконтурній системі неможливо досягти абсолютної інваріантності (вихідні величини незалежні від задавальних і збурювальних діянь); 2) в системі виникає проблема стійкості.

Управління НВП у ВНЗ може бути здійснене на одному його етапі за розімкнутою схемою, а на іншому – за замкненою. Таке управління в цілому є комбінованим. Побудуємо концептуальну модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом комбінованого управління.

У комбінованих системах принцип управління за відхиленням реалізується завдяки зворотному зв'язку, а принцип управління за збуренням – компенсаційним зв'язком. Якщо найбільш істотну похибку спричинено збуреною дією, то вводиться зв'язок за цим збуренням.

При організації і проведенні НВП у ВНЗ виникають ситуації, які безпосередньо впливають на якість освіти та які необхідно передбачити заздалегідь. Для компенсації таких ситуацій нами запропоновано додати до системи за принципом комбінованого управління додатковий зв'язок  $L_1(t)$  за збуренням (33). Для непередбачених ситуацій, що ведуть до погіршення ЯО (хвороба студента; відпустка за сімейними обставинами і т.ін. (тобто такі, які не можливо передбачити і як наслідок компенсувати в процесі навчання) введемо зв'язок за збуренням  $L_2(t)$ .

Аналітична залежність концептуальної моделі системи оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом комбінованого управління приймає вигляд  $u(t) = f[\beta(t), L(t), \gamma(t), x(t)]$ , тобто управлінські впливи є функцією відхилення, збурених діянь і змін за задавальною дією.

На рис. 2.17 представлена концептуальна модель системи оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом комбінованого управління, яка складається із:  $K_{31}$ ,  $K_{32}$  – канали збурення від відповідних збурень; Пр (рівень реагування ректорату); П (рівні реагування: декани факультетів; куратори курсів; завідувачі кафедр; заступники завідувачів кафедр т.ін.) [24,25].

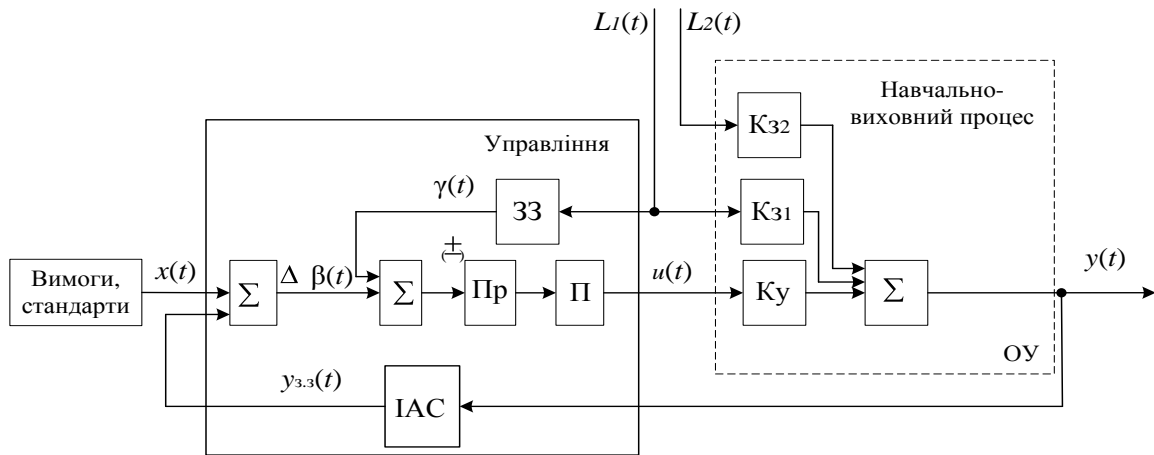


Рис. 2.17. Концептуальна модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом комбінованого управління

Адекватно замінимо ВЕ блоком “ІАС”, що забезпечить функцію оцінювання рівня ЯО у ВНЗ. Тобто функцію щодо здійснення організації збору, зберігання, обробки й поширення інформації про рівень ЯО у ВНЗ, що забезпечить безперервне стеження за станом НВП у ВНЗ, а також надасть можливість прогнозувати тенденції розвитку (відхилення) рівня ЯО у ВНЗ від заданого.

Блок “ІАС” підключається до виходу об’єкта управління – НВП у ВНЗ і вимірює керовану величину  $y(t)$  з заданими граничними значеннями. Вимірне значення цієї величини  $y_{з.з}(t) = x(t) - y(t)$  подається на елемент порівняння  $\Sigma$ . Вимірвальний елемент, що вимірює керовану величину на виході об’єкта і подає її на елемент порівняння (вхід системи), утворює головний зворотний зв’язок системи.

У загальному випадку в моделі можливі компенсаційні зв’язки як за збуреною, так і за задавальною дією, коли для формування управлінських впливів використовується відхилення, збурена та задавальна дія. Компенсаційний зв’язок за основним збуренням (задавальною дією) усуває складову похибки, яка спричинюється цим збуренням (змінюю задавальної дії), а завдяки дії зворотного зв’язку зменшуються похибки, які спричинюються другорядними збуреними діями, за якими немає компенсаційних зв’язків. Якщо компенсаційні зв’язки не повністю усувають похибки, які зумовлені основними

збуреними (задавальними діями), то залишкові похибки зменшуються за зворотним зв'язком.

Для формування управлінських впливів в комбінованих системах використовується як безпосередня інформація про основні збурені дії (зміни задавальної дії), так і відхилення керованої величини від потрібного значення, що зумовлюється усіма збуреннями (змінною задавальної дії).

Завдяки цьому: 1) у комбінованій системі внаслідок компенсаційних зв'язків можна досягти повної компенсації похибок, які спричинюються основними збуреними і задавальними діями (можливе досягнення інваріантності); 2) поряд з можливістю повної компенсації похибок, які спричинюються основними діями, в комбінованій системі за зворотним зв'язком зменшуються похибки, які зумовлюються другорядними збуреннями, за якими немає компенсаційних зв'язків, а також недокомпенсовані похибки від основних збурень і задавальної дії; 3) завдяки наявності розімкнених компенсаційних каналів у комбінованій системі проблема стійкості виникає рідше, ніж у замкненої.

Таким чином, концептуальна модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ за принципом комбінованого управління є найбільш досконалою моделлю з високою точністю управління.

Реалізація такої моделі дозволить: значно знизити розмірність задачі виробки параметрів управлінських впливів на НВП; більш виважено підходити до вирішення питань із забезпечення якості організації і проведенні НВП у ВНЗ; з максимальною ефективністю за мінімальний час реагувати на ситуацію, що створилася; прогнозувати небажані ситуації [139].

### **2.2.2. Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ**

Розробка функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ проводиться за ієрархічним принципом, сутність якого полягає в декомпозиції структурних об'єктів, які впливають на ЯО у ВНЗ і її складові елементи для встановлення місця і ролі кожного з них у функціонуванні структури об'єкта за

умови збереження ними своєї цілісності в взаємодії як із зовнішнім середовищем, так із внутрішнім та визначенню параметрів складових елементів моделі.

На рис. 2.18 представлена узагальнена формалізована функціональна схема організації і проведення НВП у ВНЗ, яка складається з трьох блоків: “Вступна кампанія”; “Навчально-виховний процес”; “Робота за спеціальністю”.

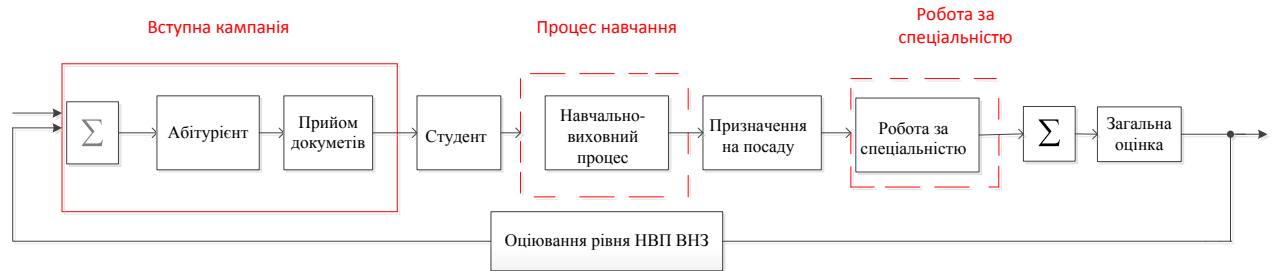


Рис. 2.18. Узагальнена формалізована функціональна схема організації і проведення НВП у ВНЗ

Проводиться декомпозиція блоків узагальненої формалізованої функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ на складові елементи. Після відповідного перетворення отримуються їх функціональні схеми. Функціональна схема блоків “Вступна кампанія”, “Навчально-виховний процес”, “Робота за спеціальністю” представлені на рис. 2.19– 2.20 відповідно. На рис. 2.19 – знак амперсанду означає умову успішного виконання та проходження всіх попередніх блоків, тобто він пропускає сигнал далі.

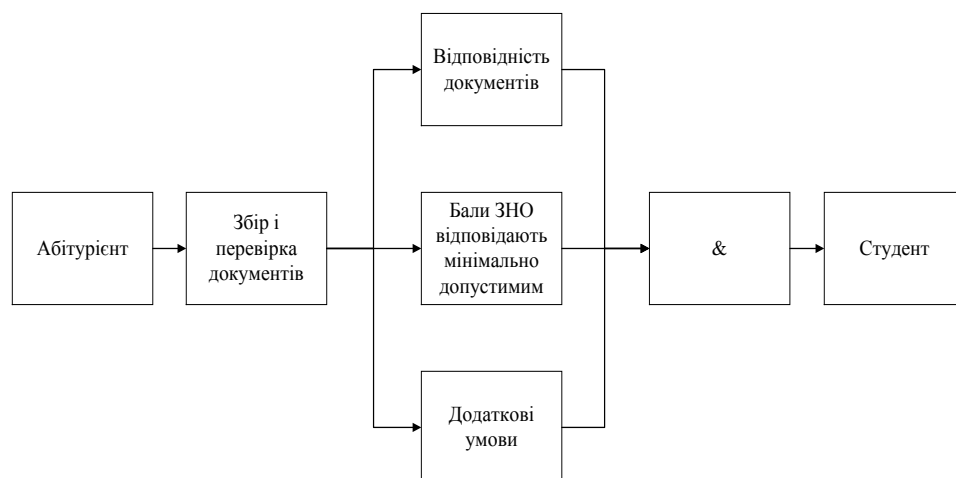


Рис. 2.19 Функціональна схема блоку “Вступна кампанія”

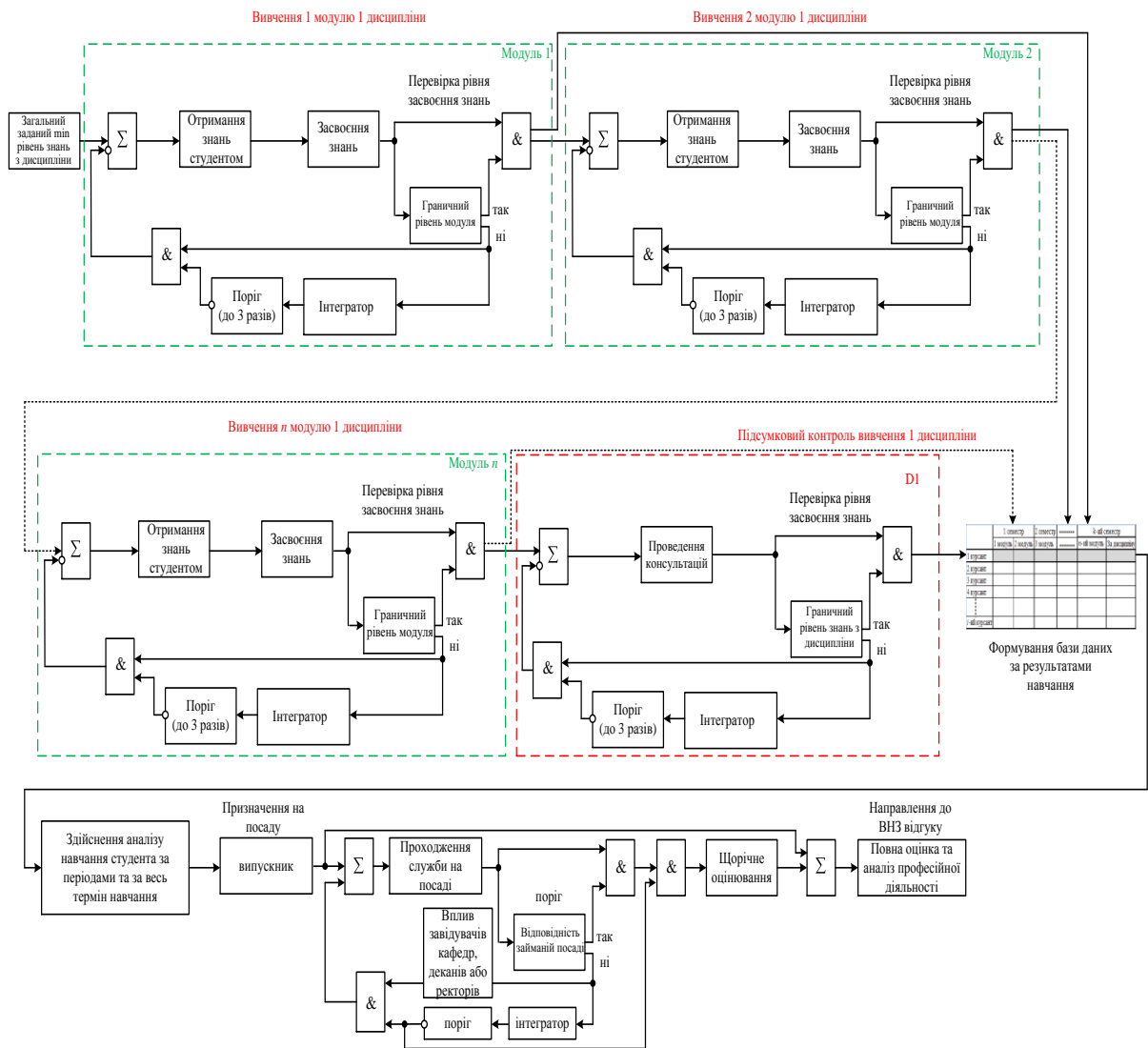


Рис. 2.20. Функціональні схеми блоків “Навчально-виховний процес” і “Робота за спеціальністю”

### 2.2.3. Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ

Обґрунтування динамічних ланок та їх параметрів для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ здійснюється за допомогою експертного оцінювання відповідно до вимог нормативно-правових документів з питань організації і проведення НВП у ВНЗ; аналізу існуючих статистичних даних; фізики процесу, що проходить у відповідному структурному елементі, з подальшим порівнянням цього процесу з існуючим

використовується метод аналогій. Розв'язання зазначеної задачі зводиться до розв'язання задачі багатокритеріального вибору МАІ [115].

Основні етапи розв'язання задачі зводяться до наступного:

1. Окреслюється проблема й визначається, що необхідно знайти – обґрунтувати динамічні ланки та їх параметри для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.

2. Будується ієрархія, починаючи з вершини (мети – з погляду управління НВП у ВНЗ), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до найнижчого рівня, який, звичайно, є переліком альтернатив.

3. Будується множина матриць парних порівнянь для кожного з нижніх рівнів – по одній матриці для кожного елемента, що примикає до верхнього рівня. Парні порівняння проводяться в термінах домінування одного з елементу над іншим. Число  $\gamma_{ij}$  задається експертом і показує в скільки разів вага об'єкта  $A_i$  більше ваги об'єкта стосовно заданої мети (критерію)  $\gamma_{ij} = 1/\gamma_{ji}$  на головній діагоналі матриці парних порівнянь записують одиниці. Матриця парних порівнянь (суджень) є додатньою, квадратною й обернено-симетричною. У якості шкали для виконання парних порівнянь використовується дев'ятибальна шкала, запропонована Т. Сааті. Для одержання кожної матриці потрібно  $n(n-1)/2$  суджень, де  $n$  – число порівнюваних елементів.

4. Визначаються ваги  $\omega_i, i = \overline{1, n}$  об'єктів  $A_i, i = \overline{1, n}$ . Для знаходження вектора ваг потрібно знайти вектор  $\omega$ , який задовольняє рівності  $A\omega = n\omega$ .

За теоремою Фробеніуса для квадратної нерозкладної напівдодатньої матриці  $A$ : а) існує єдина пара  $\lambda^*, x^*$  ( $x^*$  єдиний з точністю до додатнього множника), де  $\lambda^* > 0$  – власне число,  $x^* > \bar{0}$  – власний вектор, такі що  $Ax^* = \lambda^* x^*$ ; б)  $\lambda^*$  по модулю більше всіх інших власних чисел матриці  $A$ .

Якщо знайдене власне додатне число, якому відповідає власний додатний вектор, то це власне число і є  $\lambda^*$ . Позначимо  $\lambda_{\max} = \lambda^*$ . Для повністю узгодженої матриці парних порівнянь  $\lambda_{\max} = n$  і  $A\omega = n\omega$ . Якщо матриця

парних порівнянь є повністю узгодженою, то  $\gamma_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$  і матриця має вигляд

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_n} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\omega_n}{\omega_1} & \frac{\omega_n}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_n}{\omega_n} \end{pmatrix}. \text{ Таким чином, } \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_n} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\omega_n}{\omega_1} & \frac{\omega_n}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_n}{\omega_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}, \text{ і, отже, } n$$

– власне число, а  $\begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}$  – власний вектор матриці  $\mathbf{A}$ . Вектор  $\begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{pmatrix}$  є вектором

ваг об'єктів  $A_i, i = \overline{1, n}$ . Ваги визначаються за формулою  $\omega_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \gamma_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left( \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \gamma_{ij}} \right)}$ .

## 5. Визначення узгодженості матриць парних порівнянь.

Знайдемо наближене значення  $\lambda_{\max}$  шляхом обчислення вектор-стовпця  $\overline{\omega}$  з наступним підсумовуванням його елементів. Як зазначено в роботі [115]  $\lambda_{\max} \geq n$ , при цьому величина  $E = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$  є мірою ступеня неузгодженості експертних оцінок. Чим менше величина  $E$ , тим більша ступінь довіри до розв'язку задачі. Числовою мірою ступеня довіри може бути різниця  $\gamma = 1 - E$ .

Відзначимо, що для знаходження максимального власного числа  $\lambda_{\max}$  і максимального власного вектора існують достатньо швидкі і точні числові ітераційні методи [70]. Для розв'язку наведеної задачі використовується метод простої ітерації.

6. Проводиться синтез ваг, починаючи із другого рівня до низу. Локальні ваги перемножуються на вагу відповідного критерію на вищому рівні й підсумуються по кожному елементу відповідно до критеріїв, на які впливає цей елемент. Це дає складову (глобальну) вагу того елемента, який потім використовується для зважування локальних ваг елементів, порівнюваних стосовно нього як до критерію й розташованих рівнем нижче. Процедура триває до самого нижнього рівня.

7. Знаходиться узгодженість усієї ієрархії. Процес полягає в тому, що індекс узгодженості, отриманий з матриці парних порівнянь, множиться на пріоритет властивості, щодо якого проведено порівняння, і до цього числа додаються аналогічні результати для всієї ієрархії. Потім дана величина ділиться на відповідний індекс, який отриманий як сума випадково сформованих індексів, зважених за допомогою відповідних пріоритетів. Відношення повинне перебувати в границі від 0 до 1 включно.

Якщо в результаті розв'язку задачі отримані ваги виявляються неузгодженими, то потрібен повторний перегляд експертами усіх своїх оцінок.

Внаслідок проведеного експертного оцінювання були отримані типи динамічних ланок та їх параметри для розробки структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ, які представлені в Додатку А.

Так блок “Вступна кампанія” в логічній інтерпретації має такий опис: на вхід ми отримуємо певний сигнал (інформацію), який дає системі ознаку про те, що людина бажає вступити до ВНЗ. Після цього інформація надходить до першого логічного підблоку перевірки наявності документів. Оскільки дана динамічна система побудована із використанням зворотнього зв'язку, ми маємо забезпечити інерційність блоку, тобто його здатність працювати в сталому напрямі зі сталим результатом незалежно від впливу зовнішніх факторів. Аперіодична динамічна ланка є інерційною, отже, саме нею буде задаватись даний функціональний підблок. На рис. 2.21 представлена структурна схема блоку “Вступна кампанія”. Сутність кожного блоку цієї схеми пояснена на рис. 2.19, коефіцієнти (ланки)

пояснюються наступним чином:  $k_{PD1}$  - це аперіодична ланка, яка описує проведення процесу прийому і перевірки документів абітурієнта,  $k_{PD2}$  - описує процес перевірки всіх наявних документів у відповідності до вимог “Правил прийому до ВНЗ”,  $k_{PD3}$ ,  $k_{PD4}$ ,  $k_{PD5}$  виконують перевірку виконання всіх попередніх умов і допускають до наступного процесу).

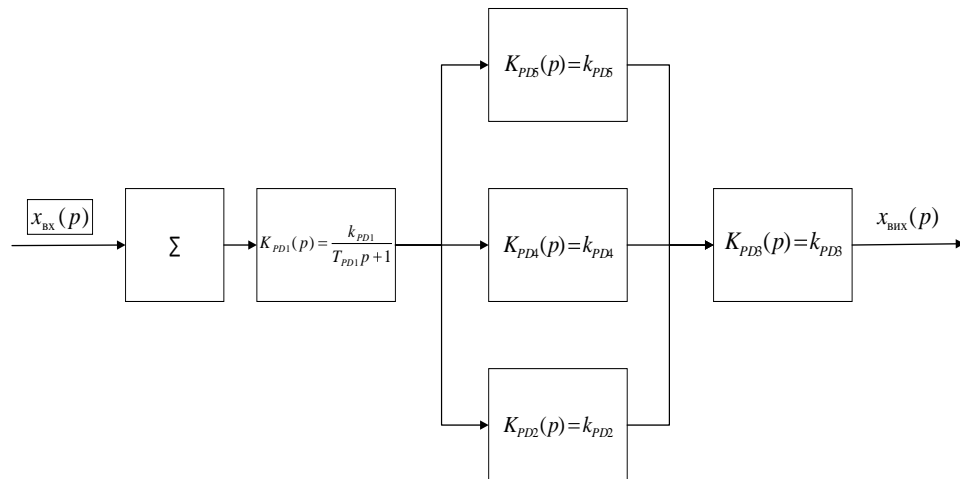


Рис. 2.21. Структурна схема блоку “Вступна кампанія”

Якщо всі результати були задовільними, ми вважаємо роботу блоку “Вступна кампанія” успішною та переходимо до блоку “Навчально-виховний процес” функціональної моделі.

На рис. 2.22 представлено структурні схеми блоків “Навчально-виховний процес” (на прикладі засвоєння  $n$ -ї навчальної дисципліни) і “Робота за спеціальністю”.

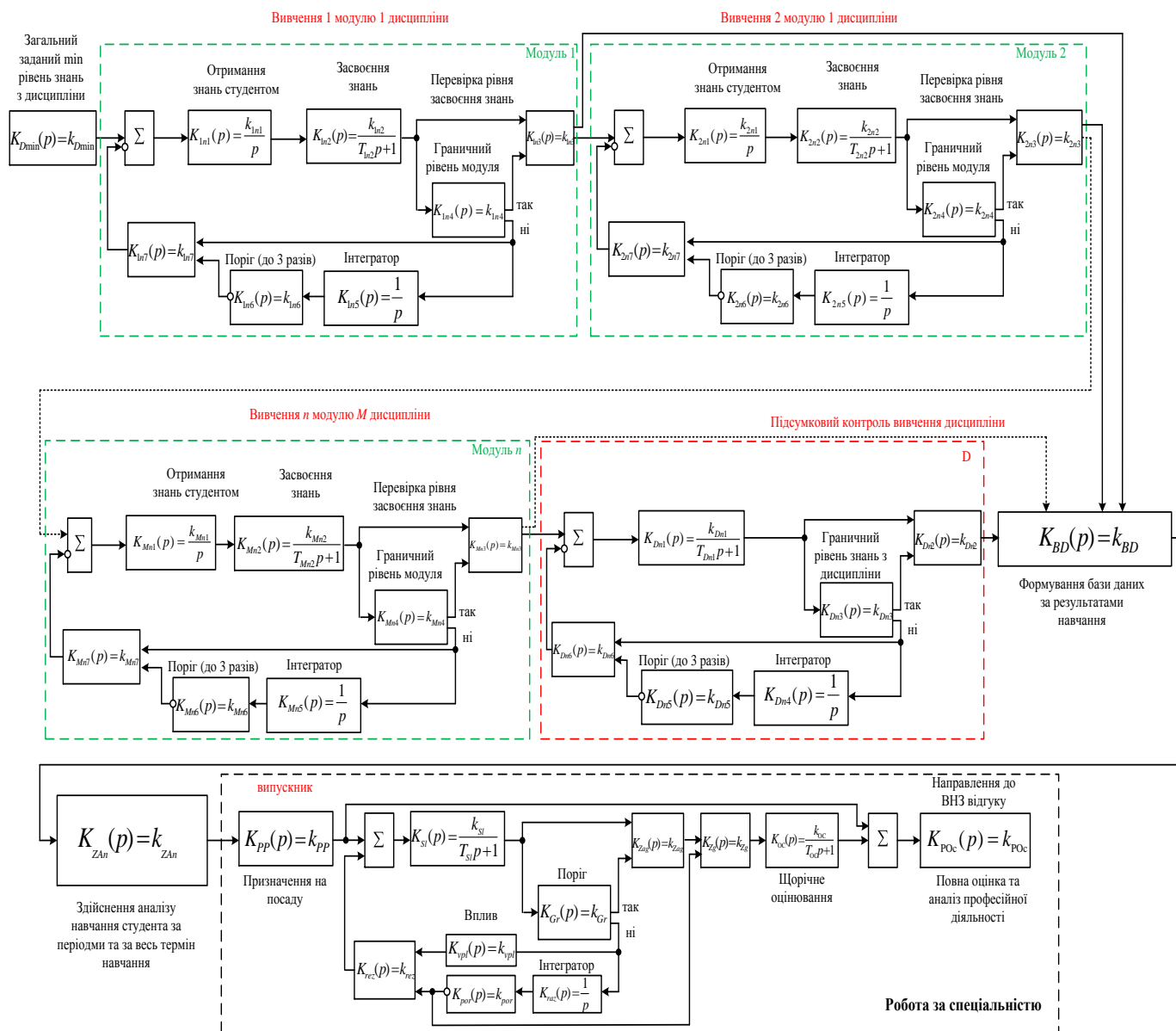


Рис. 2.22. Структурна схема блоків “Навчально-виховний процес” і “Робота за спеціальністю”

Після передачі знань від викладача студенту відбувається процес засвоєння інформації, що, враховуючи сутність накопичувального процесу, моделюється аперіодичною ланкою. Далі відбувається процес перевірки засвоєння знань (певний модуль, контрольна точка у кривій навчання), після чого отримуємо аналогічний другий, третій і так далі змістовні модулі, що складаються із тих же елементів. Останнім блоком є блок остаточного контролю отриманих знань, який перевіряє, чи досяг студент необхідного (не нижче заданого) рівня знань за час навчання у ВНЗ. Після цього блоку ми

маємо проаналізувати результати якості організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом оброблення інформації, яка отримується ВНЗ з місця первинного призначення випускника, та зробити остаточні висновки відносно комплексного оцінювання якості освіти ВНЗ. Зворотній зв'язок у структурній схемі необхідний для врахування таких факторів впливу, як: проведення додаткових занять; перездача та інші фактори, що впливають на кінцевий рівень засвоєння навчального матеріалу та оцінювання рівня знань у кожному змістовому блоці. Після успішного вивчення (на рівні не нижче заданого) всіх змістовних модулів та проходження блоку остаточного контролю вводиться головний зворотній зв'язок між ВНЗ та випускником, який знаходить роботу за спеціальністю. Наявність головного зворотного зв'язку в структурній схемі організації і проведення НВП у ВНЗ надає можливість компенсувати похибки, що впливають на досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого з точки зору організації і проведенні якісного НВП у ВНЗ шляхом формування управлінських впливів на її складові елементи. Це дає можливість здійснювати адекватне оцінювання рівня відповідності ЯО ВНЗ на кожному з етапів підготовки фахівця.

#### **2.2.4. Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ в змінних стану**

Для побудови математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ ми маємо перейти від структурної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ, побудованої у вигляді з'єднаних між собою динамічних ланок, до диференційних рівнянь, що описують перехідні процеси в ній. Щоб отримати диференційне рівняння для певної підсистеми з власною передавальною функцією  $K(p)$ , скористаємось наступними перетвореннями: за правилами, аналогічними отриманню загальної передавальної функції при перевірці стійкості системи, отримаємо передавальну функцію системи; записуємо вид передавальної функції у системі:  $x_{вих}(p) = K(p) \cdot x_{вхід}(p)$ . В лівій частині

отримаємо вхідний потік, в правій буде передавальна функція системи. Оскільки множення при зображенні за Лапласом відповідає операції диференціювання, кожен з доданків  $p^k x_{вих}(t)$  буде  $k$ -ою похідною  $x_{вих}(t)$  по  $t$  після обернених перетворень за Лапласом. Таким чином, ми отримуємо диференційне рівняння  $n$ -ого ступеня відносно  $x_{вих}(t)$ . Отримаємо диференційне рівняння для блоків “Вступна кампанія”, “Навчально-виховний процес”, “Робота за спеціальністю”. Користуючись описаними вище правилами побудови загальної передавальної функції, отримаємо наступну передавальну функцію для блоку “Вступна кампанія”. Для спрощення даного підблоку ми маємо залишити лише одиничний зворотній зв’язок та залишити послідовне з’єднання з підблоком вхідних даних. Отримаємо:

$$K_{вс.камп.}(p) = \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}}{1+k_{PD2}\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}} + \frac{k_{PD1} \cdot (1+k_{PD4}+k_{PD5})}{T_{PD1}p+1} \right) \cdot k_{PD3}. \quad (2.42)$$

Отримаємо диференційне рівняння:

$$\begin{aligned} \frac{dx_{ex}(t)}{dt} k_{PD1} k_{PD3} T_{PD1} + x_{ex}(t) k_{PD3} (k_{PD1} + k_{PD2} k_{PD1}^2 (1 + k_{PD4} + k_{PD5})) = \\ \frac{d^2 x_{вих}(t)}{dt^2} T_{PD1}^2 + \frac{dx_{вих}(t)}{dt} (2T_{Dn1} + k_{PD2} k_{PD1} T_{Dn1}) + x_{вих}(t) (1 + k_{PD2} k_{PD1}), \end{aligned} \quad (2.43)$$

при початкових умовах:

$$\frac{dx_{вих}(0)}{dt} = x_{вих}(0) = 0.$$

Розглянемо аналогічну задачу для отримання математичних моделей блоків “Навчально-виховний процес” і “Робота за спеціальністю”. Процес вивчення навчальних дисциплін у ВНЗ можливо представити множиною послідовно з’єднаних динамічних ланок, які адекватно описують НВП у ВНЗ і відповідають кількості навчальних дисциплін, що вивчаються у ВНЗ для кожного напрямку спеціальностей. Схематично процес вивчення навчальної дисципліни

$D_i$  складається з послідовного вивчення змістовних модулів  $M_1, \dots, M_n$  (де  $n$  – кількість змістовних модулів), представлено на рис. 2.28.

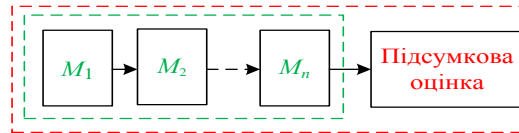


Рис. 2.28. Схема вивчення навчальної дисципліни  $D_1$

Відповідно, процес вивчення студентом навчальних дисциплін для отримання освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” представлено на рис. 2.29.



Рис. 2.29. Процес вивчення студентом навчальних дисциплін для отримання освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр”

Ключовим елементом даної моделі є модуль вивчення окремо взятої навчальної дисципліни. Оскільки таких модулів та дисциплін в навчальному процесі існує достатньо велика кількість, введемо для даних коефіцієнтів нумерацію:  $j$ -тий коефіцієнт  $i$ -ого порядкового блоку серед модулів дисциплін буде мати спеціальний індекс  $M_{ij}$ . Елемент структурної схеми блоку “Навчально-виховний процес”, що побудований для  $n$ -ого модуля вивчення навчальної дисципліни має вигляд, який представлено на рис. 2.30.

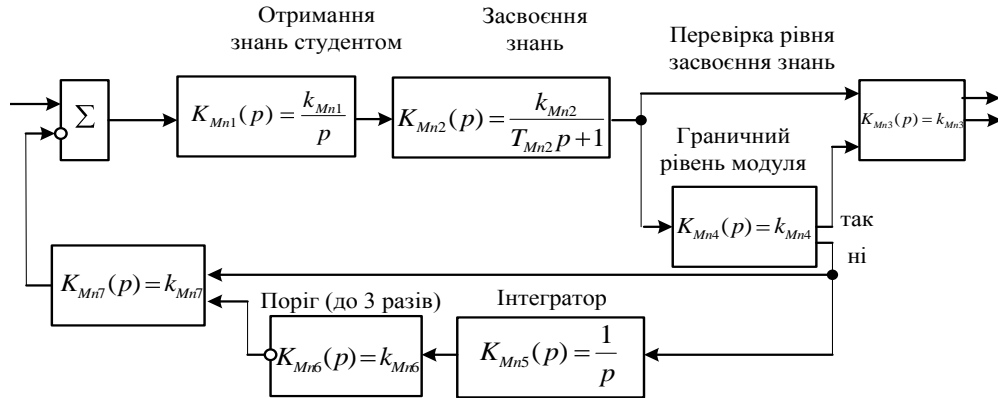


Рис. 2.30. Елемент структурної схеми блоку “Навчально-виховний процес”, що побудований для  $n$ -ого модулю вивчення навчальної дисципліни

Для  $n$ -ого модуля вивчення навчальної дисципліни отримаємо наступну передавальну функцію:

$$K_{\text{блоку}_n}(p) = \left( \frac{k_{Mn1} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p + 1} + \frac{k_{Mn1} \cdot \frac{k_{Mn2}}{p} \cdot k_{Mn4}}{1 + k_{Mn7} \left( 1 + k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1} \cdot \frac{k_{Mn2}}{p} \cdot k_{Mn4}}{T_{Mn2}p + 1}} \right) \cdot k_{Mn3}. \quad (2.44)$$

Тоді диференціальне рівняння для  $n$ -ого модуля вивчення навчальної дисципліни прийме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dx_{\text{ex}}^3(t)}{dt^3} T_{n2} k_{n1} k_{n2} (k_{n3} + k_{n4}) + \frac{dx_{\text{ex}}^2(t)}{dt^2} k_{n1} k_{n2} (k_{n3} + k_{n4}) + \frac{dx_{\text{ex}}(t)}{dt} k_{n7} + x_{\text{ex}}(t) = \\ \frac{d^5 x_{\text{eux}}(t)}{dt^5} T_{n2} + \frac{d^4 x_{\text{eux}}(t)}{dt^4} 2T_{n2} + \frac{d^3 x_{\text{eux}}(t)}{dt^3} (T_{n2} k_{n7} + 1) + \frac{d^2 x_{\text{eux}}(t)}{dt^2} (k_{n7} + T_{n2} k_{n6}) + \frac{dx_{\text{eux}}(t)}{dt} k_{n6}, \end{aligned} \quad (2.45)$$

при початкових умовах:

$$\frac{d^4 x_{\text{eux}}(0)}{dt^4} = \frac{d^3 x_{\text{eux}}(0)}{dt^3} = \frac{d^2 x_{\text{eux}}(0)}{dt^2} = \frac{dx_{\text{eux}}(0)}{dt} = x_{\text{eux}}(0) = 0.$$

Отримаємо передавальну функцію для підблоку “Підсумкове оцінювання” блоку “Навчально-виховний процес”.

Елемент структурної схеми блоку “Навчально-виховний процес” підблоку “Підсумкове оцінювання” вивчення навчальної дисципліни  $D_i$  представлений на рис. 2.31.

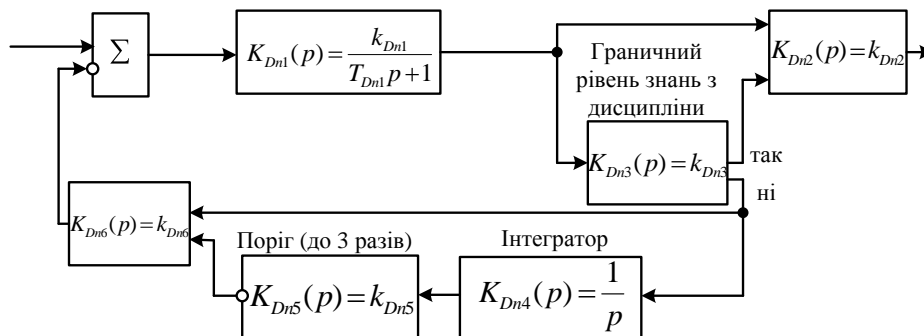


Рис. 2.31. Елемент структурної схеми підблоку “Підсумкове оцінювання” блоку “Навчально-виховний процес”

Таким чином, передавальна функція підблоку “Підсумкове оцінювання” буде мати наступний вигляд:

$$K_{\text{підс.оцін.}}(p) = \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p + 1} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p + 1} \cdot k_{Dn3}}{1 + k_{Dn6} \left( 1 + k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p + 1}} \right) \cdot k_{Dn2}. \quad (2.46)$$

Тоді диференційне рівняння підблоку “Підсумкове оцінювання” прийме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dx_{\text{ex}}^2(t)}{dt^2} k_{Dn1} k_{Dn2} (k_{Dn5} + k_{Dn6}) + \frac{dx_{\text{ex}}(t)}{dt} k_{Dn7} + x_{\text{ex}}(t) = \\ \frac{d^4 x_{\text{eux}}(t)}{dt^4} T_{Dn1} + \frac{d^3 x_{\text{eux}}(t)}{dt^3} (T_{Dn1} k_{Dn6} + 1) + \frac{d^2 x_{\text{eux}}(t)}{dt^2} T_{Dn1} k_{Dn6} + \frac{dx_{\text{eux}}(t)}{dt} k_{Dn6}, \end{aligned} \quad (2.47)$$

при початкових умовах:  $\frac{d^3 x_{\text{eux}}(0)}{dt^3} = \frac{d^2 x_{\text{eux}}(0)}{dt^2} = \frac{dx_{\text{eux}}(0)}{dt} = x_{\text{eux}}(0) = 0.$

Після проведення перетворення модуля в єдину підсистему з єдиною передавальною функцією, отримаємо структурну схему “Організація і проведення

НВП у ВНЗ”, яка складається з наступних елементів: “Вхід => Модуль 1 => ... => Модуль  $N$  => Підсумковий контроль => Формування бази даних => Аналіз навчання => Призначення на посаду => Блок зворотного зв’язку => Повна оцінка”.

Об’єднаємо елементи структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ” в окремий блок, а саме “Вхід => Модуль 1 => ... => Модуль  $N$  => Підсумковий контроль => Формування бази даних => Аналіз навчання => Призначення на посаду” в блок  $A$ . Для даного блоку загальна передавальна функція для кількості навчальних дисциплін  $M$  та  $N_q$  змістовних блоків  $q$ -ої навчальної дисципліни, враховуючи зв’язок з базою даних, буде мати вигляд:

$$K_{\text{блок}A}(p) = K_{D \min} \cdot \left( \sum_{i=1}^N \prod_{j=1}^M K_{\text{модуль}_j \text{ дисци}_i} K_{\text{підс_контр}_i} \right) K_{DB} \cdot K_{Zan} \cdot K_{pp}. \quad (2.48)$$

Диференційні рівняння для блоку  $A$  будуються на основі диференційних рівнянь для підблоку модулів та підблоку підсумкового оцінювання таким чином, що вхід  $i$ -го модуля – це вихід  $(i-1)$ -го модуля, а вихід  $i$ -го – вхід  $(i+1)$ -го модуля. Об’єднаємо елементи структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ” “блок  $A$  => Блок зворотного зв’язку” (позначимо його як “блок  $B$ ” => Повна оцінка). Для представлення структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ” методом простору станів спростимо блок “Робота за спеціальністю” структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ”, який здійснює оцінювання відповідності рівня підготовки випускника на місці первинного призначення вимогам замовника, і представимо на рис. 2.32.

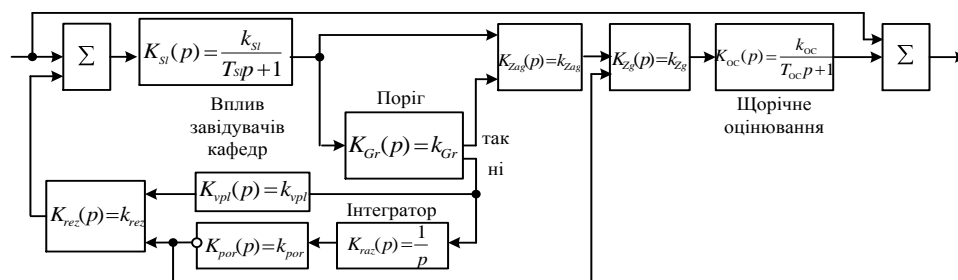


Рис. 2.32. Блок “Робота за спеціальністю” структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ”

Передавальна функція для даного блоку прийме наступний вигляд:

$$K_{\text{блок}B}(p) = \left( \left( \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot \frac{1}{1+k_{Gr} \left( k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \times \\ \times k_{Zg} \cdot \frac{k_{OC}}{T_{OC}p+1}.$$

Диференційне рівняння даного блоку буде мати наступний вигляд:

$$\frac{dx_{ex}^4(t)}{dt^4} \cdot T_{Sl} \cdot (k_{Sl} + k_{vpl}) + \frac{dx_{ex}^3(t)}{dt^3} \cdot (T_{Sl} \cdot k_{Gr} + k_{Sl}) + \frac{dx_{ex}^2(t)}{dt^2} \times \\ \times k_{Zg} \cdot (k_{rez} \cdot T_{Sl} \cdot k_{vpl} + 2k_{por}) \cdot k_{OC} + \\ + \frac{dx_{ex}(t)}{dt} \cdot k_{Zg} \cdot (k_{Gr} \cdot k_{vpl} + 1) + x_{ex}(t) \cdot k_{OC} \cdot k_{Zg} = \\ = \frac{d^6 x_{eux}(t)}{dt^6} \cdot (k_{rez} \cdot k_{por} \cdot T_{Sl} \cdot k_{Sl} + k_{Sl} \cdot T_{OC}) + \frac{d^5 x_{eux}(t)}{dt^5} \times \\ \times (2k_{Sl} \cdot k_{vpl} + k_{OC}) + \frac{d^4 x_{eux}(t)}{dt^4} \cdot T_{OC} \cdot (k_{Zg} \cdot k_{OC} \cdot k_{Gr} + k_{Sl}) + \\ + \frac{d^3 x_{eux}(t)}{dt^3} \cdot (k_{rez} \cdot T_{Sl} \cdot k_{Gr} + k_{Zg} \cdot T_{OC}) + \frac{d^2 x_{eux}(t)}{dt^2} \cdot (k_{por} \cdot k_{Zg} + T_{Sl}) + \\ + \frac{dx_{eux}(t)}{dt} \cdot (k_{vpl} \cdot k_{Gr} \cdot T_{Sl} \cdot k_{rez} + k_{OC} \cdot T_{OC} \cdot k_{rez} \cdot k_{Zg}),$$

при початкових умовах:

$$\frac{d^5 x_{eux}(0)}{dt^5} = \frac{d^4 x_{eux}(0)}{dt^4} = \frac{d^3 x_{eux}(0)}{dt^3} = \frac{d^2 x_{eux}(0)}{dt^2} = \frac{dx_{eux}(0)}{dt} = x_{eux}(0) = 0.$$

Таким чином, структура повністю описана і передавальну функцію структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ” можна представити в наступному вигляді:

$$K(p) = K_{\text{ВступнКамп}}(p) \cdot (1 + K_{\text{НВП}}(p)) \cdot k_{\text{РОС}}. \quad (2.49)$$

Підставивши передавальні функції блоку “Навчально-виховний процес” і блоку “Пройходження стажування/робота за спеціальністю”, отримаємо передавальну функцію зазначених блоків, яка буде мати наступний вигляд:

$$K(p) = \left( \sum_{q=1}^M \prod_{n=1}^i \left( \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2p+1}} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2p+1}} \cdot k_{Mn4}}{1 + k_{Mn7} \cdot \left(1 + k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p}\right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2p+1}}} \right) \cdot k_{Mn3} \right) \times \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1p+1}} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1p+1}} \cdot k_{Dn3}}{1 + k_{Dn6} \cdot \left(1 + k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p}\right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1p+1}}} \right) \right) \quad (2.50)$$

$$\times \left( \left( \frac{\frac{k_{Sl}}{T_{Slp+1}} + \frac{k_{Sl}}{T_{Slp+1}} \cdot \frac{1}{1 + k_{Gr} \cdot \left(k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p}\right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Slp+1}} \cdot k_{rez}}}{\cdot k_{Zg} + \frac{k_{Sl}}{T_{Slp+1}} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Slp+1}} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \times \left( \cdot k_{Zg} \cdot \frac{k_{OC}}{T_{OCp+1}} + 1 \right) \right) \times k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc}$$

Отже, математична модель структурної схеми “Організація і проведення НВП у ВНЗ”, яка з’єднує блок “Вступна кампанія” з блоком “Навчально-виховний процес” і блоком “Робота за спеціальністю”, прийме наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
K(p) = & \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}}{1+k_{PD2}\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}} + \frac{k_{PD1}(1+k_{PD4}+k_{PD5})}{T_{PD1}p+1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\
& \left( \sum_{q=1}^M \prod_{n=1}^i \left( \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} \cdot k_{Mn4}}{1+k_{Mn7}\left(1+k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p}\right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1}} \right) \cdot k_{Mn3} \cdot \right. \\
& \times \left. \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} \cdot k_{Dn3}}{1+k_{Dn6}\left(1+k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p}\right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1}} \right) \times \right. \\
& \times \left. \left( \left( \left( \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot \frac{l}{l+k_{Gr}\left(k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p}\right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \times \right. \\
& \times \left. \left. \left. \left. \left. \frac{k_{OC}}{T_{OC}p+1} + l \right) \right) \right) \right) \right) \times \\
& \times k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc},
\end{aligned} \tag{2.51}$$

де  $k_{PDn}, T_{PD1}$  – коефіцієнти ланок, що відповідають за наявність та відповідність документів при вступі;  $k_{Mn}, T_{Mn}$  – коефіцієнти ланок, які моделюють навчальний процес;  $k_{Dn}, T_{Dn}$  – коефіцієнти ланок, які моделюють підсумкове оцінювання в кінці кожного семестру;  $k_{Sl}, T_{Sl}, k_{Gr}, k_{vpl}, k_{por}, k_{zag}, k_{rez}$  – коефіцієнти ланок, що описують роботу за спеціальністю, її оцінювання індекси сумування і добутку. Індекси  $q, n$  визначають кількісну оцінку відповідності до дисципліни, навчальних модулів.

Таким чином, для кожного з побудованого блоку ми отримуємо загальну передавальну функцію по зображенню за Лапасом. При табличних перетвореннях на звичайну функцію ми отримаємо аналітичний розв’язок отриманого диференційного рівняння [43, 69]. У випадку необхідності отримання диференційного рівняння в явному вигляді необхідно провести

перетворення, а саме перемножити обидві частини рівності  $K_{\text{сис}}(p) = x_{\text{вих}}/x_{\text{вхід}}$  на вираз  $x_{\text{вхід}}/K_{\text{сис}}(p)$  і перейти від многочленів від  $p$  до похідних від невідомої функції [43].

Таким чином, розроблена узагальнена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ дозволяє:

1) описати організацію і проведення кожного структурного елементу складової системи НВП у ВНЗ;

2) здійснити аналіз відповідності параметрів (за перехідними характеристиками), що характеризують якість кожного структурного елементу складової системи організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом порівняння еталонних параметрів з отриманими в результаті моделювання;

3) сформулювати управлінські впливи (змінити параметри динамічних ланок схеми в змінних стану організації і проведення НВП у ВНЗ в відповідності до вибраних альтернатив) щодо здійснення коригування організації і проведення НВП у ВНЗ на ту частину складової системи, яка потребує для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

### **2.2.5. Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ**

Необхідною умовою для використання системи в реальних задачах є доведення її адекватності, що здійснюється за допомогою введення міри близькості моделі з оригіналом, реальним процесом, що виражається у відхиленні реальних статистичних даних від показників, отриманих на виході із системи при моделюванні. Для перевірки адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ здійснюється експеримент, метою якого є перевірка відповідності змодельованого перехідного процесу системи з реальним до і після проведення коригування показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

Перевірка адекватності моделі здійснюється в два етапи: 1) ідентифікація параметрів моделі з використанням методу найменших квадратів та статистичний аналіз відхилень від реальних даних; 2) перевірка адекватного реагування моделі на зміну показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Опишемо механізм визначення параметрів моделі. Перехідний процес системи можна описати як функцію від параметрів. Позначимо вектор параметрів системи як  $\bar{K}_{par}$ , а вектор середніх оцінок успішності групи студентів у ВНЗ –  $\bar{S} = (\bar{S}_1, \dots, \bar{S}_m) \in R^m$ , що є вхідною статистичною інформацією. Цей вектор формується як поточними, так і підсумковими оцінками групи студентів у ВНЗ. Сформулюємо функцію методу найменших квадратів:

$$A = \sum_{i=1}^m (\bar{S}_i - P(\bar{K}_{par}, t_i))^2 \rightarrow \min_{\bar{K}_{par}} \quad (2.52)$$

де  $P(\bar{K}_{par}, t_i)$  – функція, що відображає перехідний процес у точках контролю  $t_i, i = \overline{1, n}$ . Вектор параметрів  $\bar{K}_{par}$  шукається із умови екстремуму функції:

$$\frac{\partial A}{\partial \bar{K}_{par_i}} = 0. \quad (2.53)$$

Це рівносильне системі алгебраїчних рівнянь:

$$\sum_{i=1}^m 2(\bar{S}_i - P(\bar{K}_{par}, t_i)) \cdot \frac{\partial P(\bar{K}_{par}, t_i)}{\partial \bar{K}_{par}} = 0, \quad (2.54)$$

з якої можна знайти  $\bar{K}_{par}$  чисельними методами.

Зауважимо, що метод найменших квадратів, використаний для знаходження параметрів, дає оптимальні (еталонні) оцінки параметрів моделі, тобто такі, що поліпшити їх при даній структурі системи неможливо [6].

Для ідентифікації параметрів моделі була використана інформація про успішність студентів кафедри системного аналізу і теорії прийняття рішень факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка при вивченні навчальної дисципліни «Диференціальні рівняння» що вивчалась контрольними навчальними групами студентів протягом одного

навчального періоду зі 96 навчальними годинами (1 навчальна година = 45 хв.) і складалась з трьох змістовних модулів і блоком підсумкового контролю без формування управлінських впливів та після проведеного коригування на організацію і проведення НВП у ВНЗ в наступних контрольних точках:  $t_1=20$  (перше опитування);  $t_2=30$  (завершення першого змістовного модуля);  $t_3=60$  (завершення другого змістовного модуля);  $t_4=90$  (завершення третього змістовного модуля);  $t_5=96$  (завершення семестру). За період II семестру 2014/2015 навчального року контрольні навчальні групи студентів мали середні оцінки, які представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Середні оцінки контрольних навчальних груп студентів за період  
II семестру 2014/2015 навчального року

Точки / Значення	Статистичні дані
Контрольна т. 1	0.25
Контрольна т. 2	0.45
Контрольна т. 3	0.7
Контрольна т. 4	0.71
Контрольна т. 5	0.74

За допомогою чисельних методів, розв'язавши рівняння (2.54), отримаємо наступні оцінки параметрів динамічних ланок системи:

$$\begin{array}{llll}
 k_{n_{11}} = 0.9234 & k_{n_{21}} = 0.8426 & k_{n_{31}} = 0.8426 & k_{D_{11}} = 0.9835 \\
 k_{n_{12}} = 1.0 & k_{n_{22}} = 0.9783 & k_{n_{32}} = 0.9783 & T_{D_{11}} = 0.8325 \\
 T_{n_{12}} = 0.8992 & T_{n_{22}} = 0.8647 & T_{n_{32}} = 0.9647 & k_{D_{12}} = 0.9153 \\
 k_{n_{13}} = 0.8566 & k_{n_{23}} = 0.8396 & k_{n_{33}} = 0.8396 & k_{D_{15}} = 0.9257 \\
 k_{n_{14}} = 0.9176 & k_{n_{24}} = 0.8256 & k_{n_{34}} = 0.8256 & k_{D_{16}} = 0.9061 \\
 k_{n_{16}} = 0.9932 & k_{n_{26}} = 0.9321 & k_{n_{36}} = 0.9321 & k_{D_{17}} = 0.8824 \\
 k_{n_{17}} = 0.8845 & k_{n_{27}} = 0.8612 & k_{n_{37}} = 0.8612 & 
 \end{array}$$

На цьому перший етап перевірки адекватності моделі завершено. Внаслідок виконання зазначеного етапу ми отримали параметри перехідного процесу математичної моделі, які відповідають реальним статистичним даним при вивченні студентами навчальної дисципліни. Перейдемо до другого етапу – перевірки адекватного реагування математичної моделі на зміну показників впливу на ЯО ВНЗ при формуванні управлінських впливів, направлених на поліпшення організації і проведення НВП у ВНЗ. Для виконання другого етапу проведено натурний експеримент. При цьому вхідними даними є: статистична інформація, отримана за результатами вивчення навчальної дисципліни «Диференційні рівняння». Для забезпечення адекватності проведених експериментів розглянута статистична інформація, що отримана при вивченні цієї навчальної дисципліни для трьох груп студентів (загальна кількість студентів становила 67 осіб) протягом одного навчального періоду. При цьому, початкові середні показники успішності студентів в початкових групах відрізнялися не більше, як на 5%. Отже, за емпіричними статистичними законами, даний рівень різниці у підготовці можна вважати таким, що не впливає на суть експерименту. При проведенні експерименту були розглянуті наступні можливі ситуації із прогнозованим погіршенням вибірових показників впливу на ЯО ВНЗ, а саме:  $A_{22}$ ={організація поточного контролю знань} (кількість контролюючих заходів);  $A_{23}$ ={відвідуваність занять студентом};  $A_{24}$ ={наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість};  $A_{27}$ ={мотивація студента} (кількість заохочень). Мета дослідження полягає у визначенні реакції побудованої математичної моделі при зміні показників впливу на ЯО ВНЗ, значною мірою варіюючи встановлені раніше фактори впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ. Для підтвердження адекватності моделі за допомогою методу імпульсного впливу на систему, було проведено сім імітаційних моделювань. Окрема увага була приділена процесам запізнення, що спостерігалися в математичній моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ. Під час проведення експерименту були розглянуті та змодельовані наступні імпульсні впливи на математичну модель, а саме: значне

зниження відвідуваності занять групою студентів за рахунок збільшення святкових днів, військової кафедри і т.ін; відсутність заходів мотивації; відсутність необхідного навчально-методичного матеріалу з дисципліни, що вивчається; композиція впливів двох показників, що негативно впливають на ЯО ВНЗ (відсутності навчально-методичних матеріалів та заходів мотивації); композиція впливів двох показників, що негативно впливають на ЯО ВНЗ (відсутності навчально-методичних матеріалів та відвідуваності навчальних занять студентами); порівняльне моделювання впливів двох показників, що позитивно впливають на ЯО ВНЗ (збільшення контрольних заходів та мотивації); порівняльне моделювання впливів двох показників, що позитивно впливають на ЯО ВНЗ (поліпшення навчально-методичної бази та відвідуваності занять студентами). Таким чином, проведене дослідження підтвердило адекватність розробленої математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

### 2.3. Висновки

У результаті проведення експертного оцінювання методом аналізу ієрархій на підставі аналізу нормативно-правової бази і інформації, яка отримується в результаті діяльності ВНЗ, було здійснено обґрунтування показників, що впливають на якість освіти ВНЗ. При цьому зазначені показники поділені у відповідності до організації і проведення НВП у ВНЗ на три блоки: Блок 1 – показники впливу на організацію і проведення вступної кампанії ( $A_{11} - A_{15}$ ):  $A_{11} = \{\text{вимоги до наявності і відповідності документів}\}$ ;  $A_{12} = \{\text{вимоги до кількості балів в сертифікаті Українського центру оцінювання ЯО}\}$ ;  $A_{13} = \{\text{вимоги до кількості балів для участі у конкурсі}\}$ ;  $A_{14} = \{\text{вимоги до результатів медичного огляду – (наприклад довідка форми 086У)}\}$ ;  $A_{15} = \{\text{наявність пільгових привілеїв в правилах прийому}\}$ ; Блок 2 – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ ( $A_{16} - A_{23}$ ):  $A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$ ;  $A_{17} = \{\text{рівень підготовки викладачів}\}$ ;  $A_{18} = \{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$ ;  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних}$

посібників (в т.ч. в електронному вигляді) з навчальних дисциплін, їх якість};  
 $A_{20}$  = {контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять};  
 $A_{21}$  = {наявність і обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій};  
 $A_{22}$  = {організація поточного контролю знань};  $A_{23}$  = {організованість, дисциплінованість, мотивація і сумлінне ставлення до навчання студента}; Блок 3 – проходження стажування / робота за спеціальністю ( $A_{24}$ – $A_{28}$ ):  $A_{24}$  = {професійні якості};  
 $A_{25}$  = {ділові якості};  $A_{26}$  = {особистісні якості};  $A_{27}$  = {рівень дисциплінованості};  
 $A_{28}$  = {морально-етичні якості}.

Вперше запропонована математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ в змінних стану, сутність якої полягає в представленні НВП у ВНЗ з'єднаних між собою блоків математичної моделі за допомогою динамічних ланок з відповідними передавальними функціями і параметрами. Вона відрізняється від існуючих тим, що математична модель представлена з застосуванням методу простору станів. Використання математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ дозволяє: описати організацію і проведення кожного структурного елемента складової системи НВП у ВНЗ; здійснити аналіз відповідності параметрів (за перехідними характеристиками), що характеризують якість кожного структурного елемента складової системи організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом порівняння еталонних параметрів з отриманими в результаті моделювання; сформулювати управлінські впливи (змінити параметри динамічних ланок схеми в змінних стану організації і проведення НВП у ВНЗ в відповідності до вибраних альтернатив) щодо здійснення коригування організації і проведення НВП у ВНЗ на ту частину складової системи, яка потребує для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Перевірка адекватності математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ здійснена шляхом проведення експерименту, метою якого була перевірка відповідності змодельованого перехідного процесу системи з реальним до і після проведення коригування показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Проведене дослідження підтвердило адекватність розробленої математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Керівник ВНЗ будь-якого рівня усвідомлює, що отримана оцінка рівня ЯО ВНЗ суттєво залежить від обсягу та достовірності інформації про об'єкт управління, а процеси, в ході яких формуються управлінські впливи, не можуть існувати у відриві від відповідної математичної моделі. Головними складовими цього процесу є, з одного боку, одержання достовірної й актуальної інформації керівником ВНЗ, а з іншого – передача її керівникам нижчих ланок. Сьогодні можна сміливо стверджувати, що системи управління, засновані на використанні інформаційних технологій, дозволяють забезпечити оперативний доступ до необхідної інформації, систематизувати дані в базі даних, організувати на їх основі будь-які звіти, сформувати дієві та адекватні управлінські впливи для формування адекватних управлінських впливів для коригування НВП у ВНЗ.

Даний розділ присвячений розробці методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ і методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ за допомогою інформаційних технологій для формування управлінських впливів з метою коригування організації і проведення НВП для досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

#### **3.1. Розробка методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ**

Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє здійснити оцінювання відповідності результатів, отриманих за допомогою математичного моделювання, до очікуваних. Розроблений метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ є своєрідним “індикатором”, який сигналізує про відповідність організації і проведення НВП у ВНЗ

еталонному/заданому. При цьому розроблений метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ є складовою частиною методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Сутність методу оцінювання якості організації і  $S_{\text{ср}}$  проведення НВП у ВНЗ полягає в оцінюванні отриманих результатів шляхом порівняння реальних кількісних показників зі значеннями, що належать до еталонних функцій приналежності і складається з наступних етапів: 1. Побудова еталонних функцій приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ. Визначення коефіцієнтів та їх ваги для кожного еталонного показника. 2. Обґрунтування і визначення інтегральних еталонних показників якості засвоєння навчального матеріалу  $S_{\text{ет.засв.}}$  для рівнів, що відповідають значенням лінгвістичних термів: “відмінно”, “добре”, “задовільно” та “незадовільно”. 3. Порівняння реальних отриманих показників якості засвоєння блоку навчального матеріалу з відповідними еталонними значеннями. Визначається реальним інтегральним показником якості засвоєння навчального матеріалу для навчального підрозділу в порівнянні з відповідним еталонним.

### **3.1.1. Побудова еталонних функцій приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ. Визначення коефіцієнтів та їх ваги для кожного еталонного показника**

Оскільки на первинному етапі необхідно отримати еталонні значення показників впливу на ЯО ВНЗ, а інформація про них є нечіткою, то для формалізації нечіткого опису цих показників застосуємо лінгвістичний підхід теорії нечітких множин [24]. Застосування зазначеного підходу дозволяє: використовувати для опису показників впливу на ЯО ВНЗ наближені, суб'єктивні оцінки експертів, які виражені за допомогою нечітких понять, відносин і висловів; формалізувати нечіткий опис показників впливу на ЯО ВНЗ за допомогою нечітких множин, лінгвістичних змінних та нечітких свідчень; оперувати отриманими формалізованими даними за допомогою апарату нечітких множин; представляти отримані дані як у вигляді нечіткого

опису, так і у вигляді чітких рекомендацій. Вибір функцій приналежності для показників ЯО ВНЗ здійснюється методом експертних оцінок [115]. При цьому сучасні дослідження в сфері організації і проведення НВП здійснюють аналітичний опис цього процесу в вигляді кусково-лінійних функцій приналежності трапецієподібної форми [24]. Для побудови функції приналежності  $f(x; a, b, c, d)$  у вигляді трапеції використаємо наступні формули (3.1, 3.2):

$$f(x; a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \frac{d-x}{d-c}, c \leq x \leq d \\ 0, d \leq x. \end{array} \right\}, a < b < c < d \quad (3.1)$$

де  $a, b, c$  – певні числові параметри, що можуть приймати довільні значення (різні значення для різних функцій приналежності) та впорядковані за зростанням. Параметри  $a$  і  $d$  характеризують нижню основу трапеції, параметри  $b$  і  $c$  – верхню. Для отримання параметрів  $a, b, c, d$  підставляємо по черзі значення елементів даного вектору, що характеризує значення шуканого показника впливу на ЯО ВНЗ, у вектор  $f = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ .:

$$\begin{cases} u_i = \frac{x - a_i}{b_i - a_i}, a_i \leq x < b_i, \\ u_i = 1, x \geq b_i, \end{cases} \quad i = \overline{1, n} \quad (3.2)$$

Розв'язком цієї системи рівнянь будуть значення параметрів  $a, b, c, d$ , за значеннями яких будується функція приналежності у вигляді трапеції. Оскільки при нульовій значимості показників впливу на ЯО ВНЗ значення функції приналежності дорівнює 0, то параметр  $a$  дорівнює 0. Крім того, при досягненні певного рівня значимості якість НВП не знижується і не підвищується при подальшому зростанні показника, тобто параметр  $c=d=1$ . Таким чином, аргументи всіх таблично фіксованих даних про функцію приналежності знаходяться між параметрами  $a$  і  $b$ . Отримані функції

приналежності використовуються для завдання таких властивостей множин, які характеризують невизначеність типу “знаходиться в інтервалі” між: “відмінно і добре”; “добре і задовільно”; “задовільно і незадовільно” для надання якісної оцінки значень показників впливу на ЯО ВНЗ за допомогою використання лінгвістичних термів [24]. В свою чергу кожний показник впливу на ЯО ВНЗ  $A_i$  складається з композиції множини коефіцієнтів  $\{u_{A_{i_1}}, u_{A_{i_2}} \dots u_{A_{i_m}}\}$  на числовий коефіцієнт  $i_k$  показника  $A_i$ , що в цілому становить його кількісне значення (3.3). Добуток всіх еталонних коефіцієнтів кожного показника впливу на ЯО ВНЗ дорівнює одиниці.

$$A(u) = \prod_{k=1}^m u_{A_{i_k}} \times i_k . \quad (3.3)$$

Визначення коефіцієнтів та міру оцінювання для кожного еталонного показника впливу на ЯО ВНЗ проведено за допомогою експертного оцінювання [115]. Результати проведеного експертного оцінювання із визначення коефіцієнтів показників впливу на досягнення рівня ЯО ВНЗ представлені в Додатку А. Побудуємо еталонні функції приналежності для показників впливу на ЯО ВНЗ для блоку “Навчально-виховний процес”.

Блок 2 – показники впливу на організацію і проведення НВП у ВНЗ ( $A_{16}$  –  $A_{23}$ ):  $A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$ ;  $A_{17} = \{\text{рівень підготовки викладачів}\}$ ;  $A_{18} = \{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$ ;  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників (в т.ч. в електронному вигляді) з навчальних дисциплін, їх якість}\}$ ;  $A_{20} = \{\text{контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять}\}$ ;  $A_{21} = \{\text{наявність і обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій}\}$ ;  $A_{22} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$ ;  $A_{23} = \{\text{організованість, дисциплінованість, мотивація і сумлінне ставлення до навчання студента}\}$ ;

I. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$ ;  $i_{16} = 0,345$ . Для надання якісної

оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{21}$

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,345
ДОБРЕ	0,25875
ЗАДОВІЛЬНО	0,1725
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,08625

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,08625. Використовуючи формулу (3.2) отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0, c = d, \\ y_1 = \frac{0.08625 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0.1725 - a}{b - a}, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.25875 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.345 - a}{b - a}. \end{array} \right. \quad (3.4)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння отримаємо  $b=0,345$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \frac{0.08625}{0.345} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.1725}{0.345} = 0.5, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.25875}{0.345} = 0.75. \end{array} \right. \quad (3.5)$$

За відповідними даними будуюмо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,345$ ;  $c=d$  та точками  $(0,08625;0,25)$ ,  $(0,1725; 0,5)$ ,  $(0,25875;0,75)$ , який представлено на рис. 3.1.

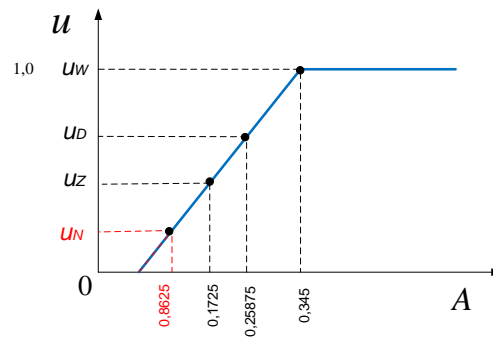


Рис. 3.1. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{16}$

Проміжки від 0 до  $u$  в усіх нижченаведених функціях мають наступні значення:  $[0; u_N]$  – оцінка «незадовільно»,  $[u_N; u_Z]$  – оцінка «задовільно»,  $[u_Z; u_D]$  – оцінка «добре»,  $[u_D; u_W]$  – оцінка «відмінно».

II. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{17} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$ ;  $i_{17\text{еталон}} = 0,181$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{17}$

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,181
ДОБРЕ	0,13575
ЗАДОВІЛЬНО	0,0905
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,04525

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,04525. Використовуючи формулу (3.2), отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a=0, c=d, \\ y_1 = \frac{0.04525-a}{b-a}, \\ y_2 = \frac{0.0905-a}{b-a}, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.13575-a}{b-a}, \\ 1 = \frac{0.181-a}{b-a}. \end{array} \right. \quad (3.6)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,181$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \frac{0.04525}{0.181} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.0905}{0.181} = 0.5, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.13575}{0.181} = 0.75. \end{array} \right. \quad (3.7)$$

За відповідними даними будуюмо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,181$ ;  $c=d$  та точками  $(0,04525;0,25)$ ,  $(0,0905; 0,5)$ ,  $(0,13575;0,75)$ , який представлено на рис. 3.2.

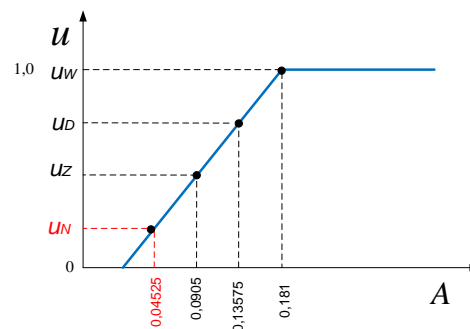


Рис. 3.2. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{22}$

III. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{18}=\{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$ ;  $i_{18\text{еталон}}=0,166$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{18}$ 

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,166
ДОБРЕ	0,1245
ЗАДОВІЛЬНО	0,083
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,0415

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,0415. Використовуючи формулу (3.2) отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0, c = d, \\ y_1 = \frac{0.0415 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0.083 - a}{b - a}, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.1245 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.166 - a}{b - a}. \end{array} \right. \quad (3.8)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,166$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \frac{0.0415}{0.166} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.083}{0.166} = 0.5, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.1245}{0.166} = 0.75. \end{array} \right. \quad (3.9)$$

За відповідними даними будуємо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,166$ ;  $c=d$  та точками  $(0,0415;0,25)$ ,  $(0,083; 0,5)$ ,  $(0,1245;0,75)$ , який представлено на рис. 3.3.

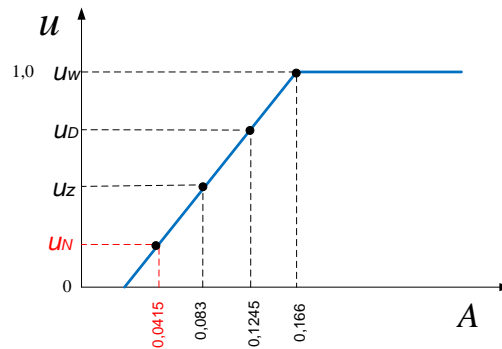


Рис. 3.3. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{18}$

IV.  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників (в т.ч. в електронному вигляді) з навчальних дисциплін, їх якість}\}$ ;  $i_{19\text{еталон}} = 0,118$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{24}$

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,118
ДОБРЕ	0,0885
ЗАДОВІЛЬНО	0,059
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,0295

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,0295. Використовуючи формулу (3.2), отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0, c = d, \\ y_1 = \frac{0,0295 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0,059 - a}{b - a}, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0,0885 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0,118 - a}{b - a}. \end{array} \right. \quad (3.10)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,118$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\begin{cases} y_1 = \frac{0.0295}{0.118} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.059}{0.118} = 0.5, \\ y_3 = \frac{0.0885}{0.118} = 0.75. \end{cases} \quad (3.11)$$

За відповідними даними будуюмо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,118$ ;  $c=d$  та точками  $(0,0295;0,25)$ ,  $(0,059;0,5)$ ,  $(0,0885;0,75)$ , який представлено на рис. 3.4.

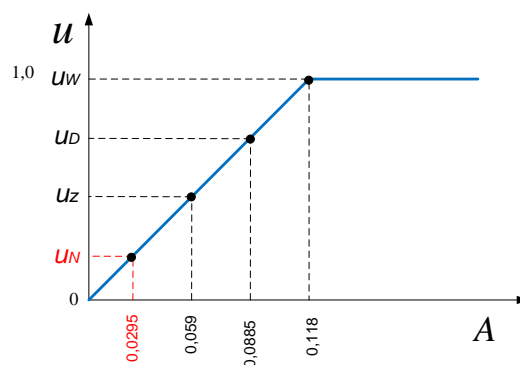


Рис. 3.4. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{19}$

V. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{20}=\{\text{контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять}\}$ ;  $i_{20\text{еталон}}=0,047$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{20}$

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,047
ДОБРЕ	0,0325
ЗАДОВІЛЬНО	0,0235
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,01175

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,01175. Використовуючи формулу (3.2) отримаємо систему:

$$\begin{cases} a=0, c=d, \\ y_1 = \frac{0.01175 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0.0235 - a}{b - a}, \end{cases} \begin{cases} y_3 = \frac{0.03525 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.047 - a}{b - a}. \end{cases} \quad (3.12)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0.047$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\begin{cases} y_1 = \frac{0.01175}{0.047} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.0235}{0.047} = 0.5, \end{cases} \begin{cases} y_3 = \frac{0.03525}{0.047} = 0.75. \end{cases} \quad (3.13)$$

За відповідними даними будемо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,047$ ;  $c=d$  та точками  $(0,01175;0,25)$ ,  $(0,0235;0,5)$ ,  $(0,03525;0,75)$ , який представлено на рис. 3.5.

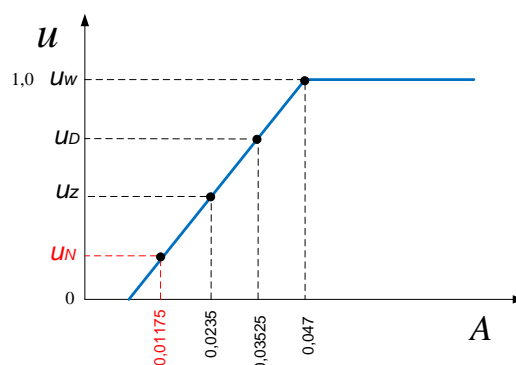


Рис. 3.5. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{25}$

VI. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{21}=\{\text{наявність і обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій}\}$ ;  $i_{21\text{еталон}} = 0,046$ . Для надання якісної оцінки значення показника за

допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Значення лінгвістичних термів для показника $A_{21}$	
Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,046
ДОБРЕ	0,0345
ЗАДОВІЛЬНО	0,023
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,0115

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,0115. Використовуючи формулу (3.2), отримаємо систему:

$$\begin{cases} a = 0, c = d, \\ y_1 = \frac{0.0115 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0.023 - a}{b - a}, \end{cases} \begin{cases} y_1 = \frac{0.0345 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.046 - a}{b - a}. \end{cases} \quad (3.14)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,046$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\begin{cases} y_1 = \frac{0.0115}{0.046} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.023}{0.046} = 0.5, \end{cases} \begin{cases} y_3 = \frac{0.0345}{0.046} = 0.75. \end{cases} \quad (3.15)$$

За відповідними даними будуюмо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,046$ ;  $c=d$  та точками  $(0,0115;0,25)$ ,  $(0,023;0,5)$ ,  $(0,0345;0,75)$ , який представлено на рис. 3.6.

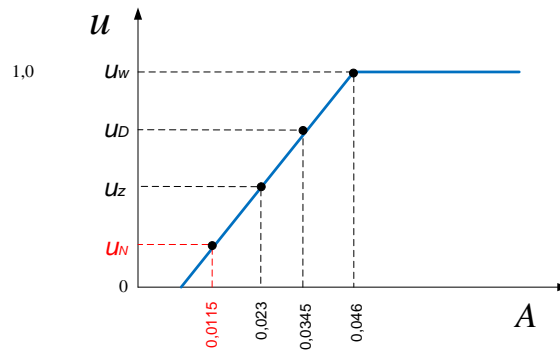


Рис. 3.6. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{26}$

VII. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{22}=\{\text{організація поточного контролю знань}\}$ ;  $i_{22\text{еталон}}=0,053$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{22}$

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,053
ДОБРЕ	0,03975
ЗАДОВІЛЬНО	0,0265
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,01325

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,01325. Використовуючи формулу (3.2) отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0, c = d, \\ y_i = \frac{0.01325 - a}{b - a}, \\ y_i = \frac{0.0265 - a}{b - a}, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_i = \frac{0.03975 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.053 - a}{b - a}. \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,053$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\begin{cases} y_1 = \frac{0.01325}{0.053} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.0265}{0.053} = 0.5, \\ y_3 = \frac{0.03975}{0.053} = 0.75. \end{cases} \quad (3.17)$$

За відповідними даними будемо графік еталонної функції приналежності у формі трапеції з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,053$ ;  $c=d$  та точками  $(0,01325;0,25)$ ,  $(0,0265;0,5)$ ,  $(0,03975;0,75)$ , який представлено на рис. 3.7.

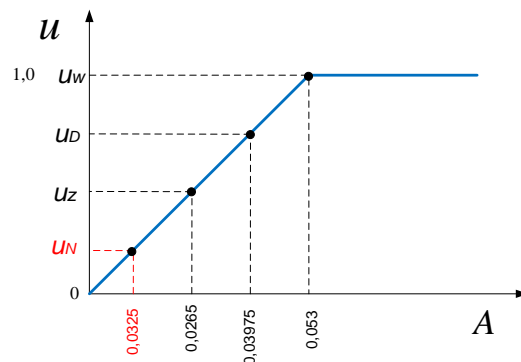


Рис. 3.7. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{22}$

VIII. Побудова еталонної функції приналежності для показника  $A_{23}=\{\text{організованість, дисциплінованість, мотивація і сумлінне ставлення до навчання студента}\}$ ;  $i_{23\text{еталон}}=0,046$ . Для надання якісної оцінки значення показника за допомогою використання лінгвістичних термів було проведено експертне оцінювання в результаті чого отримані результати, що представлені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Значення лінгвістичних термів для показника  $A_{23}$ 

Найменування терму	Кількісний показник
ВІДМІННО	0,046
ДОБРЕ	0,0345
ЗАДОВІЛЬНО	0,023
НЕЗАДОВІЛЬНО	0,0115

При цьому критичний рівень відповідає терму “незадовільно” зі значенням 0,0115. Використовуючи формулу (3.2), отримаємо систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0, c = d, \\ y_1 = \frac{0.0115 - a}{b - a}, \\ y_2 = \frac{0.023 - a}{b - a}, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_1 = \frac{0.0345 - a}{b - a}, \\ 1 = \frac{0.046 - a}{b - a}. \end{array} \right. \quad (3.18)$$

Оскільки  $a=0$ , з останнього рівняння маємо  $b=0,046$ . Послідовно підставляючи  $b$  у перші рівняння системи, маємо наступні значення  $y_i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \frac{0.0115}{0.046} = 0.25, \\ y_2 = \frac{0.023}{0.046} = 0.5, \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} y_3 = \frac{0.0345}{0.046} = 0.75. \end{array} \right. \quad (3.19)$$

За відповідними даними будемо графік еталонної функції приналежності з параметрами  $a=0$ ;  $b=0,046$ ;  $c=d$  та точками  $(0,0115;0,25)$ ,  $(0,023;0,5)$ ,  $(0,0345;0,75)$ , який представлено на рис. 3.8.

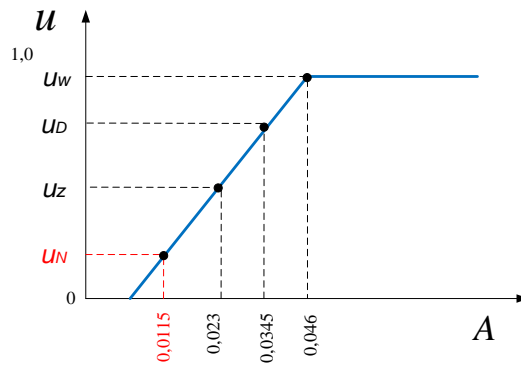


Рис. 3.8. Еталонна функція приналежності для показника  $A_{23}$

Таким чином, побудовані еталонні функції приналежності показників впливу на ЯО ВНЗ дозволяють здійснити оцінювання відповідності реальних значень показників з еталонними та в подальшому сформувані адекватні управлінські впливи на коригування організації і проведення НВП у ВНЗ для досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

### 3.1.2. Визначення інтегральних еталонних показників якості засвоєння навчального матеріалу

Оцінювання якості перехідного процесу в САУ використовується за допомогою лінійної інтегральної оцінки якості. Інтегральні оцінки якості є інтегралами по часу від деяких перехідних функцій. Метою використання зазначеної оцінки є отримання загальної оцінки та відхилення регульованої величини від потрібного значення [27, 51].

Для визначення інтегральних еталонних показників якості засвоєння начального матеріалу  $S_{\text{ет.засв.}}$  для рівнів, що відповідають значенням лінгвістичних термів: “відмінно”, “добре”, “задовільно” та “незадовільно” здійснюється перехід від чисельних показників навчання з останнього, найнижчого рівня декомпозиції показників впливу на ЯО ВНЗ до параметрів динамічних ланок, що утворюють відповідну групу параметрів, що

характеризують перехідний процес опису функціонування математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

Кожен із параметрів блоку  $k_{ij}$  або  $T_{ij}$  задається функцією  $f(A_{11} \div A_{28})$ , причому дані показники  $A_{ij}$ , відповідно, залежать від: складових показника критеріїв  $u_{ij}$ ; оцінок за конкретний вид навчального заняття (практичне заняття, семінар і т.ін.); відвідуваність занять; дисциплінарного впливу та інших складових критеріїв показників впливу на ЯО ВНЗ з відповідними

$$\text{ваговими коефіцієнтами } v_{ij}: A_i = \sum_{j=1}^{N_i} u_{ij} v_{ij} .$$

Оскільки для кожного з лінгвістичних термів ми маємо задані значення показників впливу на ЯО ВНЗ, даним лінгвістичним термам будуть відповідати конкретні значення параметрів динамічних ланок блоків математичної моделі. Перехідний процес опису функціонування математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, для досліджуваних блоків задається інтегрованою функцією  $f(t)$ , при цьому площа підграфіку розраховується за

$$\text{формулою } S = \int_0^T g(t) dt , \text{ де } T - \text{кількість навчальних годин для даного блоку.}$$

Площа підграфіку перехідного процесу групи динамічних ланок з параметрами для відповідного лінгвістичного терму є відносним показником якості засвоєння даного блоку математичної моделі, що відповідає значенню лінгвістичних термів “відмінно”, “добре” та “задовільно”.

Побудовані графіки перехідного процесу при вивченні навчальної дисципліни, яка складається з чотирьох змістовних модулів, кожен з яких має 30 навчальних годин, для відповідних лінгвістичних термів (зелений (верхній) – “відмінно”, синій (середній)– “добре”, червоний (нижній) – “задовільно”) представлено на рис. 3.9.

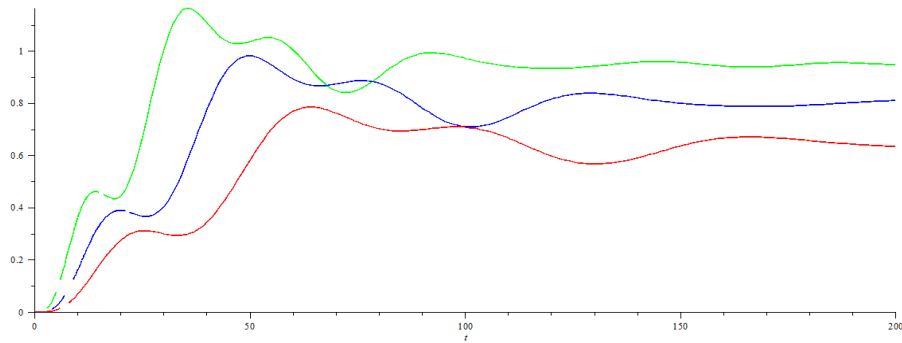


Рис. 3.9. Графіки перехідних процесів при вивченні навчальної дисципліни

Оскільки дані перехідні процеси задаються аналітичними функціями, для обчислення площі використовується наведена вище формула 
$$S = \int_0^T f(t)dt.$$

Абсолютні та відносні значення площ даних графіків (максимальне значення площі “відмінно” приймаємо за одиницю) знаходяться в інтервалах: “ $S_{\text{відмінно}}$ ” – 92,837, даний показник площі відповідає лінгвістичному терму “відмінно”; “ $S_{\text{добре}}$ ” – 75,442, даний показник площі відповідає лінгвістичному терму “добре”; “ $S_{\text{задов}}$ ” –  $60,146 \div 0,6479$ , оскільки  $0,75 \geq 0,6479 \geq 0,6$ , даний показник площі відповідає зазначеному лінгвістичному терму “задовільно”.

У випадку, якщо значення площі, яка визначає якість засвоєння навчального матеріалу студентом, є меншою за  $S_{\text{задов}}$ , то показники даного студента не враховуються на наступному етапі методу (вважається, що студент взагалі не засвоїв відповідний навчальний модуль).

### **3.1.3. Порівняння реальних отриманих інтегральних показників якості засвоєння навчального матеріалу з відповідними еталонними значеннями**

Даний етап необхідний для отримання інформації про відповідність отриманих реальних показників еталонним. Визначається реальним інтегральним показником якості засвоєння блоку навчального матеріалу  $S_{\text{ср}}$

для обраного навчального підрозділу в порівнянні з відповідним еталонним. Процес знаходження  $S_{\text{ср}}$  визначається за формулою :

$$S_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n S_i / N_{\text{ост}},$$

де  $S_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) – інтегральний показник якості засвоєння блоку навчального матеріалу  $i$ -го студента обраного навчального підрозділу,  $N_{\text{ост}}$  – кількість студентів в навчальній групі, яка засвоїла блок навчального матеріалу на рівні не нижче заданого. При цьому повинна виконуватись умова  $S_{\text{ет.засв.}} \leq S_{\text{ср}}$ , інакше – можливе ініціювання проведення коригування НВП у ВНЗ.

Оскільки параметри  $k_{ij}$  або  $T_{ij}$  блоку математичної моделі задаються функцією  $f(A_{11} \dots A_{28})$ , то проаналізувавши відповідні реальні показники навчання певного студента (групи студентів), ми перетворюємо (за допомогою заданих експертами еталонних функцій приналежності) кількісні показники в параметри динамічних ланок математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ відповідного досліджуваного блоку даної математичної моделі. Після аналізу перехідного процесу, утвореного даною групою динамічних ланок, визначається рівень засвоєння навчального матеріалу в досліджуваному блоці математичної моделі, який відповідає одному з заданих вище лінгвістичних термів в разі досягнення інтегрального показника підграфіку перехідного процесу відповідних значень площ  $S_{\text{відм}}$ ,  $S_{\text{добр}}$ ,  $S_{\text{задов}}$ .

Таким чином, використання методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ дозволяє знайти кількісне співвідношення значення параметрів еталонних і реальних. Розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ і метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ є складовими при розробці методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ.

### **3.2. Методика оцінювання рівня ЯО ВНЗ за допомогою системного аналізу інформаційних технологій**

Прийняття адекватного рішення за мінімальний час потребує ефективної організації безперервного контролю показників, що впливають на ЯО ВНЗ. Ефективність організації безперервного контролю показників полягає в наданні точних даних керівнику про стан організації і проведення НВП у ВНЗ і оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Дана оцінка необхідна для надання керівнику альтернативи щодо формування управлінських впливів на ту частину НВП у ВНЗ, яка потребує коригування для досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого. Сутність методики полягає у використанні і узгодженні розробленої математичної моделі і методу для формування управлінських впливів з метою коригування організації і проведення НВП для досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

Методика оцінювання рівня ЯО ВНЗ складається з двох етапів.

**I етап – ПІДГОТОВЧИЙ, складається з наступних пунктів:**

1. Побудова функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.
  - 1.1. Аналіз існуючого процесу організації і проведення НВП у ВНЗ. Обґрунтування вибору показників, що впливають на ЯО ВНЗ.
  - 1.2. Побудова функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ.
2. Побудова математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ з еталонними параметрами динамічних ланок.
  - 2.1. Обґрунтування типів динамічних ланок, що описують кожний елемент функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ і їх еталонних параметрів.
  - 2.2. Еквівалентне перетворення функціональної схеми організації і проведення НВП у ВНЗ в структурну схему. Побудова структурної схеми змінних стану. Складання рівняння динаміки елементів системи. Представлення математичної моделі у вигляді з'єднаних між собою динамічних ланок з еталонними параметрами.
3. Отримання перехідної характеристики еталонної математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

4. Побудова еталонних функцій приналежності для кожного з показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

**II етап – етап РЕАЛІЗАЦІЇ, складається з наступних пунктів:**

1. Виконання пунктів 2–4 етапу I методики для отримання реальних значень параметрів динамічних ланок та їх відповідних характеристик. Аналіз і обробка результатів функціонування математичної моделі. Вибір альтернативи для формування управлінських впливів на складові показників ЯО ВНЗ. Прийняття рішення щодо коригування НВП у ВНЗ. Вибір альтернативи для формування управлінських впливів на складові показників ЯО ВНЗ, прийняття рішення щодо коригування НВП у ВНЗ здійснюється наступним чином. У результаті проведеного математичного моделювання ми отримуємо вектор (3.2) із числових показників, який відповідає певній оцінці заданого блоку математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ. Отримана оцінка необхідна для порівняння відповідності реальних значень отриманих на виході системи, еталонним за допомогою порівняння їх з еталонною функцією приналежності. На рис. 3.10 представлений приклад аналітичного визначення невідповідності  $\Delta$  значення  $B$  показника ЯО ВНЗ  $A$ , який потребує коригування для досягнення рівня ЯО ВНЗ на рівні не нижче заданого.

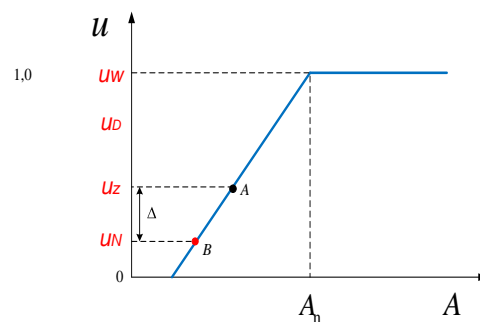


Рис. 3.10. Аналітичне визначення невідповідності показника ЯО ВНЗ в графічному вигляді

Знаходження точки  $B$  нижче рівня “задовільно” показує значимість рівня реагування за якісним визначенням (границя допустима чи ні) для формування управлінських впливів щодо коригування НВП у ВНЗ. При

виявленні невідповідностей значень параметрів показників впливу на ЯО ВНЗ здійснюється коригування НВП з метою компенсації невідповідностей цих значень. Це потребує формування альтернатив для формування управлінських впливів на параметри показників впливу на ЯО ВНЗ. Для цього використовується метод для умов визначеності, оскільки інформацію від експертів ми отримуємо за шкалою для даного методу та будуємо визначену матрицю, знаходячи конкретні значення власних чисел та векторів [24, 52]. Вибір альтернативи полягає в формуванні множини альтернатив, здійснення оцінювання важливості кожної з альтернатив і вибору кращої.

Нехай є множина  $A$ , що складається з  $a_m$  альтернатив:

$$A = a_1, a_2, \dots, a_m. \quad (3.20)$$

Тоді для показника ЯО ВНЗ  $A$  може бути розглянута нечітка множина:

$$A = u_A(a_1)/a_1, u_A(a_2)/a_2, \dots, u_A(a_m)/a_m, \quad (3.21)$$

де  $u_A(a_m) \in [0, 1]$  – оцінка альтернативи  $a_m$  за показником ЯО ВНЗ  $A_i$ , яка характеризує ступінь відповідності альтернативи поняттю, обумовленому показником  $A_i$ . Якщо є  $n$  показників:  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , то кращою вважається альтернатива, що задовольняє і показнику  $A_1$ ,  $A_2$ , і  $A_n$ . Тоді правило для вибору найкращої альтернативи може бути записане у вигляді перетину відповідних нечітких множин:

$$D = A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n. \quad (3.22)$$

Операції перетину нечітких множин відповідає операція  $\min$ , виконувана над їхніми функціями приналежності:

$$u_D(a_i) = \min_{u_{D_j}}(a_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}. \quad (3.23)$$

Коефіцієнти відносної важливості визначаються на основі процедури парного порівняння показників ЯО ВНЗ. Для цього спочатку формується матриця  $B$ , важливість елементів якої обирають із таблиці (шкала оцінок важливості МАІ [116]) і задовольняють наступним умовам:  $b_{ij} = 1$ ;  $b_{ji} = \frac{1}{b_{ij}}$ . Наступним кроком є знаходження  $w$  – власного вектору матриці  $B$ , значення якого відповідає максимальному власному значенню  $\lambda_{\max}$ :

$$Bw = \lambda_{\max} w. \quad (3.24)$$

Шукані значення коефіцієнтів  $\alpha_i$  розраховуються множенням елементів  $w$  на  $n$  для виконання умови (3.36):

$$\alpha_i = nw_i. \quad (3.25)$$

Таким чином вибирається краща альтернатива. У випадку, коли необхідно знайти в математичній моделі динамічні ланки, у яких параметри перехідного процесу не відповідають еталонним застосовується метод половинного ділення. Нехай структурна схема відповідного перехідного процесу (це може бути не лише змістовний модуль, а і навчальна дисципліна, або навіть НВП протягом цілого семестру, і т. ін.) складається з  $N$  динамічних ланок. Якщо перехідний процес, побудований для даного блоку НВП, не відповідає заданому значенню, то необхідно проаналізувати перші  $[N/2]$  динамічних ланок, об'єднуючи їх в окрему структурну групу, побудувати перехідний процес для блоку даної моделі і перевірити умову відповідності площі  $S_{\text{зад}}$  підграфіку перехідного процесу еталонному  $S_{\text{еталон}}$ , який складається лише із блоку аналогічних ланок ( $S_{\text{зад}} \geq S_{\text{еталон}}$ ). Якщо умова виконується, то необхідно здійснити перевірку для наступних  $[N-[N/2]/2]$  динамічних ланок аналогічним чином. Якщо умова не виконується, відповідний проміжок ділиться ще раз на дві частини

до тих пір, поки подальше ділення не є можливим. Таким чином здійснюється пошук динамічної ланки, параметри якої не відповідають заданим.

### **3.3. Висновки**

Розроблений метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ базується на використанні апарату теорії нечітких множин, що дозволяє здійснити оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ при обмежених статистичних даних. Обробка результатів математичного моделювання, реалізованого в новому методі оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ дозволяє знайти кількісні значення параметрів, які не відповідають еталонним та потребують коригування. Використання методу оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ дозволяє знайти кількісне співвідношення значення параметрів еталонних і реальних. Розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ і метод оцінювання якості організації і проведення НВП у ВНЗ є складовими при розробці методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Сутність методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ полягає у використанні і узгодженні розробленої математичної моделі і методу для формування управлінських впливів з метою коригування організації і проведення НВП у ВНЗ для досягнення рівня ЯО не нижче заданого. Розроблена методика складається з II етапів: підготовчого і реалізації. I етап необхідний для отримання: еталонної математичної моделі; її перехідної характеристики; еталонних функцій приналежності для показників впливу на ЯО ВНЗ. II етап необхідний для: отримання реальних значень параметрів математичної моделі; аналізу і обробки результатів моделювання математичної моделі; вибору альтернативи для формування управлінських впливів на складові показників ЯО ВНЗ, прийняття рішення щодо

коригування НВП у ВНЗ. Наукова новизна даного результату полягає в тому, що методика дозволяє формалізувати і типізувати аналітичну інформацію про стан рівня ЯО ВНЗ; здійснити оцінювання рівня організації і проведення НВП у ВНЗ; у разі погіршення НВП надати альтернативи щодо здійснення управлінських впливів для виконання коригуючих заходів і як наслідок забезпечити досягнення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого.

## **РОЗДІЛ 4**

### **ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВНЗ. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ**

Тенденція зростання складності оцінювання ЯО ВНЗ, а також економічна ситуація, яка склалася на Україні, потребують від керівників відповідних ВНЗ розробки і реалізації нових, більш ефективних методик контролю рівня ЯО ВНЗ з метою оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, а також створення відповідних засобів, які реалізують означені методики і забезпечать відповідність ЯО ВНЗ на рівні не нижче заданого. Розроблені в розд. 2 і 3 дисертації математична модель, метод і методика мають практичну користь, обґрунтованість та практичну направленість, яка дозволяє організувати повний цикл контролю щодо здійснення оцінювання ЯО ВНЗ, а в разі відхилення від заданого рівня – надати альтернативи керівнику ВНЗ для формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ. Логічним завершенням наукового дослідження стає оцінювання результативності використання розробленої методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ і розробка технічних рішень та рекомендацій.

У даному розділі проводиться оцінювання керованості, стійкості, якості перехідного процесу математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ та результативність використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Наводяться технічні рішення щодо розробки ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ, як інструменту щодо реалізації розробленої методики.

## 4.1. Оцінювання керованості, стійкості, якості перехідного процесу математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ

### 4.1.1. Оцінювання керованості математичної моделі

Перевірка математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ п.п. 2.2.4 дисертації (в подальшому – системи) на керованість здійснюється за допомогою перевірки критерію керованості шляхом побудови матриці керованості та перевірки її рангу [53]. Здатність багатовимірної динамічної системи здійснити гарантований перехід з початкової множини станів в задану множину станів за кінцевий час визначає поняття керованості системи та є її найважливішою структурно-параметричною характеристикою. Згідно з теорією Калмана можливо зробити судження про керованість лінійної системи за допомогою перевірки рангу матриці керованості системи, що досліджується. Розглянемо критерій керованості для системи, яку можна представити в вигляді:

$$\dot{x}(t) = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t). \quad (4.1)$$

Для неї можна скласти матрицю керованості  $\mathbf{U}$ :

$$\mathbf{U} = [\mathbf{B} \parallel \mathbf{A}\mathbf{B} \parallel \mathbf{A}^2\mathbf{B} \parallel \dots \parallel \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}]. \quad (4.2)$$

Система керована, якщо матриця керованості є невиродженою, тобто  $\text{rank} \mathbf{U} = n$ . Розглянемо застосування критерію керованості до елементу блоку моделі організації і проведення НВП у ВНЗ – одного змістовного модуля навчальної дисципліни. Матриця  $\mathbf{A}$  знаходиться за допомогою схеми системи у змінних стану.

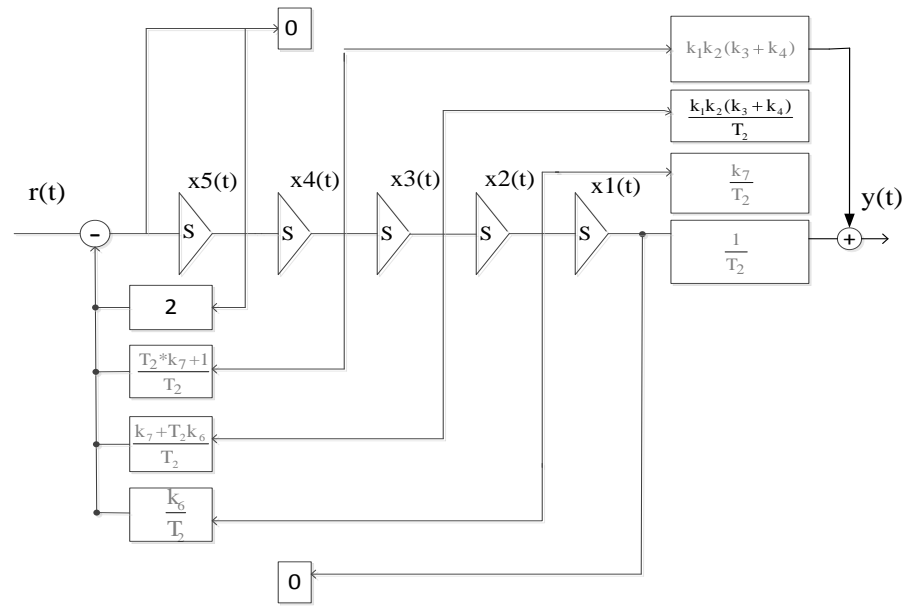


Рис. 4.1 Схема одного модуля НВП у змінних стану

Отже перевірка керованості розглядається для наступних матриць **A** і **B**:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & 0 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \tag{4.3}$$

Відповідно, маємо наступні добутки:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}. \tag{4.4}$$

$$\mathbf{A}^2 \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

$$\mathbf{A}^3 \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \\ \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

$$\mathbf{A}^4 \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \\ \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \\ \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} \\ \frac{T_{n2} \cdot k_{n7} + 1}{T_{n2}} + \left( \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \right)^2 \end{pmatrix} \quad (4.7)$$

Після відповідних перетворень отримаємо матрицю у вигляді:

$$(\mathbf{B}, \mathbf{AB}, \mathbf{A}^2\mathbf{B}, \mathbf{A}^3\mathbf{B}, \mathbf{A}^4\mathbf{B}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} \\ 1 & 0 & \frac{k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} & \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} + \left(\frac{k_{n6}}{T_{n2}}\right)^2 \end{pmatrix} \quad (4.8)$$

Розглянемо ранг отриманої матриці, при цьому необхідно переконатись, що при будь-яких значеннях параметрів  $k$  та  $T$  рядки 3, 4, 5 та стовпчики 2, 3, 4, 5 матриці будуть лінійно незалежними від інших рядків. Припустимо, що 3 рядок матриці є лінійно залежним. Тоді система прийме наступний вигляд:

$$\begin{cases} 0 = c_1 \cdot 0 + c_2 \cdot 0 + c_4 \cdot 0 + c_5 \cdot 1, \\ 0 = c_1 \cdot 0 + c_2 \cdot 0 + c_4 \cdot 1 + c_5 \cdot 0, \\ 1 = c_1 \cdot 0 + c_2 \cdot 0 + c_4 \cdot 0 + c_5 \cdot \frac{k_{n6}}{T_{n2}}, \\ 0 = c_1 \cdot 1 + c_2 \cdot 0 + c_4 \cdot \frac{k_{n6}}{T_{n2}} + c_5 \cdot \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}}, \\ \frac{k_{n6}}{T_{n2}} = c_1 \cdot 0 + c_2 \cdot 1 + c_4 \cdot \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} + c_5 \cdot \left( \frac{k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}}{T_{n2}} + \left( \frac{k_{n6}}{T_{n2}} \right)^2 \right). \end{cases} \quad (4.9)$$

З першого рівняння отримаємо  $c_5 = 0$ , з другого  $c_4 = 0$ , отже, третє рівняння системи не має розв'язків. Лінійно незалежними є четвертий і п'ятий рядок, оскільки їх другий та перший елемент відповідно не є виразними відносно інших рядків матриці. Аналогічно, незалежними є п'ятий і четвертий стовпчик, оскільки їх перший та другий елемент не є виразними відносно інших стовпчиків. Для другого стовпчика отримуємо систему, аналогічну (4.9), в якій отримаємо  $c_4 = c_5 = 0$  з перших двох

рівнянь та, відповідно, невизначеність четвертого елемента. Система для третього стовпчика повністю еквівалентна системі для третього рядка (матриця симетрична відносно головної діагоналі), отже, маємо, що всі стовпчики та рядки є лінійно незалежними, тобто ранг матриці – 5. Виходячи з вищеведеного, можна зробити висновок, що змістовний модуль навчальної дисципліни є цілком керованою системою. Оскільки елементи блоку “Навчально-виховний процес” системи складаються з однакових за структурою блоків, дійдемо висновку, що система є керованою.

Таким чином досліджуються інші елементи системи, при цьому якщо компоненти блоків її вектору керовані, то система повністю керована.

#### **4.1.2. Перевірка математичної моделі на стійкість**

Важливою задачею при впровадженні розробленої математичної моделі є перевірка її стійкості. При цьому умовою стійкості САУ є від’ємність дійсної частині всіх коренів характеристичного рівняння (тобто розташування всіх коренів в лівій півплощині комплексної площини коренів). Оскільки складання характеристичного рівняння для всієї системи є нераціональним внаслідок великої розмірності системи керування, оберемо альтернативний спосіб перевірки системи на стійкість. Перевірка стійкості розробленої математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ (системи) здійснюється за допомогою перевірки критерію Рауса, сутність якого полягає в наступному: визначення умови стійкості для системи; побудова матриці Рауса-Гурвіца; перевірка стійкості системи та параметри стійкості для еталонного НВП у ВНЗ. Розглянемо перевірку стійкості системи на прикладі однієї навчальної дисципліни, що складається з трьох змістовних модулів блоку “Навчально-виховний процес”.

**1. Визначення умови стійкості для системи.** Критерій Рауса-Гурвіца: для того, щоб система була стійка, необхідно й достатньо, щоб коефіцієнти першого стовпця матриці Рауса були одного знаку. Якщо це не виконується,

то система нестійка. Диференційне рівняння для кожного із змістовного модулів отримаємо з передавальної функції блоку (2.31):

$$\begin{aligned} & \frac{dx_{ex}^3(t)}{dt^3} T_{n2} k_{n1} k_{n2} (k_{n3} + k_{n4}) + \frac{dx_{ex}^2(t)}{dt^2} k_{n1} k_{n2} (k_{n3} + k_{n4}) + \frac{dx_{ex}(t)}{dt} k_{n7} + x_{ex}(t) = \\ & \frac{d^5 x_{вux}(t)}{dt^5} T_{n2} + \frac{d^4 x_{вux}(t)}{dt^4} 2T_{n2} + \frac{d^3 x_{вux}(t)}{dt^3} (T_{n2} k_{n7} + 1) + \\ & + \frac{d^2 x_{вux}(t)}{dt^2} (k_{n7} + T_{n2} k_{n6}) + \frac{dx_{вux}(t)}{dt} k_{n6}. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Введемо обмеження: дане і всі наступні розглянуті диференційні рівняння мають нульові початкові умови, і всі перетворення здійснюються із врахуванням даного обмеження.

**2. Побудова матриці Рауса-Гурвіца.** Розглянемо приклад побудови матриці Рауса-Гурвіца для одного змістовного модуля навчальної дисципліни, що залежить від 7 параметрів. Для побудови матриці Рауса використовується ліва частина диференційного рівняння яке описує змістовний модуль навчальної дисципліни, що досліджується. Оскільки її порядок рівний 5, матриця Рауса-Гурвіца  $R_{ij}$  буде мати 6 рядків та 3 стовпчики [68]. Вона будується наступним чином:

$$\begin{aligned} R_{11} &= 0, \quad R_{12} = k_{n7} + T_{n2} \cdot k_{n6}, \quad R_{13} = 2T_{n2}, \\ R_{21} &= k_{n6}, \quad R_{22} = T_{n2} \cdot k_{n7} + 1, \quad R_{23} = T_{n2}, \\ R_{ij} &= R_{i-2,j+1} - R_{i-1,j+1} \cdot R_{i-2,j} / R_{i-1,j}. \end{aligned} \quad (4.11)$$

В першому рядку записуються коефіцієнти при парних похідних у порядку зростання, в другому – коефіцієнти при непарних похідних у порядку зростання. Усі інші члени матриці визначаються з перших двох рядків. При цьому для виконання умови критерію стійкості Рауса необхідно і достатньо, щоб всі елементи першого стовпчика матриці Рауса були одного знаку.

**3. Перевірка стійкості системи та параметри стійкості для еталонного НВП у ВНЗ.** Для перевірки змістовного модуля на стійкість

(4.11) застосуємо критерій Рауса. Для визначення параметрів, при яких досліджуваний змістовний модуль буде стійким, можна застосувати прикладне програмне забезпечення, яке його реалізує. При моделюванні еталонного НВП методом експертних оцінок були отримані параметри, для яких змістовний модуль, що досліджується, є стійкою системою (всі елементи першого стовпчика є додатними):

$$k_1=k_2=k_3=k_4=k_6=k_7=1; T_2=0,5. \quad (4.12)$$

Фізичний зміст коефіцієнтів  $k$  пояснюється тим, що при проходженні через систему сигнал, який відповідає певному показнику впливу на ЯО ВНЗ, не послаблюється і відповідає еталонному НВП у ВНЗ. Таким чином результат проведеного оцінювання стійкості за умовою критерію стійкості Рауса був виконаний, що підтвердив стійкість розробленої математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

#### 4.1.3. Оцінювання якості перехідного процесу математичної моделі

Для оцінювання якості перехідного процесу математичної моделі використаємо метод, теоретичні основи якого наведені нижче [68]. Перехідні процеси систем автоматизованого управління можуть бути представлені наступними графіками фазових траєкторій (рис. 4.1).

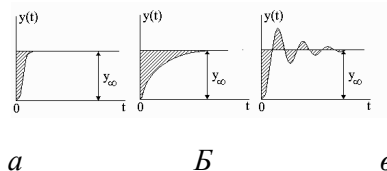


Рис. 4.1. Перехідні процеси систем автоматизованого управління: *a* – монотонний; *б* – аперіодичний; *в* – коливальний.

Заштрихована площа є площею регулювання і вона виступає мірою якості перехідного процесу. Чим менше площа, тим краща якість перехідного процесу, який відображає функціонування системи. Площа регулювання

визначається за допомогою інтеграла, який називається лінійною інтегральною оцінкою якості перехідного процесу [68]:

$$J_1 = \int_0^{\infty} [y(t) - y_{\infty}] dt = \int_0^{\infty} z(t) dt. \quad (4.13)$$

Задача зводиться до визначення  $J_1$ , без знання аналітичного виразу для перехідного процесу, тобто за його зображенням за Лапласом. Нехай відомо:

$$z(p) = \int_0^{\infty} z(t) e^{-pt} dt. \quad (4.14)$$

Порівнюючи вирази (4.13) і (4.14), бачимо, що вони відрізняються на множник  $e^{-pt}$ . При цьому:

$$\lim_{p \rightarrow 0} z(p) = \int_0^{\infty} z(t) dt, \quad (4.15)$$

отримаємо формулу для визначення площі регулювання, а значить і оцінки якості процесу регулювання. Оскільки  $z(p) = y(p) - y_{\infty}/p$ , то значення інтеграла (4.13) обчислимо за формулою:

$$J_1 = \lim_{p \rightarrow 0} z(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \left[ y(p) - \frac{1}{p} \lim_{p \rightarrow 0} py(p) \right]. \quad (4.16)$$

Перевагою такого оцінювання якості процесу регулювання системи є відносна простота обчислень та можливість отримання аналітичного виразу для показників ЯО ВНЗ, що дає змогу легко визначати параметри системи, які сприяють збільшенню показника площі регулювання, оберненого до якості перехідного процесу математичної моделі оцінювання організації і

проведення НВП у ВНЗ, тобто таких, що погіршують стійкість, і одночасно якість системи.

Використаємо формулу (4.16) для визначення одного з основних критеріїв функціонування системи – якості регулювання. Обчислимо площу зображення перехідного процесу НВП у ВНЗ при прямуванні часу до нескінченності. Спочатку обчислимо  $\lim_{p \rightarrow 0} pK(p)$  (для системи з одним

навчальним блоком однієї дисципліни):

$$\begin{aligned} \lim_{p \rightarrow 0} pK(p) &= \lim_{p \rightarrow 0} pX_{\text{ВХ}}(p) \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}}{1+k_{PD2}\frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1}} + \frac{k_{PD1}}{T_{PD1}p+1} \right) \times k_{PD3} \times \\ &\times \left( \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1} \cdot k_{Mn4}}{1+k_{Mn7} \left( 1+k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1}}}{1+k_{Mn7} \left( 1+k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2}p+1}} \right) \cdot k_{Mn3} \times \\ &\times \left( \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1} \cdot k_{Dn3}}{1+k_{Dn6} \left( 1+k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1}}}{1+k_{Dn6} \left( 1+k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1}p+1}} \right) \times \\ &\times \left( \left( \left( \left( \frac{\frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot \frac{1}{1+k_{Gr} \left( k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl}p+1} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p}} \right) \right) \right) \times \\ &\left( \cdot k_{Zg} \cdot \frac{k_{oc}}{T_{oc}p+1} + 1 \right) \\ &\times k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} = X_{\text{ВХ}}(0) \cdot \left( \frac{k_{PD1}}{1+k_{PD2}k_{PD1}} + k_{PD1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\ &\times k_{Mn1} \cdot k_{Mn3} \cdot k_{Dn1} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Zag} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Gr} \cdot k_{Zg} \cdot k_{oc} \cdot k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} \end{aligned} \quad (4.17)$$

Для системи з  $M$  дисциплінами з  $N$  навчальними модулями у кожній формула має вигляд:

$$\begin{aligned} \lim_{p \rightarrow 0} pK(p) &= \lim_{p \rightarrow 0} pX_{\text{вх}}(p) \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1}}{1 + k_{PD2} \frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1}} + \frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1} \right) \times k_{PD3} \times \\ &\times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N \left( \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2} p + 1} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2} p + 1} \cdot k_{Mn4}}{1 + k_{Mn7} \left( 1 + k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2} p + 1}} \cdot k_{Mn3} \right) \cdot \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1} p + 1} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1} p + 1} \cdot k_{Dn3}}{1 + k_{Dn6} \left( 1 + k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1} p + 1}} \right) \right) \times \\ &\times \left( \left( \left( \frac{k_{Sl}}{T_{Sl} p + 1} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl} p + 1} \cdot \frac{1}{1 + k_{Gr} \left( k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{Sl} p + 1} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{Sl} p + 1} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \times \right. \\ &\left. \cdot k_{Zg} \cdot \frac{k_{OC}}{T_{OC} p + 1} + 1 \right) \\ &\times k_{D \min} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} = X_{\text{вх}}(0) \cdot \left( \frac{k_{PD1}}{1 + k_{PD2} k_{PD1}} + k_{PD1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\ &\times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N (k_{Mn1} \cdot k_{Mn3}) \cdot k_{Dn1} \right) \cdot k_{Sl} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Zag} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Gr} \cdot k_{Zg} \cdot k_{OC} \cdot k_{D \min} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc}. \end{aligned}$$

При сумуванні та добутку індекси  $i, j$  не вказуються для спрощення сприйняття формули.

Для остаточного отримання оцінки якості системи обчислимо загальну оцінку площі, яка обернена до оцінювання якості організації і проведення

НВП у ВНЗ. Обчислимо:  $\lim_{p \rightarrow 0} (K(p) - \left(\frac{1}{p}\right) \cdot \lim_{p \rightarrow 0} pK(p)) =$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} X_{\text{вх}}(p) \left( \frac{\frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1}}{1 + k_{PD2} \frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1}} + \frac{k_{PD1}}{T_{PD1} p + 1} \right) \cdot k_{PD3} \times$$

$$\begin{aligned}
& \times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N \left( \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2P+1}} + \frac{\frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2P+1}} \cdot k_{Mn4}}{1 + k_{Mn7} \left( 1 + k_{Mn6} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Mn1}}{p} \cdot \frac{k_{Mn2}}{T_{Mn2P+1}}} \cdot k_{Mn3} \right) \times \right. \\
& \left. \times \left( \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1P+1}} + \frac{\frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1P+1}} \cdot k_{Dn3}}{1 + k_{Dn6} \left( 1 + k_{Dn5} \cdot \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{k_{Dn1}}{T_{Dn1P+1}}} \right) \right) \times \\
& \times \left( \left( \left( \frac{k_{Sl}}{T_{SlP+1}} + \frac{k_{Sl}}{T_{SlP+1}} \cdot \frac{1}{1 + k_{Gr} \left( k_{vpl} + \frac{k_{por}}{p} \right) \cdot \frac{k_{Sl}}{T_{SlP+1}} \cdot k_{rez}} \right) \cdot k_{Zag} + \frac{k_{Sl}}{T_{SlP+1}} \cdot k_{Gr} \cdot \frac{k_{por}}{p} \right) \times \right. \\
& \left. \left. \cdot k_{Zg} \cdot \frac{k_{OC}}{T_{OCP+1}} + 1 \right) \right) \times \tag{4.18}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} - \frac{1}{p} X_{BX}(0) \left( \frac{k_{PD1}}{1 + k_{PD2} k_{PD1}} + k_{PD1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\
& \times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N (k_{Mn1} \cdot k_{Mn3}) \cdot k_{Dn1} \right) k_{Sl} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Zag} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Gr} \cdot k_{Zg} \cdot k_{OC} \cdot k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} = \\
& = X_{BX}(0) \cdot \left( \frac{k_{PD1}}{1 + k_{PD2} \cdot k_{PD1}} + k_{PD1} \right) \cdot k_{PD3} \times \\
& \times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N (k_{Mn1} \cdot k_{Mn3}) \cdot k_{Dn1} \right) k_{Sl} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Zag} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Gr} \cdot k_{Zg} \cdot k_{OC} \cdot k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc}. \tag{4.24}
\end{aligned}$$

Отримання аналітичного виразу формули у вигляді (4.18) дозволяє оцінити якість перехідних процесів в математичній моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ, порівнюючи отримані значення при різних параметрах. Зробимо висновок, що один із критеріїв оптимізації математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ можна сформулювати за допомогою розв'язання задачі оптимізації [68]:

$$\begin{aligned}
I = X_{ex}(0) \cdot \left( \frac{k_{PD1}}{1 + k_{PD2} \cdot k_{PD1}} + k_{PD1} \right) \cdot k_{PD3} \times \sum_{j=1}^M \left( \prod_{i=1}^N (k_{Mn1} \cdot k_{Mn3}) \cdot k_{Dn1} \right) \times \\
\times k_{Sl} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Zag} \cdot k_{Sl} \cdot k_{Gr} \cdot k_{Zg} \cdot k_{OC} \cdot k_{Dmin} \cdot k_{Dn2} \cdot k_{DB} \cdot k_{ZAn} \cdot k_{pp} \cdot k_{POc} \rightarrow \min \tag{4.19}
\end{aligned}$$

Виходячи з вищенаведеного, дійдемо висновку, що сильне збільшення за абсолютною величиною коефіцієнтів  $k_{Mn1}, k_{Mn3}, k_{Dn1}$  різко погіршує якість системи, тому що послідовні метаоператори сум та добутку створюють пропорційне повторення цих коефіцієнтів, які збільшують вплив на систему саме цих показників.

#### **4.2. Оцінювання ефективності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ**

Ефективність (effectiveness) – ступінь реалізації запланованої діяльності та досягнення запланованих результатів [123]. Вона є одною з найголовніших характеристик, бо саме цей показник агреговано визначає ступінь доцільності використання цієї системи. Рівень ЯО ВНЗ визначається за показниками успішності студентів, що, в свою чергу, знаходиться з агрегації показників впливу на ЯО ВНЗ. Не виникає сумнівів, що адекватний підхід щодо визначення такого показника зумовлений бути якомога достовірним і давати повне оцінювання всього складного категоріально-наукового, математичного, фізичного і прикладного аспекту функціонування усієї математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ.

Розроблена математична модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ в значній мірі обумовлює створення та розширення багатьох нерозкритих раніше можливостей сумісного автоматизованого управління ЯО ВНЗ за допомогою інформаційних технологій. При аналізі наукової літератури [23, 28, 52, 135] з'ясовано, що головну роль при визначенні оцінок роду якості та результативності грають інтегральні оцінки основних показників навчальної діяльності. Тому пропонується наступна методика оцінювання результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Оскільки розроблювальна система має за мету підвищення сумарного рівня підготовленості студентів ВНЗ, будуть досліджуватися промодельовані рівні підготовки на виході з НВП, тобто на випуску з ВНЗ, для різних вхідних рівнів можливостей студентів, які відповідають лінгвістичним

термам “незадовільно”, “задовільно”, “добре”, “відмінно” та отримані рівні загальної підготовки при включенні механізмів системної оптимізації (здійснення коригування організації і проведення НВП у ВНЗ за рахунок формування управлінських впливів на показники впливу ЯО ВНЗ), закладених у досліджувану систему. Варто зауважити, що дослідженню підлягають інтегральні прирости як за кожним показником, так і за рівнем засвоених знань студента після випуску його з ВНЗ. Вище було зазначено, що інтегральна оцінка дає якнайкращий результат при визначенні багатьох ключових факторів системного дослідження. З іншого боку, тривіально обчисливши площу під кусково-лінійним графіком вихідних показників не оптимізованого та поліпшеного перехідного процесу та дослідивши відношення різниці цих інтегральних показників і інтегрованого показника вихідного не оптимізованого процесу, визначимо коефіцієнт результативності динамічної системи управління за формулою:

$$E = \frac{\int G(\theta)d\theta}{\int B(\varepsilon)d\varepsilon} - 1, \quad (4.20)$$

де  $E$  – коефіцієнт результативності системи, а кусково-лінійні і неперервні функції  $B(\varepsilon)$  та  $G(\theta)$  – відповідні перехідні процеси з досліджуваної системи до формування управлінських впливів  $B(\varepsilon)$  і після них  $G(\theta)$ , які визначені на множині початкових потенціалів знань та умінь студентів.

Оцінювання результативності системи організації і проведення НВП у ВНЗ для найбільш значимих показників впливу на ЯО ВНЗ – блоку 2 “Показники впливу на організацію і якість проведення НВП у ВНЗ” ( $A_{16} \div A_{23}$ ) (представлено в Додатку Г). В результаті оцінювання результативність використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ за агрегованим показником склала 9,36%, що є прийнятним результатом, враховуючи низькі витрати на розробку запропонованої системи.

### **4.3. Розробка структури і складу ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ**

Кожний ВНЗ має свою структуру, завдання, свої напрямки підготовки фахівців, що приводить до особливостей оцінювання рівня ЯО. Практична реалізація процесу оцінювання ЯО призводить до розробки і впровадження у ВНЗ ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ. Сучасні ІАС мають переваги і недоліки, які пов'язані з реалізацією в них відповідних цілей і методик (п. 1.5). В нашому випадку ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ розглядається як комплекс автоматизованих інформаційних технологій, призначених для організованого безперервного технологічного процесу підготовки та видачі інформації керівникам різних ланок ВНЗ щодо стану рівня ЯО ВНЗ, а також інформації із формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ для підтримки рівня ЯО не нижче заданого [82]. В даному підрозділі здійснюється реалізація розробленої методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ, яка має переваги, зазначені в п. 3.3, шляхом розробки функціональної схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ і обґрунтування вибору мови програмування для її програмної реалізації.

#### **4.3.1. Розробка функціональної схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ**

До ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ висуваються вимоги, що повинні забезпечити реалізацію таких важливих властивостей, як інтерактивність, інтегрованість, потужність, доступність, гнучкість, надійність, робастність, керованість [11, 26, 106]. Інтерактивність означає, що система відгукується на різного виду дії, якими людина має намір вплинути на обчислювальний процес, зокрема, у діалоговому режимі. Інтегрованість – це сумісність складових системи щодо керування даними і засобами спілкування з користувачами в процесі підтримки прийняття рішень. Потужність – здатність системи відповідати на найістотніші запитання. Доступність – це здатність забезпечувати видачу відповідей на запити користувача в потрібній формі і в необхідний час. Гнучкість характеризує можливість системи адаптуватися до змін потреб і ситуацій. Надійність означає здатність системи

виконувати потрібні функції протягом заданого тривалого періоду. Робастість – це здатність системи відновлюватися в разі виникнення помилкових ситуацій як зовнішнього, так і внутрішнього походження. Керованість означає, що користувач може контролювати дії системи, втручаючись у хід розв'язування задачі. Процес формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ можливо представити у вигляді алгоритму, що включає до себе процеси: аналіз задачі коригування НВП; формулювання цілей і задач коригування НВП; визначення критеріїв; формування множини альтернатив; аналіз альтернатив; формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ. Загальний алгоритм формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ у вигляді IDEF0-діаграми представлений на рис. 4.11.

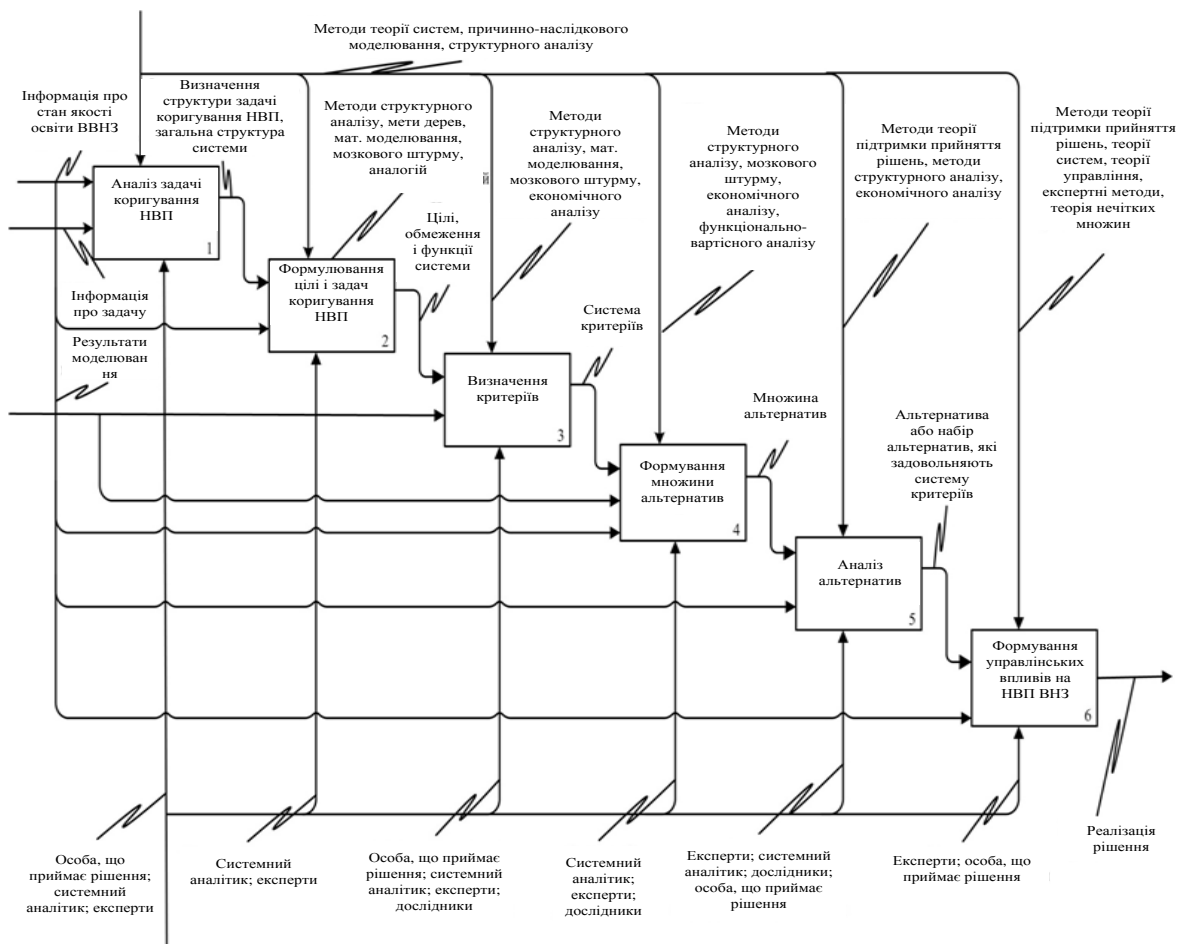


Рис. 4.11. Алгоритм формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ

Розглянута ієрархічна послідовність формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ показує, що перехід до наступного етапу ускладнений без реалізації попереднього, але можливі ітерації для досягнення найбільш ефективного результату щодо формування управлінських впливів.

Формально ІАС оцінка рівня ЯО ВНЗ з погляду системного аналізу може бути представлена у вигляді кортежу:

$$\langle P, S, Z, K, SH, D, M, A, F, G, U, V, W \rangle, \quad (4.21)$$

де  $P$  – математична задача;  $S$  – визначення системи;  $Z$  – визначення цілей системи;  $A$  – множина показників впливу на ЯО ВНЗ;  $SH$  – множина шкал виміру показників;  $D$  – спосіб дослідження системи;  $M$  – методи моделювання системи;  $K$  – множина альтернатив;  $F$  – відображення множини альтернатив на множину показників;  $G$  – система переваг ОПП;  $U$  – вид цільової функції;  $V$  – універсальна множина;  $W$  – вирішальне правило, що відображає систему переваг.

Відповідно до наведеного алгоритму (рис. 4.11) розглянемо окремо кожний із зазначених в ньому етапів.

Етап 1. Аналіз проблем. Для реалізації першого етапу формулювання й аналізу проблеми необхідно здійснити наступні кроки:

- оцінити якість рівня освіти ВНЗ;
- виявити і сформулювати задачі коригування НВП, оцінити її новизну;
- встановити взаємозв'язок з іншими задачами, що вже виникали;
- оцінити повноту і достовірність інформації із задачі коригування НВП;
- наповнення бази даних інформаційних ресурсів щодо коригування НВП.

Отримана інформація про існуючу задачу коригування НВП аналізується з метою одержання докладних даних про саму систему організації і проведення НВП у ВНЗ, виявлення загальної структури

проблематики й можливості використання її для визначення цілі й формулювання задач коригування НВП.

Етап 2. Формулювання цілей і завдань. На даному етапі визначаються цілі системи, формулюється головна ціль, обмеження й встановлюється послідовність задач для досягнення цілей:

- визначення можливості розв'язання задачі коригування НВП;
- концептуальна розробка варіантів розв'язування задачі коригування НВП;
- оцінювання варіантів розв'язування задачі коригування НВП;
- постановка задачі коригування НВП на вербальному рівні;
- формулювання цілі і мети;
- логічний аналіз умов, цілі і задач на вербальному рівні;
- постановка задачі коригування НВП виконавцям.

З погляду системного аналізу формування цілі найбільш ефективно проводиться за допомогою теорії нечітких множин і методу експертного оцінювання побудовою функцій приналежності.

Етап 3. Вибір показників, що впливають на ЯО ВНЗ, оцінювання їх ефективності. Процес формування системи показників, що впливають на ЯО ВНЗ, є погано формалізованим і значною мірою суб'єктивним, що вимагає у кожному випадку індивідуального підходу. Тому обґрунтування вибору показників доцільно проводити експертним оцінюванням за допомогою МАІ.

Етап 4. Формування множини альтернатив. Процес формування множин альтернатив, заснований на евристичних перевагах ОПР, та поділяється на три послідовні етапи: генерування множини альтернатив, структурування альтернатив, визначення підмножини згенерованих альтернатив.

Залежно від ступеня розв'язуваних задач, генерацію рішень найбільш ефективно проводити за допомогою експертних методів і теорії нечітких множин. У випадку формування множини рішень найбільш ефективними є експертні методи, описані на попередніх етапах.

Етап 5. Аналіз альтернатив. Найбільш важливим етапом є аналіз варіантів рішень, під час якого необхідно провести вибір найкращої альтернативи з множини усіх запропонованих.

З погляду системного аналізу, до основних етапів аналізу альтернативних рішень необхідно віднести: аналіз невизначеності рішення, методи оптимізації й визначення вирішальних функцій, оцінювання можливих рішень, вибір оптимального рішення.

Етап 6. Формування управлінських впливів. Цей етап є заключним з етапів формування управлінських впливів і фактично є результатом дій ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ на попередніх етапах. На етапі формування управлінських впливів на об'єкт управління ОПР здійснює ряд дій, спрямованих на реалізацію наданих йому рекомендацій ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ шляхом коригування організації і проведення НВП у ВНЗ в рекомендовані параметри показників, що впливають на ЯО ВНЗ.

Реалізація запропонованого алгоритму формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ (рис. 4.11) представлено у вигляді формалізованої схеми ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ рис. 4.12. До її складу входять: підсистема інтерфейсу користувача; підсистема накопичення даних і знань; блок управління; підсистема функціональних модулів (аналіз, обробка і видача альтернативних рішень). Включення у функціональну схему підсистеми накопичення даних і знань дозволяє накопичувати інформацію і використовувати її в подальшому при формуванні управлінських впливів.

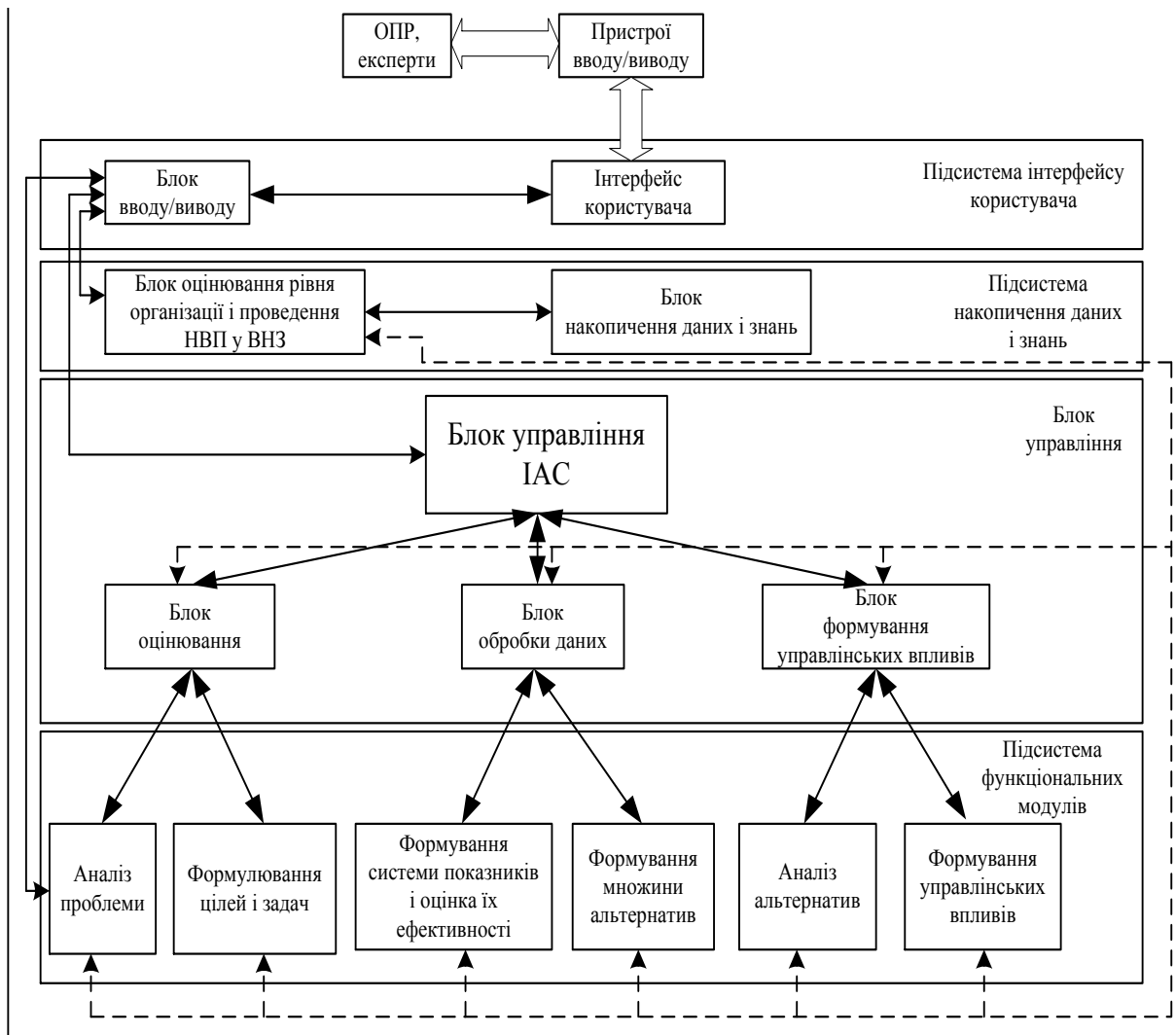


Рис. 4.12. Формалізована схема ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ

Функціонування такої системи передбачає залучення фахівців, які залежно від призначення структурних елементів, умовно розбиті на групи відповідно до функціональних обов'язків: системні аналітики; експерти; дослідники і ОПР. Поєднавши запропонований алгоритм формування управлінських впливів на організацію і проведення НВП у ВНЗ (рис. 4.11) і формалізовану схему ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ (рис. 4.12), отримуємо функціональну схему ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ рис. 4.13.

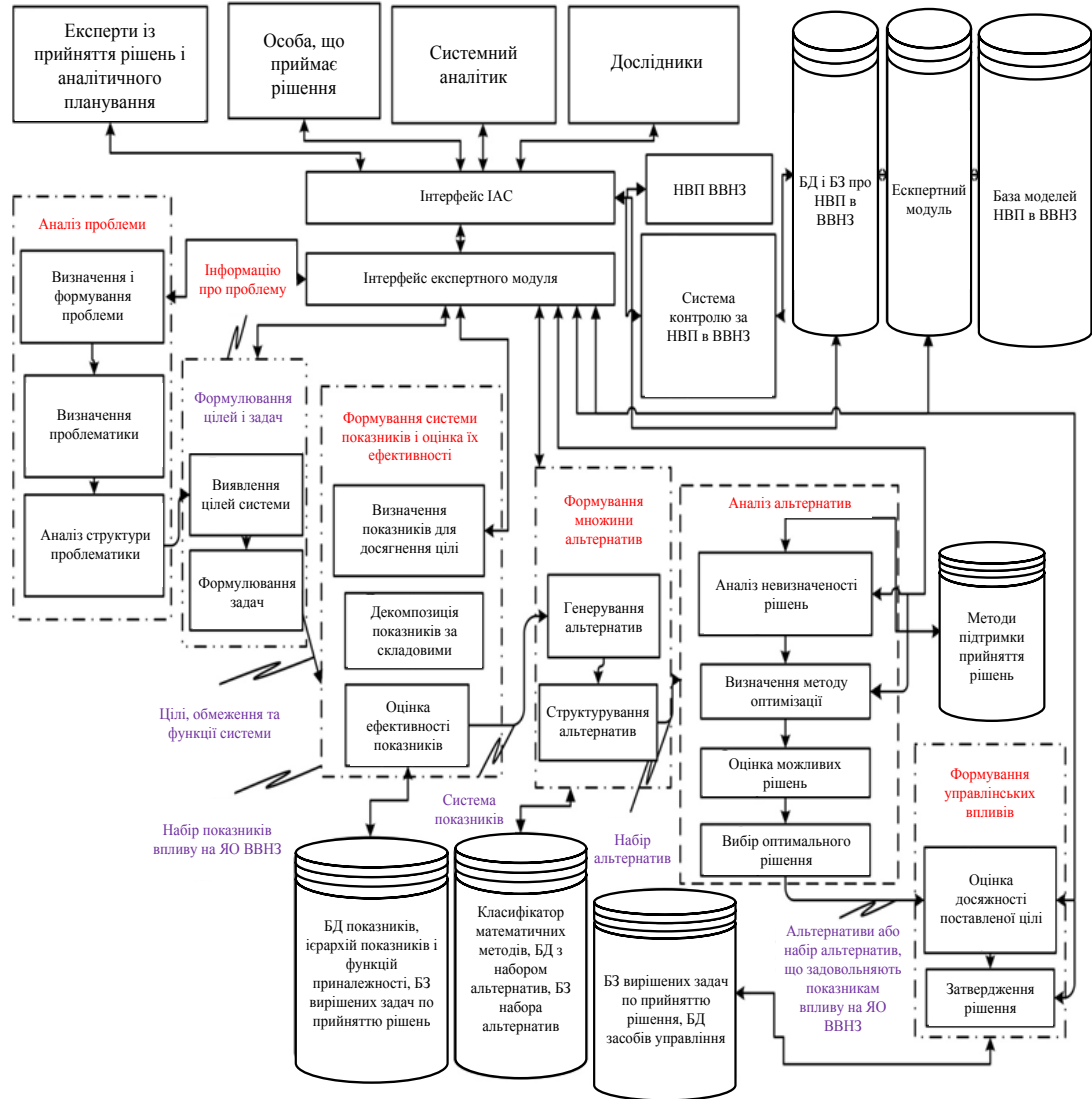


Рис. 4.13. Функціональна схема ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ

Таким чином, розроблена функціональна схема ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ відповідає сучасним вимогам ІТ-Технологій. Реалізація ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ у рамках наведеної схеми дає можливість розширювати кількість і коло задач за умови використання відкритих програмних кодів модернізації ІАС, поповнення баз даних і баз знань. При проектуванні, побудові й програмній реалізації системи призначення структурних елементів і функціональних задач користувачів ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ, а також її орієнтація направлена для вирішення управлінських задач щодо здійснення оцінювання ЯО ВНЗ.

### 4.3.2. Обґрунтування вибору мови програмування

Програмна реалізація ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ передбачає вибір і обґрунтування технологій і мов програмування. При цьому зазначений вибір повинен відповідати певним вимогам [81, 82]. Відповідно до зазначених вимог мова Java має наступні переваги: 1. Ефективність. Оскільки аплети Java інтерпретуються, а не компілюються, то їх виконання на різних платформах значно полегшується. В цьому випадку достатньо створити для кожної платформи виконуючу Java-систему. Якщо існує така система для даної операційної системи, то будь-яка Java-програма може виконуватись в даному середовищі без додаткової компіляції на цій платформі. 2. За основу Java взятий синтаксис C++. Тому деякі механізми реалізовані в Java інакше, а деякі зовсім відсутні. Ідеологічно ж Java побудована дещо інакше ніж C++. Розробники Java ґрунтувалися на досвіді розробки програм на C++ і прагнули позбутися можливостей, які зарекомендували себе непевними. Інтерфейси Java більш прості та прозорі для розуміння. Простота графічних інтерфейсів компенсується меншою гнучкістю, бібліотека Java не така багата, як стандартні бібліотеки C/C++. Але Java задуманий для використання на різних платформах і тому реалізує в собі найбільш стандартні можливості задля легшої адаптації під конкретне середовище. 3. Об'єктно-орієнтована спрямованість. Від C++ Java успадкувала потужний механізм об'єктно-орієнтованого програмування. Об'єктна модель Java проста, вона легко розширюється, в той час як прості типи, як цілі, зберігаються як дані, що не є об'єктами, а це дозволяє значно підвищити швидкість при їх обробці. 4. Стійкість до помилок. Як вже зазначалось, Java є строго типізованою мовою програмування. Виконуюча система Java бере на себе "прибирання сміття", тобто автоматично звільняє пам'ять, яка була розподілена динамічно. Java підтримує об'єктно-орієнтовану обробку виключень подібно до C++. Але на відміну від C++ в

Java обробка виключень є обов'язковою. Тобто неможливо скомпілювати програму, яка відкриває файл, не обробивши можливі помилки типу “файл не знайдено”, які виникають при цьому.

5. Підтримка багатопоточності. Java розроблялася з орієнтацією на вимоги до створення інтерактивних програм, які працюють з мережею. З цією метою Java підтримує багатопоточне програмування, яке дозволяє легко розробляти програми, що виконують багато процесів одночасно.

6. Незалежність від архітектури. Оновлення операційної системи, модернізація процесора та зміна об'єму оперативної пам'яті можуть призвести до збою програми. Розробники Java, змінили цю ситуацію і прийняли декілька важких рішень стосовно мови Java та процесу виконання Java-програми. Внаслідок цього, Java є системою, яка легко розширюється за рахунок створення нових стандартних класів та бібліотек.

7. Перспективи застосування. Програми на Java можуть знайти різне застосування в НВП: інтерактивні навчальні програми (HTML в поєднанні з Java), програми-тести та ін.. Додаткові переваги можна отримати, якщо писати ці програми у вигляді аплетів, які ініціалізуються з Web сервера внутрішньої мережі Intranet. В такий спосіб можна уникнути інсталяції програми на багатьох комп'ютерах – користувач просто запускає Web-браузер і завантажує потрібну сторінку. Для тестових програм, написаних на Java з використанням архітектури клієнт/сервер, можна підвищити ступінь конфіденційності. База даних тестових запитань знаходиться на сервері в каталозі з обмеженим доступом. В такий спосіб унеможлиблюється викрадення бази даних, за умови відсутності фізичного доступу до серверу у користувачів.

#### **4.4. Висновки**

Результати теоретичних досліджень підтверджуються при моделюванні та оцінці результативності використання методики оцінювання ЯО ВНЗ. Використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ

повною мірою залежить від адекватної оцінки керованості, стійкості, якості перехідного процесу математичної моделі оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ. Отримані під час дослідження результати підтвердили адекватність розробленої методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ.

Оцінювання результативності використання методики оцінювання ЯО ВНЗ здійснена шляхом обчислення площі під кусково-лінійним графіком вихідних показників не оптимізованого та поліпшеного перехідного процесу і дослідивши відношення різниці цих інтегральних показників і інтегрованого показника вихідного не оптимізованого процесу. Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок про достатню результативність використання методики оцінювання ЯО ВНЗ. Використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ дозволило підвищити рівень організації і проведення НВП у ВНЗ на 8-10% (підтверджено використанням у ВІКНУ ім. Тараса Шевченка).

Для практичної і технічної реалізації розробленої методики оцінювання ЯО ВНЗ в розділі надаються технічні рішення, а саме: для практичної реалізації розробленої методики запропонована функціональна структура ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ, яка дозволяє автоматизувати процес оцінювання рівня ЯО ВНЗ та використовується як інструмент щодо надання альтернатив керівнику ВНЗ для формування управлінських впливів, направлених на коригування організації і проведення НВП для забезпечення рівня ЯО ВНЗ не нижче заданого; для технічної реалізації ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ здійснюється обґрунтування вибору мови програмування. При цьому надається перевага мові Java. Надані рекомендації є необхідним заходом при побудові ІАС оцінювання рівня ЯО ВНЗ.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання щодо розробки інформаційної технології оцінювання якості освіти ВНЗ, яка базується на інтелектуалізації процесів формування управлінських впливів щодо здійснення коригування навчально-виховного процесу в ВНЗ.

Отримані результати надають можливість забезпечити рівень якості освіти ВНЗ не нижче заданого шляхом інтелектуалізації процесу формування управлінських впливів, спрямованих на удосконалення організації і проведення навчально-виховного процесу в ВНЗ.

Головні наукові і практичні результати:

1. Обґрунтовано вибір показників, що впливають на рівень якості освіти ВНЗ. Сформовано ієрархію впливу показників на загальну організацію і проведення НВП у в ВНЗ. Визначено їх вагові коефіцієнти, проведено безпосереднє оцінювання впливу керівництва ВНЗ за відповідними напрямками роботи для кожного з показників у порядку зменшення їх пріоритетності.

2. Розроблено математичну модель оцінювання організації і проведення НВП у ВНЗ. Наукова новизна математичної моделі полягає в тому, що, на відміну від існуючих, модель описується системою диференційних рівнянь побудованих із застосуванням методу простору станів, який дозволяє визначати значення кожної змінної математичної моделі в часі, а також здійснити оцінювання якості роботи кожного з елементів даного процесу.

3. Розроблено метод оцінювання рівня якості освіти ВНЗ. Побудовано еталонні функції приналежності показників впливу на організацію і проведення навчально-виховного процесу в ВНЗ.

4. На основі системного аналізу інформаційної технології розроблено методику оцінювання рівня якості освіти ВНЗ. Наукова новизна методики полягає в тому, що на відміну від існуючих, вона дозволяє оперативно

здійснити оцінювання рівня якості освіти ВНЗ і надати альтернативи шляхом інтелектуалізації процесу формування управлінських впливів для коригування навчально-виховного процесу в ВНЗ із забезпечення рівня якості освіти ВНЗ не нижче заданого.

5. Для практичної реалізації розробленої методики запропоновано функціональну схему інформаційно-аналітичної системи, яка дозволить автоматизувати процес оцінювання рівня якості освіти ВНЗ і використовується як інструмент для надання альтернатив керівнику ВНЗ і формування управлінських впливів, спрямованих на коригування організації і проведення навчально-виховного процесу для забезпечення рівня якості освіти ВНЗ не нижче заданого.

Таким чином розроблена у дисертації інформаційна технологія оцінювання якості освіти ВНЗ є результатом вирішення сформульованої наукової задачі і дозволяє досягти мети дослідження – забезпечення рівня якості освіти ВНЗ не нижче заданого завдяки впровадженню новітніх інформаційних технологій.

Основні результати дисертаційного дослідження можуть бути використанні під час здійснення оцінювання якості освіти у вищих навчальних закладах, яка уможливить оперативне коригування навчально-виховного процесу в ВНЗ для досягнення рівня якості освіти ВНЗ не нижче заданого.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ANP approach', *International Journal of Educational Management*, 18 (4), pp. 224 – 242.
2. Altbach, P. (2006), *The Dilemmas of Ranking*, Boston College Center for International Higher Education, *International Higher Education*, Vol. 42, winter.
3. Ashby, W. (1956) *An Introduction to Cybernetics*, Methuen edition, London.
4. Аванесов В. С. Математические модели педагогического измерения / Аванесов В. С. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1994. – 26 с.
5. Автоматизовані системи. Терміни та визначення : ДСТУ 2226-93. – [Чинний від 1994-01-07]. – К. : Державний комітет стандартизації метрології та сертифікації України, 1994. – 94 с. – (Національний стандарт України).
6. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1998. – 1000 с.
7. Акрові J., Канжі N. (2001) 'Total quality management in California public higher education', *Quality Assurance in Education*, 9(3), pp. 127-31.
8. Анькина Е. А. Контролинг как инструмент управления предприятием / Е. А. Анькина, С. В. Данилочкин, Н. Г. Данилочкина и др. ; под ред. Н. Г. Данилочкиной. – М. : Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 279 с.
9. Бабешко Л. О. Основы эконометричного моделювання : навч. посіб. / Бабешко Л. О. – 2-ге вид., випр. – М. : КомКнига, 2006. – 432 с.
10. Вае, S. (2007) 'The relationship between ISO 9000 participation and educational outcomes of schools'. *Quality Assurance in Education*, 15(3), pp. 251 – 270.
11. Barlas, Y. (1994) 'Model validation in system dynamics', In: *Proceedings of the 1994 International System Dynamics Conference*, (pp. 1-10), Sterling, Scotland.

12. Barlas, Y. and Diker, V. (2000) 'A dynamic simulation game (UNIGAME) for strategic university management', *Simulation & Gaming*, 31(3), pp. 331-358.
13. Бахвалов Н. С. Численные методы / Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. – М. : Наука, 1987. – 627 с.
14. Безносюк О. О. Аналіз світового досвіду впровадження принципів TQM і стандартів ISO у сфері освіти / О. Безносюк // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - 2014. - Вип. 47. - С. 187-197.
15. Безносюк О. О. Рекомендації щодо розробки та впровадження модульно-рейтингової технології навчання : метод. посіб. / Безносюк О. О. – К. : ВІКНУ, 2000. – 52 с.
16. Benchmarking Robert C. Camp. The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance. ASQC Quality Press, 1989. – 320 p.
17. Беспалько В. П. Мониторинг качества обучения – средство управления образованием / Беспалько В. П. // Мир образования. – 1996. – № 2. – С. 31–36.
18. Бідюк П. І. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / П. І. Бідюк, Л. О. Коршевніук. – К. : ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2010. – 340 с.
19. Білик О. О. Інформаційна технологія моніторингу якості загальноосвітніх навчальних закладів : дис. кандидата техн. наук : 05.13.06 / Білик Олег Олександрович. – Черкаси, 2009. – 187 с.
20. Білощицький А. О. Методи та моделі комплексного інформаційно-освітнього середовища в умовах розвитку вищого навчального закладу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 "Інформаційні технології" / А. О. Білощицький. – К., 2007. – 23 с.

21. Birnbaum, R., and Edelson, P. J. (1989) 'How colleges work: The cybernetics of academic organization and leadership', *The Journal of Continuing Higher Education*, 37(3), pp. 27-29.
22. Blanco-Ramirez, G. and Berger., J. (2014) 'Rankings, accreditation, and the international quest for quality', *Quality Assurance in Education*, 22(1), pp. 88 – 104.
23. Болюбаш Я. Я. Організація навчального процесу у вищих закладах освіти : навч. посіб. для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти / Болюбаш Я. Я. – К. : ВВП "КОМПАС", 1997. – 64 с.
24. Борисов А. Н. Обработка нечёткой информации в системах принятия решений / [А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркур'ев і ін.]. – М. : Радио й зв'язок, 1989. – 304 с.
25. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечётких моделей. Примеры использования / Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. – Рига : Зинатне, 1990. – 184 с.
26. Васильев К. К. Теория автоматического управления (следящие системы) : учеб. пособие / Васильев К. К. – 2-е изд. – Ульяновск, 2001. – 98 с.
27. Волкович В. Л. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем / Волкович В. Л., Волошин А. Ф., Заславский В. А., Ушаков И. А. – К. : Наукова думка, 1992. – 312 с.
28. Волошин О. Ф. Теорія прийняття рішень / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко – ВПЦ «Київський університет», 2006. – 304 с.
29. Williams James "Quality assurance and quality enhancement: is there a relationship? ". *Journal Quality in higher education*. Volume 22, 2016 – Issue 2., Pages 97-102.
30. Galbrait, Kenneth J. (1998) «The Socially Concerned Today (Senator Keith Davey Lecture Series)», . / J. Kenneth Galbrait - University of Toronto Press, 72 pages. – pp. 40-45.

31. Guidelines for Quality Provision in Cross-border Higher Education (Руководящие принципы ЮНЕСКО / ОЭСР по обеспечению качества в сфере трансграничного высшего образования) [Электронный ресурс]. – М. : ГУ-ВШЭ, 2008. – 19 с. – Режим доступа до док. :

<http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/free/9606028e.pdf> .

32. Герасимов Б. М. Проектування та застосування експертно-навчальних систем : монографія / Герасимов Б. М., Оксіюк О. Г., Шворов С. А. – К. : Вид-во Європейського ун-ту, 2008. – 263 с.

33. Герасимов Б. М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Герасимов Б. М., Дивизнюк М. М., Субач И. Ю. – Севастополь, 2004. – 318 с.

34. Глудкин О. П. Всеобщее управление качеством / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин. – М. : Вид-во "Горячая Линия – Телеком", 2001. – 600 с.

35. Гостев В. И. Нечёткие регуляторы в системах автоматического управления / Гостев В. И. – К. : "Радіоаматор", 2008. – 972 с.

36. Гусен Т. Моніторинг стандартів освіти: чому і як усе почалося [Електронний ресурс] / Т. Гусен, А. Тайджнман. – Режим доступа до статті :

<http://www.litopys.lviv.ua/katalog/pdf/tidzman.pdf>.

37. Д. Сю Современная теория автоматического управления и её применение / Д. Сю, А. Мейер ; пер. с англ. В. С. Бочков, Е. В. Гурецкая, Л. М. Киселева, В. Г. Потемкин ; под общ. ред. Ю. И. Топчеева. – М. : Машинобудування, 1972. – 544 с.

38. Darling-Hammond, L. (2000), Futures of Teaching in American Education, *Journal of Educational Change*, Vol. 1, No. 4, pp. 353- 373.

39. Davidson R. R., Farquhar P. H. A bibliography on the method of paired comparisons. / R. R. Davidson, P. H. Farquhar - *Biometrics* 32., 1976. - 241 -252 pp.

40. DeSanctis, G., and Gallupe, B., (1987) ‘A foundation for the study of group decision support systems’, *Management Science*, 33(5), pp. 589-609.

41. Douglas J. and A. Douglas (2006), *Evaluating Teaching Quality, Quality in Higher Education*, Vol. 12, No. 1.
42. Диткин В. А. Интегральные преобразования и операционное исчисление / В. А. Диткин, А. П. Прудников. – М., 1961. – 524 с.
43. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.
44. Doherty, G.D. (1997) 'Quality, standards, the consumer paradigm and developments in higher education', *Quality Assurance in Education*, 5(4), pp. 239– 248.
45. El-Helbawy A. T. Optimal paired comparison designs. Order statistics and non-parametrics: Theory and applications. / A. T. El-Helbawy - Elsevier Science Publishers B. V., 1992. – 349-361 p.
46. Жердев М. К. Автоматизований контроль системи управління якістю освіти у вищому навчальному закладі / М. К. Жердев, І. В. Пампуха, А. В. Малюга, В. Г. Трофименко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2010. – Вип. № 27. – С. 264–269.
47. Жердев М. К. Основи теорії надійності / М. К. Жердев, С. В. Ленков, Б. П. Креденцер та ін. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2008. – 215 с.
48. Зайцев Г. Ф. Теорія автоматичного управління / Г. Ф. Зайцев, В. К. Стеклов, О. І. Бріцький. – К. : Техніка, 2002. – 688 с.
49. Закон України "Про вищу освіту" № 1556-VII. Редакція від 09.08.2016 р. Вступив у чинність 01.07.2014 р.
50. Закон України «Про освіту» від 23.05.1991 № 1060-XII (редакція 19 лютого 2016 року).
51. Заренин Ю. Г. Надежность и эффективность АСУ / Ю. Г. Заренин, М. Д. Збырко, Б. П. Креденцер и др. – К. : Техника, 1975. – 368 с.
52. Згуровский М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения : монография / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К. : Вид-во "Наукова думка", 2005. – 743 с.

53. Згуровський М. З. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами / М. З. Згуровський, А. А. Павлов. – К. : Вид-во "Наукова думка", 2010. – 574 с.
54. Ингенкамп К. Педагогическая диагностика / Ингенкамп К. ; пер. с нем. – М. : Педагогика, 1991. – 240 с.
55. ІАС моніторингу освіти [Електронний ресурс] / Науково-дослідний інститут прикладних інформаційних технологій. – Режим доступу : <http://ndipit.com.ua/proekty/ias-monitoryngu-osvity>.
56. ІВС "Освіта" [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України. – Режим доступу: <http://www.osvita.net/html.php>.
57. International Standard ISO 9001 Quality Management Systems (2005) – *Requirements*. Geneva, Switzerland, ISO.
58. Каменская Е. Обеспечение качества высшего образования: российский опыт в международном контексте / Каменская Е. // *Alma Mater* ("Вестник высшей школы") : матеріали "круглого столу" з проблем якості вищої освіти, 12–13 березня 2001 р. – Російський ун-т дружби народів. – М., 2001. – № 6. – С. 16.
59. Кашин А., Польщикова Є., Сахно Ю. Випускники українських ВНЗ очима роботодавців / А. Кашин, Є. Польщикова, Ю. Сахно / Звіт, дослідження у межах проекту «Рейтинг ВНЗ України «Компас-2012»».
60. Kanji, G. and Tambi, A. (1999) 'Total quality management in UK higher education institutions', *Total Quality Management*, 10(1), pp.129-53.
61. Kennedy, M. (2011) 'Cybernetics and system dynamics: impacts on public policy', *Kybernetes*, 40(1-2), pp. 124-140.
62. Kennedy, M. (2000) 'Towards a taxonomy of system dynamics models of higher education', In: *Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society*, 6-10 August, Bergen, Norway (pp. 1-12).
63. Kennedy, M. and Clare, C. (1999) 'Some issues in building system dynamics model for improving the resource management process in higher

education', In: Proceedings of the 17th International System Dynamics Conference, Wellington, New Zealand (pp. 1-12).

64. Kirkwood, C. (1998) 'System Dynamics Methods: a Quick Introduction', College of Business Arizona State University, USA.

65. Кісіль М. В. Оцінка якості вищої освіти / Кісіль М. В. // Вища освіта України. – 2005. – № 4(14). – С. 82–87. Кн. 1 : Общие основы. Процесс обучения. – 576 с.

66. Коваленко И. Н., Филиппова А. А. Теория вероятностей и математическая статистика / И. Н. Коваленко, А. А. Филиппова – М.: Высшая школа, 1973. – 368 с.

67. Комишан А. І. Діагностика освітньої діяльності студентів на основі рейтингового підходу: теорія, методологія, практика : монографія / [А. І. Комишан, К. І. Хударковський, О. С. Челпанов]. – Харків : Новий Колегіум, 2011. – 297 с.

68. Корн Г. Справочник по математике (для научных сотрудников и инженеров) / Корн Г., Корн Т. ; пер. с англ. – М. : Наука, 1978. – 832 с.

69. Креденцер Б. П. Системи автоматичного управління / [Б. П. Креденцер, В. Б. Добровольський та ін.]. – К. : ВІКНУ, 2010. – 208 с.

70. Кузнецова Л. Д. Разработка проблемно-ориентированных компонентов системы управления образовательными процессами высшего профессионального образования в современных условиях (на примере педагогических высших учебных заведений) : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.10 / Кузнецова Лариса Дмитриевна. – Воронеж – 2009. – 146 с.

71. Hénard F. Learning our lesson: REVIEW OF QUALITY TEACHING IN HIGHER EDUCATION.

72. Levine, R. and Renelt, D. (1992) 'A sensitivity analysis of cross-country growth regressions', *The American Economic Review*, 82, pp.942-963.

73. Liberatore, M. J. and Nydick, R. L. (1997) 'Group decision making in higher education using the analytic hierarchy process', *Research in Higher Education*, 38(5), pp.593-614.

74. Litvine I. N. Models and Methods of paired comparisons. / I. N. Litvine – L: Publishing House "Nautilus", 2004. – 156 p.

75. Литвиновський Є. Ю. Структура та завдання автоматизованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу якості освіти у вищому навчальному закладі / Є. Ю. Литвиновський, А. В. Малюга // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Вип. 22 : збірник наукових праць. – К. : Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2010. – С. 236–240.

76. Limayem, M., Banerjee, P. and Ma, L. (2006) 'Impact of GDSS: Opening the black box', *Decision Support Systems*, 42(2), pp.945-957.

77. Lusch, R., Vargo, S. and Wessels, G. (2008) 'Toward a conceptual foundation for service science: Contributions from service-dominant logic', *IBM Systems Journal*, 47(1), pp.5-14.

78. Максимчук Н. Ю. Моніторинг якості освіти як предмет наукового дослідження в державному управлінні [Електронний ресурс] / Н. Ю. Максимчук – Режим доступу до статті :

[http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/tppd/2008-3/R\\_5/08mnyddu.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/tppd/2008-3/R_5/08mnyddu.pdf).

79. Малюга А. В. Алгоритм системного управління ВНЗ по забезпеченню організації навчального процесу / А. В. Малюга, Л.О. Ряба, Б. Г. Жиров // матеріали III науково-практичної конференції молодих учених і студентів "Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості: стан, досягнення і перспективи". – Одеса, 2012. – С. 350–352.

80. Малюга А. В. Методи та засоби контролю знань тих, хто навчається у системах дистанційного навчання / А. В. Малюга // матеріали V-го науково-практичного семінару "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення". – К., 2009.– С. 180–181.

81. Малюга А. В. Розробка функціональної моделі вступної компанії у ВНЗ / А. В. Малюга, В. П. Савкова // матеріали XIX Міжнародної конференції PDMU-2012 "Проблеми процесу прийняття рішень в умовах невизначеності". – Мукачево, 2012. – С. 160–161.

82. Малюга А. В. Інформаційна технологія оцінки якості освіти вищого військового навчального закладу : дис. кандидата техн. наук : 05.13.06 / Малюга Андрей Вячеславович. – Киев, 2012.- 204 с.

83. Матеріали IV-ої щорічної міжнародної конференції "Розбудова менеджмент-освіти в Україні", CEUME [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://deming.com.ua/index.php?id=61>

84. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Освітні вимірювання в інформаційному суспільстві", Tempus. – Режим доступу : <http://fm.ndu.edu.ua/wb/pages/ukrajinskoju/novini/perelik-statej.php>.

85. Метешкин К. А. Основы организации, функционирования и перспективы развития системы "Высшая школа Украины" : монография / К. А. Метешкин. – Х. : ХНАГХ, 2010. – 309 с.

86. Методичні рекомендації щодо рейтингової оцінки та розподілу випускників військових вищих навчальних закладів на первинні офіцерські посади. – К. : МО України, 2002. – 27 с.

87. Михеев В. И. Моделирование и методы теории измерений в педагогике. – М. : Высш. шк., 1987. – 200 с.

88. Модернізація вищої освіти і Болонський процес : матеріали до першої лекції / укладачі: М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, К. М. Левківський, Ю. В. Сухарніков // Освіта України. – 2004. – № 60-61 (10 серпня). – С. 7–11.

89. Mora, M., Cervantes-Pérez, F., Gelman-Muravchik, O. and Forgionne, G. (2012) "Modeling the Strategic Process of Decision-Making Support Systems Implementations: A System Dynamics Approach Review", *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 42(6), pp. 899-912.

90. Mora, M., Phillips-Wren, G., and Wang, F. (2014) 'An Integrative Evaluation Framework for Determining the Value of Group Decision Support Systems'. *Engineering Management Journal*, 26(2), pp. 24-38.
91. Науково-дослідний інститут прикладних інформаційних технологій. – Режим доступу : <http://www.ndipit.com.ua>.
92. Новосельцев В. Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохрнительных свойств / В. Н. Новосельцев. – М. : Наука, 1978. – 320 с.
93. Nunamaker, J.F., Briggs, R., Mittleman, D., Vogel, D. and Baltahzard, P. (1996-1997) 'Lessons from a dozen years of group support systems research: A discussion of lab and field findings', *Journal of Management Information Systems*, 13(3), pp.163-207.
94. Олейников В. А. Основы оптимального и экстремального управления / Олейников В. А., Зотов Н. С., Пришвин А. М. – М. : Высш. шк., 1969. – 296 с.
95. Осипов Г. В. Рабочая книга социолога / Осипов Г. В. – М. : КомКнига, 2006. – 480 с.
96. Пампуха І. В. Методика оцінювання якості освіти ВНЗ / І. В. Пампуха, А. В. Малюга // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – Хмельницький, 2012. – Т 1, № 3. – С. 220–228.
97. Пампуха І. В. Модель оцінки якості освіти ВНЗ за допомогою інформаційно-аналітичної системи / І. В. Пампуха, А. В. Малюга // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – К., 2011. – Вип. № 1. – С. 150–159.
98. Пампуха І. В. Розробка математичної моделі вибору показників оцінки якості освіти вищого навчального закладу / І. В. Пампуха, А. В. Малюга, В. П. Савкова // Науково-практичний журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони». – 2010. – №1(7). – С. 67–71.

99. Parasuraman, A., Zeithaml, V. and Berry, L. (1988) 'SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of services quality', *Journal of Retailing*, Vol. 64, No. 1, pp. 12-40.

100. Подласый И. П. Педагогика. Новый курс : учеб. для студ. пед. ВУЗов : в 2 кн. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999.

101. Shin, Y. (2012) 'Higher education development in Korea: western university ideas, Confucian tradition, and economic development', *Higher Education*, 64, pp. 59–72.

102. Приходько В. М. Моніторинг якості освіти і виховної діяльності навчального закладу : навч.-метод. посібн. для вчителя. – Х. : Вид. група "Основа" : "Триаді+", 2007. – 144 с. Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 576 ( 576-96-п ) від 29.05.96.

103. Про додаткові заходи щодо підвищення якості освіти в Україні / Президент України ; Указ від 20.03.2008 № 244/2008.

104. Про затвердження Положення про державний вищий навчальний заклад / Кабінет Міністрів України ; Постанова, Положення від 05.09.1996 № 1074.

105. Про затвердження Положення про освітньо-кваліфікаційні рівні (ступеневу освіту) / Кабінет Міністрів України; Постанова, Положення від 20.01.1998 № 65. Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ N 677 ( 677-99-п) від 23.04.99, N 1482 ( 1482-99-п) від 13.08.99, N 538 ( 538-2013-п) від 07.08.2013 р.

106. Про затвердження Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти / Міністерство освіти і науки України ; Наказ, Положення від 15.07.1996 № 245.

107. Про затвердження Програми дій щодо реалізації положень Болонської декларації в системі вищої освіти і науки України на 2004–2005 роки / Міністерство освіти і науки України ; Наказ, Програма від 23.01.2004, № 49.

108. Про Національну доктрину розвитку освіти / Президент України; Указ, Доктрина від 17.04.2002 № 347/2002.

109. Програма автоматизації ВНЗ АЛЬМА-МАТЕР [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.alma-mater.org.ua>.
110. Программные системы поддержки принятия оптимальных решений. Диалоговая система "MPRIORITY 1.0" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://tomakechoice.com/mpriority.html>.
111. Rauhvargers, A. (2011) 'Global University Rankings and their Impact', *European University Association*, Brussels, Belgium.
112. Розробка методики оцінювання якості освіти вищого військового навчального закладу з використанням інформаційно-аналітичної системи : звіт НДР шифр: "МОДЕЛЬ ІАС" (проміжний) / ВІКНУ ; ДРН 0101U001267 ; вих. від 18.10.11 № 18/1899. – К., 2011. – 61 с.
113. Right to education project. Quality Education. Онлайн-ресурс: <http://www.right-to-education.org/issue-page/education-quality>
114. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Саати Т., Кернс К. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
115. Саати Т. Л. Взаимодействие в иерархических системах. Техническая кибернетика / Саати Т. Л., 1979. – № 1. – С. 68–84.
116. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
117. Савкова В. П. Розробка математичної моделі вибору показників оцінки якості освіти вищого навчального закладу / В.П. Савкова, І.В. Пампуха, А. В. Малюга // Науково-практичний журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони» К. : НАОУ, 2010. – № 1(7). – С. 66–70.
118. Савкова В. П. До проблеми оцінок матриць попарних порівнянь по спостереженням / В. П. Савкова, О. Г. Наконечний // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2015. - №3- С. 61-69.
119. Савкова В. П. Розробка підходів щодо розробки методу оцінки якості організації і проведення підготовки фахівців в інтегрованій системі вищого навчального закладу/ В. П. Савкова// Вісник Київського університету ім. Тараса

Шевченка. Серія: Фізико-математичні науки. – 2014. – №4. – С.219-224.

120. Savkova V. Conceptual Design of QMM-HEI-SP: a Quality Management Model for HEIs Students Performance / Valentyna Savkova, Jorge Marx Gomez, Manuel Mora // International Journal of Information and Decision Sciences. – 2015. Онлайн доступ :

<http://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=ijids>

121. Savkova V. Quality management model for higher educational institutional / V. P. Savkova // Journal of Computational & Applied Mathematics. – 2016. – №1. – С. 98–108.

122. Самойленко В. И. Техническая кибернетика / В. И. Самойленко, В. А. Пузырёв, И. В. Грубрин. – М. : Изд-во МАИ, 1994. – 280 с.

123. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення : ДСТУ 2481-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – Х. : Держстандарт України, 1994. – 33 с. – Режим доступу :

<http://www.setlab.net/?view=what-is-IT>

124. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001-2008, IDT) : ДСТУ ISO 9001-2009. – [Чинний від 2009-09-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 26 с. – Режим доступу :

<http://www.zntu.edu.ua/base/i2/iff/k3/ukr/welding/guide/iso/iso9001.htm>.

125. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT) : ДСТУ ISO 9000:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 29 с. – Режим доступу :

[http://document.ua/sistemi-upravlinnja-jakisty.osnovni-polozhennja-ta-slovník-nor3058.html](http://document.ua/sistemi-upravlinnja-jakisty/osnovni-polozhennja-ta-slovník-nor3058.html).

126. Сисоєва С. Освітні реформи: Освітологічний контекст / С. Сисоєва // Теорія і практика управління соціальними системами - Актуальні проблеми розвитку вищої освіти - '2013 №3 - С. 44-54.

127. Singh, V., Grover, S. and Kumar, A. (2008) 'Evaluation of quality in an educational institute: a quality function deployment approach', *Educational Research and Review*, 3(4), pp.162-168.
128. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М. : Физматгиз, 1969. – 512 с.
129. Соловьев А. Д. Основы математической теории надежности / А. Д. Соловьев. – М. : Знание, 1975. – 103 с.
130. Співаковський О. В. Управління ІТ вищих навчальних закладів: як інформаційні технології допомагають зробити управління ефективним : метод. посіб. / О. В. Співаковський, Д. Є. Щедролосьєв, Я. Б. Федорова та ін. – Херсон : Айлант, 2006. – 356 с.
131. Shin, Y. (2012) 'Higher education development in Korea: western university ideas, Confucian tradition, and economic development', *Higher Education*, 64, pp.59–72.
132. Spohrer, J., Maglio, P.P., Bailey, J. & Gruhl, D. (2008) 'Steps toward a science of service systems', *IEEE Computer*, 40(1), pp.71–78.
133. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG). (2015). Brussels, Belgium.
134. Стрейц В. Метод пространственных состояний в теории дискретных линейных систем управления / Стрейц В. – М. : Наука, 1985. – 296 с.
135. Субетто А. И. Категория качества и эффективности в теории педагогических систем. Управление качеством подготовки специалистов в высшей школе / Субетто А. И. – Горький, 1989. – 127 с.
136. Сыгодина М. В. Моделирование процесса обучения в высшем учебном заведении : дис. кандидата техн. наук : 05.13.18 / Сыгодина Марина Владимировна. – Братск, 2005. – 129 с.
137. Tam, M. (2010). Measuring quality and performance in higher education. *Quality in Higher Education*, 7(1), 47–

54. <http://dx.doi.org/10.1080/13538320120045076>.

138. Технічні засоби вимірювання та керування в промислових процесах. Частина 1. Основні поняття. Терміни та визначення : ДСТУ 3956-2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – Режим доступу:

<http://www.setlab.net/?view=what-is-IT>.

139. Толубко В. Б. Концептуальна модель моніторингу якості освіти ВНЗ за принципом комбінованого управління / В. Б. Толубко, С. В. Ленков, І. В. Пампуха, А. В. Малюга // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2012. – Вип. № 35. – С. 6–19.

140. Tsinidou, M., Gerogiannis, V., & Fitsilis, P. (2010) 'Evaluation of the factors that determine quality in higher education: an empirical study', *Quality Assurance in Education*, 18(3), pp. 227-244.

141. Turban E. Decision support and expert systems: management support systems. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 4 edition, 1995. – 940 p.

142. Убайдуллаєв Ю. Н. Особливості створення системи інформаційного забезпечення експлуатації озброєння і військової техніки. / Ю. Н. Убайдуллаєв, Ю. В. Ольшевський, О. В. Буяло, В. П. Савкова // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. – 2010. - №26. – С. 133-137.

143. Федюков Д. А. Підхід до реалізації структури операційної системи для розрахункових кластерів / Д. А. Федюков, С. Г. Рябчун, В. П. Савкова, В. О. Міщенко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2009. – № 24. – С. 150–155.

144. Harvey, L., A. Burrows and D. Green (1992), Criteria of quality in Higher Education report of the QHE Project, The University of Central England, Birmingham.

145. Цехмістрова Г. Моніторинг якості професійної туристської освіти / Г. Цехмістрова. – К. : Вища школа, 2005. – № 1. – С. 66–72.

146. Шахгельдян К. И. Теоретические принципы и методы повышения эффективности автоматизации образовательных учреждений на основе онтологического подхода : дис. кандидата техн. наук : 05.13.06 / Шахгельдян Карина Иосифовна. – М., 2009. – 418 с.

147. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества надежности / Я. Б. Шор. – М. : Соврадио, 1962. – 252 с.

148. Ягодзінський А. Й. Оцінка знань студентів та якості підготовки фахівців (методичні та методологічні аспекти) : навч. посіб. / А. Й. Ягодзінський, А. О. Муромцева, Л. В. Іванова та ін. – К., 1997. – 216 с.

149. Янголенко О. В. Аналіз стану інформаційних технологій в системі вищої освіти / О. В. Янголенко, І. В. Лютенко, О. В. Яковлева : Вісник Харківського політехнічного університету. – Х., 2012.

150. Яссер Н.М. Модели и информационная технология управления развитием высшего учебного заведения : дис. кандидата техн. наук : 05.13.06 / Яссер Надим Гамлуш. – Харьков, 2005. – 154 с.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Таблиця А 1

Динамічні ланки та їх параметри, отримані для розробки структурної схеми організації і проведення НВП в ВНЗ

Елемент структурної схеми	Опис процесу	Тип динамічної ланки	Параметри
“Вступна кампанія”			
Збір і перевірка документів	Проводиться процес прийому і перевірки документів абітурієнта.	Аперіодична	$k_{PD1}$ ; $T_{PD1}$
100 % наявність документів	Проводиться процес перевірки всіх наявних документів у відповідності до вимог “Правил прийому до ВНЗ”.	Пропорційна	$k_{PD2}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{PD3}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{Vn3}$

Продовження табл. А 1

Елемент структурної схеми	Опис процесу	Тип динамічної ланки	Параметри
Мініміальний граничний рівень	Визначає мінімальну кількість балів від максимуму можливих.	Пропорційна	$k_{PO2}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{PO3}$
Мініміальний граничний рівень	Визначає критерій оцінювання для проходження перевірки.	Пропорційна	$k_{PO5}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{PO6}$
Стан здоров'я	Процес проведення медичного огляду абітурієнта.	Аперіодична	$k_{MO1}$ ; $T_{MO1}$
Мініміальний граничний рівень	Визначає критерій оцінювання для проходження перевірки.	Пропорційна	$k_{MO2}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{MO3}$
Екзамен	Процес проведення вступних екзаменів з визначених “Правилами прийому до ВНЗ” дисциплін.	Аперіодична	$k_{En1}$ ; $T_{En1}$
Мініміальний граничний рівень	Визначається мініміальний граничний рівень.	Пропорційна	$k_{En2}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{En3}$

Продовження табл. А 1

Елемент структурної схеми	Опис процесу	Тип динамічної ланки	Параметри
“Навчально-виховний процес”			
Загальний заданий міні рівень знань з дисципліни	Визначає загальний заданий міні рівень знань з дисципліни, який повинен опанувати студент, під час її вивчення.	Пропорційна	$k_{Dmin}$
Блок порівняння “ $\Sigma$ ”	Процес перевірки відповідності заданому рівню.		
Отримання знань студентом	Процес передачі знань від викладача до студента.	Інтегруюча	$k_{Mn1}$
Засвоєння знань	Процес засвоєння знань студентом. Відбувається по експоненціальному закону.	Аперіодична	$k_{Mn2}$ ; $T_{Mn2}$
Граничний рівень засвоєння модуля	Визначається граничний рівень засвоєння модуля, при якому доцільно здійснити перехід до вивчення наступного матеріалу.	Пропорційна	$k_{Mn4}$
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{Mn3}$
Інтегратор	Виконує функцію елемента, що здійснює підрахунок кількості разів проходження по даній ланці.	Інтегруюча	
Поріг	Визначає граничний рівень кількості допустимих перездач.	Пропорційна	$k_{Mn6}$
Формування бази даних за результатами навчання	Відбувається процес формування бази даних за результатами навчання.	Пропорційна	$k_{BD}$
Здійснення аналізу навчання студента по періодах та за весь термін навчання	Відбувається процес аналізу якості організації і проведення НВП в ВНЗ по періодах та за весь термін навчання.	Пропорційна	$k_{ZAn}$
Рекомендування на проходження практики на фірмі або підприємстві	Рекомендування на проходження практики на фірмі або підприємстві	Пропорційна	$k_{PP}$

Продовження табл. А 1

Елемент структурної схеми	Опис процесу	Тип динамічної ланки	Параметри
<b>“Робота за спеціальністю”</b>			
Робота за спеціальністю	Процес проходження випускника на посаді первинного призначення. Практичне застосування отриманих знань на робочому місці. Отримання додаткових знань.	Аперіодична	$k_{sl}$ ; $T_{sl}$
Відповідність займаній посаді	Процес оцінювання керівниками і викладачами відповідності займаній посаді випускника та рекомендаціям про доцільність його переміщення на нижчу посаду або звільнення з роботи	Пропорційна	$k_{Gr}$
Вплив керівництва ВНЗ	Процес впливу керівництва ВНЗ для здійснення коригування робочої діяльності випускника в разі його невідповідності займаній посаді. Процес додаткового навчання.	Пропорційна	$k_{vpl}$
Інтегратор	Виконує функцію елемента, що здійснює підрахунок кількості разів проходження по даній ланці.	Інтегруюча	
Поріг	Визначає кількість разів проведення доцільності коригування робочої діяльності випускника на посаді.	Пропорційна	$k_{por}$

Продовження табл. А 1

Елемент структурної схеми	Опис процесу	Тип динамічної ланки	Параметри
Логічний блок “&”	Виконує перевірку виконання всіх попередніх умов і допускає до наступного процесу.	Пропорційна	$k_{Zg}$ ; $k_{Zg}$
Щорічне оцінювання	Процес проведення щорічного оцінювання за визначеними критеріями.	Аперіодична	$k_{oc}$ ; $T_{oc}$
Повне оцінювання та аналіз професійної діяльності	Процес оцінки відповідності ОПП випускника вимогам замовника.	Пропорційна	$k_{poc}$

### СКЛАДОВІ ПОКАЗНИКІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯО ВНЗ І ЇХ КРИТЕРІЇВ

#### Блок показників “Вплив на організацію і проведення вступної кампанії”

Таблиця А 2.1

$A_{11}=\{\text{вимоги до наявності і відповідності документів}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Наявність і відповідність наданих абітурієнтом документів встановленим вимогам	100	1	$u_{A11}$

Таблиця А 2.2

$A_{12}=\{\text{вимоги до кількості балів в сертифікаті Українського центру оцінювання ЯО}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Результат оцінювання знань з 1-го конкурсного предмету (200 балів)	100	1	$u_{A12_1}$
Результат оцінювання знань з 2 -го конкурсного предмету (200 балів)	100	1	$u_{A12_2}$
Результат оцінювання знань з 3 -го конкурсного предмету (200 балів)	100	1	$u_{A12_3}$

Таблиця А 2.3

$A_{13} = \{\text{вимоги до кількості балів для участі у конкурсі}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Мінімальна кількість балів для участі у конкурсі (встановлюється для кожного року окремо)	1	0,01	$u_{A_{13}_1}$

$A_{14} = \{\text{вимоги до проведення медичного огляду}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Довідка форми «086У»	1	0,01	$u_{A_{14}_1}$

Таблиця А 2.6

$A_{15} = \{\text{наявність пільгових привілеїв в правилах прийому}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Результат медичного огляду вступника – “придатний (довідка 086У)”	100	1	$u_{A_{15}_1}$

### Блок показників “Вплив на організацію і проведення НВП в ВНЗ”

Таблиця А 2.7

$A_{16} = \{\text{організація самостійної підготовки}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Присутність студента на самостійній підготовці	100	1	$u_{A_{16}_1}$

Рівень організації самостійної підготовки керівниками підрозділів студентів, керівництвом факультетів	100	1	$u_{A16_2}$
Рівень методичного керівництва професорсько-викладацького складу	100	1	$u_{A16_3}$
Рівень забезпеченості студентів навчально-методичними матеріалами для проведення самостійного заняття, їх якість	100	1	$u_{A16_4}$
Ступінь використання студентом читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій	100	1	$u_{A16_5}$
Ступінь роботи викладача щодо надання допомоги студенту у самостійному добуванні знання, перевірці рівня засвоєння навчального матеріалу.	100	1	$u_{A16_6}$

Таблиця А 2.8

 **$A_{17} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$** 

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Наявність пакетів контрольних завдань для перевірки знань з дисципліни	100	1	$u_{A17_1}$
Рівень підготовленості студента до заняття	100	1	$u_{A17_2}$
Повнота, системність знання та уміння студентом їх застосовувати в практичній діяльності	100	1	$u_{A17_3}$
Орієнтування студента в актуальній літературі з предмету	100	1	$u_{A17_4}$
Активність студента та його поведіння на занятті	100	1	$u_{A17_5}$

Таблиця А 2.9

 **$A_{18} = \{\text{відвідуваність занять студентом}\}$** 

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у	у кількісній	

	відсотковому значенні	мірі	
Кількісне відношення фактичного відвідування студента на заняттях до максимального	100	1	$u_{A18_1}$

Таблиця А 2.10

**$A_{19} = \{ \text{наявність навчально-методичних матеріалів та електронних ресурсів з навчальних дисциплін, їх якість} \}$**

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Наявність навчально-методичного забезпечення дисципліни, яке відповідає змісту заняття (як в друкованому так і в електронному вигляді)	100	1	$u_{A19_1}$
Наявність методичних указівок щодо виконання дипломних робіт (проектів), державних екзаменів	100	1	$u_{A19_2}$
Рівень забезпеченості підручниками і навчальними посібниками як в друкованому так і в електронному вигляді	100	1	$u_{A19_3}$
Якість підручників, навчальних посібників як в друкованому так і в електронному вигляді, їх актуальність	100	1	$u_{A19_4}$

Таблиця А 2.11

**$A_{20} = \{ \text{контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять} \}$**

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Наявність і якість у викладача навчально-методичної документації. Ступінь досягнення мети заняття	100	1	$u_{A20_1}$
Наявність, зовнішній вигляд студентів. Порядок і дисципліна на занятті	100	1	$u_{A20_2}$

Ефективність використання навчального часу викладачем при проведенні заняття	100	1	$u_{A20_3}$
Застосування викладачем навчальних наочних посібників та технічних засобів навчання	100	1	$u_{A20_4}$
Оцінювання фахового рівня викладання дисципліни викладачем експертами	100	1	$u_{A20_5}$

Таблиця А 2.12

$A_{21} = \{\text{обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Співвідношення посадкових місць до загальної чисельності студентів	100	1	$u_{A26_1}$
Наявність обладнаних за призначенням лабораторій, класів, спец. аудиторій та їх забезпеченість устаткуванням, необхідним для виконання навчальних програм	100	1	$u_{A26_2}$
Забезпеченість читальних залів, бібліотек (в т.ч. електронних) фаховими періодичними актуальними виданнями	100	1	$u_{A26_3}$
Можливість доступу викладачів і студентів до Інтернету як джерела інформації, наявність каналів доступу	100	1	$u_{A26_4}$

Таблиця А 2.13

$A_{22} = \{\text{мотивація студента}\}$

Найменування критерію та міра його оцінювання	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Особиста мотивація студента до навчання	100	1	$u_{A22_1}$
Рівень стимулювання студентів (застосування дисциплінарних заохочень, можливість призначення	100	1	$u_{A22_2}$

фінансової винагороди (у вигляді призначення різного роду премій))			
Рівень задоволеності студента в організації і проведенні НВП	100	1	$u_{A_{22_3}}$

Таблиця А 2.14

$A_{23} = \{\text{організованість, дисциплінованість і сумлінне ставлення до навчання студента}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Рівень особистої організованості студента	100	1	$u_{A_{23_1}}$
Рівень вихованості студента	100	1	$u_{A_{23_2}}$
Рівень особистого ставлення до навчання (ретельність і відповідальність у навчальній діяльності, інтерес до знань)	100	1	$u_{A_{23_3}}$

Таблиця А 2.15

$A_{24} = \{\text{рівень фінансового забезпечення}\}$

Найменування критерію та міра його оцінювання	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Обсяг фінансів, що виділяються на наукові дослідження	100	1	$u_{A_{24_1}}$
Обсяг фінансів, що виділяються на матеріально-технічне забезпечення	100	1	$u_{A_{24_2}}$
Обсяг фінансів, що виділяються на міжнародне співробітництво	100	1	$u_{A_{24_3}}$

Таблиця А 2.16

$A_{25} = \{\text{рівень підготовки викладачів}\}$

Найменування критерію та міра його оцінювання	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Професійна компетентність, професіоналізм	100	1	$u_{A_{25_1}}$

Гуманістична спрямованість діяльності	100	1	$u_{A25_2}$
Педагогічна техніка (мистецтво, майстерність, уміння)	100	1	$u_{A25_3}$

**Блок показників “Проходження практики, робота за спеціальністю”**

Таблиця А 2.17

**$A_{26}=\{\text{професійні якості}\}$**

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Професійні знання	100	1	$u_{A26_1}$
Професійні уміння та навички	100	1	$u_{A26_2}$
Виконання посадових обов'язків	100	1	$u_{A26_3}$
Знання документів, які регламентують робочу діяльність	100	1	$u_{A26_4}$
Здатність до накопичення професійного досвіду та реалізація його у робочій професійній діяльності	100	1	$u_{A26_5}$
Уміння забезпечувати виконання завдань в екстремальних умовах (може бути враховано для окремих спеціалізацій)	100	1	$u_{A26_6}$
Мотивація до професійного самовдосконалення	100	1	$u_{A26_7}$

Таблиця А 2.18

**$A_{27}=\{\text{ділові якості}\}$**

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Стиль керівництва підлеглими та результативність діяльності	100	1	$u_{A27_1}$
Уміння формувати та дотримуватись доброго морально-психологічного клімату в колективі	100	1	$u_{A27_2}$

Уміння висловлювати думки в письмовій формі	100	1	$u_{A27_3}$
Уміння здійснювати публічні виступи	100	1	$u_{A27_4}$
Самостійність та ініціативність	100	1	$u_{A27_5}$
Відповідальність	100	1	$u_{A27_6}$
Цілеспрямованість	100	1	$u_{A27_7}$
Знання мов	100	1	$u_{A27_8}$
Толерантність	100		$u_{A27_9}$

Таблиця А 2.19

$A_{28}=\{\text{особистісні якості}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Творчість мислення	100	1	$u_{A28_1}$
Здатність до самооцінки	100	1	$u_{A28_2}$
Лідерські якості, авторитетність	100	1	$u_{A28_3}$
Наполегливість, активність	100	1	$u_{A28_4}$
Комунікативність	100	1	$u_{A28_5}$
Поведінка в стресових ситуаціях	100	1	$u_{A28_6}$
Самоконтроль в повсякденній діяльності	100	1	$u_{A28_7}$
Особистісна мотивація	100	1	$u_{A28_8}$
Пунктуальність	100	1	$u_{A28_9}$

Таблиця А 2.20

$A_{36}=\{\text{рівень дисциплінованості}\}$

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Рівень особистої дисциплінованості	100	1	$u_{A36_1}$

Таблиця А 2.21

 $A_{37} = \{\text{морально-етичні якості}\}$ 

Найменування критерію	Максимальне значення критерію		Умовні позначення
	у відсотковому значенні	у кількісній мірі	
Повага до інших	100	1	$u_{A_{37_1}}$
Порядність	100	1	$u_{A_{37_2}}$
Гуманність	100	1	$u_{A_{37_3}}$
Дотримання етичних норм стосовно підлеглих і колег	100	1	$u_{A_{37_4}}$
Чесність	100	1	$u_{A_{37_5}}$
Принциповість	100	1	$u_{A_{37_6}}$
Доброта	100	1	$u_{A_{37_7}}$

**Додаток Б****ОСНОВНІ КЕРІВНІ ДОКУМЕНТИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПОБУДОВИ  
СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВНЗ**

Таблиця Б.1

Назви документів
Постанова Кабінету Міністрів України від 17 серпня 2002 року №1134 «Про затвердження нормативів чисельності студентів, аспірантів, докторантів, здобувачів наукового ступеня кандидата наук, слухачів, інтернів на одну штатну посаду науково-педагогічного працівника у вищих навчальних закладах III і IV рівня акредитації та вищих навчальних закладах післядипломної освіти державної форми власності». (зі змінами)
Закон України «Про освіту» № 1060-ХІІ від 23 травня 1991 року (редакція 19 лютого 2016 року).
Закон України «Про професійно-технічну освіту» від 10 лютого 1998 року (редакція 2 червня 2015 року).
Закон України «Про вищу освіту» № 1556-VII від 01 липня 2014 року (редакція 9 серпня 2016 року).
Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 13 грудня 1991 року в редакції 21 квітня 2015 року.
Указ Президента України «Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року» від 25 червня 2013 року.
Указ Президента України «Про вищу атестаційну комісію України» від 25 лютого 1992 року.

## Додаток В

В даному додатку описано проведене моделювання навчального процесу, а також управлінські впливи на нього за допомогою програмного комплексу Maple. На рис. 1 показано криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень показника впливу  $A_{24} = \{\text{відвідуваність занять студентом}\}$  після 40 навчальних годин, де позначено: зеленим кольором – стан вивчення вибіркової навчальної дисципліни, яка відповідає “еталонному” рівню; червоним кольором – стан вивчення вибіркової навчальної дисципліни, при якому відбувається відхилення від “еталонного” рівня (погіршення значень показників впливу на ЯО ВНЗ).

Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “задовільно” замість “добре”.

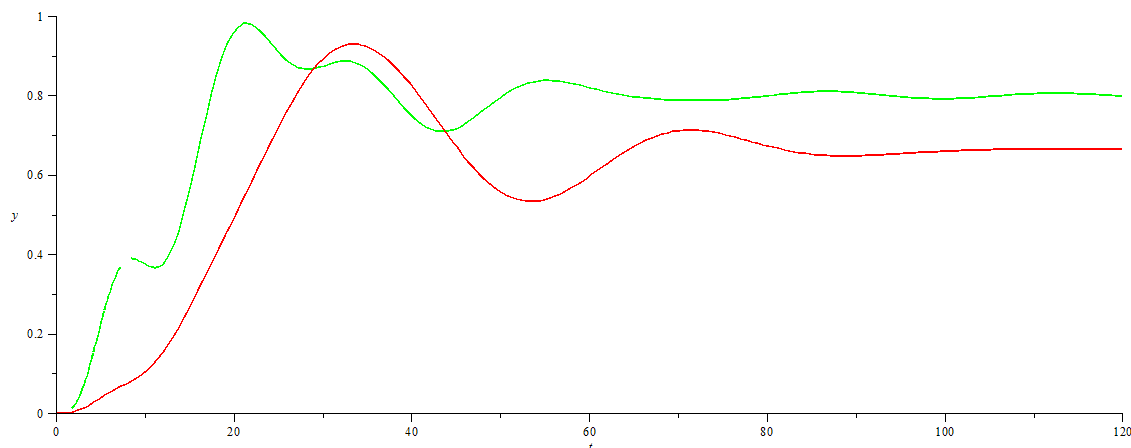


Рис. 1. Криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень показника впливу  $A_{23}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність занять: 90% до 40-ї навчальної години; 70% - після 40-ї навчальної години;
- кількість підручників: 90% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;

- кількість мотивуючих заходів: 100% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний нижній графік):

$$\begin{array}{llll}
 k_{n_{11}} = 0.9234 & k_{n_{21}} = 0.8426 & k_{n_{31}} = 0.8426 & k_{D_{11}} = 0.9835 \\
 k_{n_{12}} = 1.0 & k_{n_{22}} = 0.9783 & k_{n_{32}} = 0.9783 & T_{D_{11}} = 0.7325 \\
 T_{n_{12}} = 0.7892 & T_{n_{22}} = 0.7647 & T_{n_{32}} = 0.7647 & k_{D_{12}} = 0.9153 \\
 k_{n_{13}} = 0.8566 & k_{n_{23}} = 0.8396 & k_{n_{33}} = 0.8396 & k_{D_{15}} = 0.8257 \\
 k_{n_{14}} = 0.9176 & k_{n_{24}} = 0.8256 & k_{n_{34}} = 0.8256 & k_{D_{16}} = 0.9061 \\
 k_{n_{16}} = 0.6932 & k_{n_{26}} = 0.5321 & k_{n_{36}} = 0.5321 & k_{D_{17}} = 0.7824 \\
 k_{n_{17}} = 0.7845 & k_{n_{27}} = 0.7612 & k_{n_{37}} = 0.7612 & 
 \end{array}$$

Зелений графік відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 1. Статистичні дані являють собою інтегральні показники, які представляють експерти відповідно із оцінками студентів. Оцінки засвоєння показують як змінились оцінки студентів після управлінських впливів. Столпчик «Відхилення» ілюструє різницю в оцінках до і після застосування управлінських впливів.

Таблиця 1

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.3653	0.1153
Контрольна т. 2	0.45	0.5691	0.1191
Контрольна т. 3	0.7	0.815	0.115
Контрольна т. 4	0.71	0.8192	0.1192
Контрольна т. 5	0.74	0.8499	0.1099

На рис. 2 показано криві процесу реакції системи на погіршення значень показника впливу  $A_{22}=\{\text{мотивація студента}\}$  при “еталонних” значеннях показників:  $A_{23}=\{\text{організація поточного контролю знань}\}$  (кількість контролюючих заходів);  $A_{24}=\{\text{відвідуваність занять студентом}\}$ ;  $A_{25}=\{\text{наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість}\}$  після 40 навчальних годин. Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “добре” замість “відмінно”.

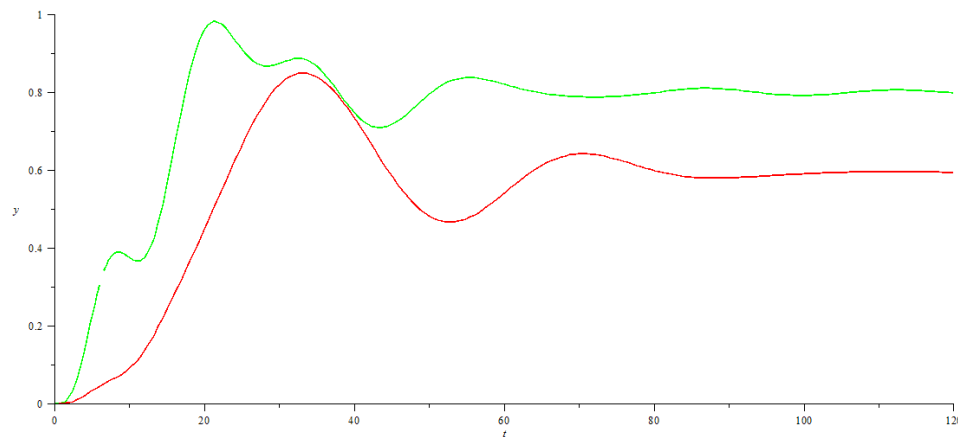


Рис. 2. Криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень показника впливу  $A_{27}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність: 90% від максимальної;
- кількість підручників: 90% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 100% від максимально можливої доцільної кількості до 20-ї навчальної години, 0 – після неї.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$k_{n_{11}} = 0.9135$	$k_{n_{21}} = 0.9135$	$k_{n_{31}} = 0.8112$	$k_{D_{11}} = 0.9135$
$k_{n_{12}} = 0.9123$	$k_{n_{22}} = 0.9007$	$k_{n_{32}} = 0.7991$	$T_{D_{11}} = 0.7825$
$T_{n_{12}} = 0.7195$	$T_{n_{22}} = 0.7195$	$T_{n_{32}} = 0.95$	$k_{D_{12}} = 0.9012$
$k_{n_{13}} = 0.8152$	$k_{n_{23}} = 0.7152$	$k_{n_{33}} = 0.9301$	$k_{D_{15}} = 0.8164$
$k_{n_{14}} = 0.9301$	$k_{n_{24}} = 0.9301$	$k_{n_{34}} = 0.8988$	$k_{D_{16}} = 0.8761$
$k_{n_{16}} = 0.7912$	$k_{n_{26}} = 0.7512$	$k_{n_{36}} = 0.6102$	$k_{D_{17}} = 0.7426$
$k_{n_{17}} = 0.7162$	$k_{n_{27}} = 0.7663$	$k_{n_{37}} = 0.8336$	

Зелений графік відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.2653	0.0153
Контрольна т. 2	0.45	0.5691	0.1191
Контрольна т. 3	0.7	0.915	0.215
Контрольна т. 4	0.71	0.9895	0.2105
Контрольна т. 5	0.74	0.9112	0.1012

На рис. 3 показано криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень показника впливу  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість}\}$  в разі відсутності необхідних підручників і навчальних посібників з навчальної дисципліни з самого початку одного навчального періоду, що дає значну різницю в результатах засвоєння навчальної дисципліни студентами після проведення другого модульного контролю (після проведення 60 навчальних годин).

Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “добре” замість “відмінно”.

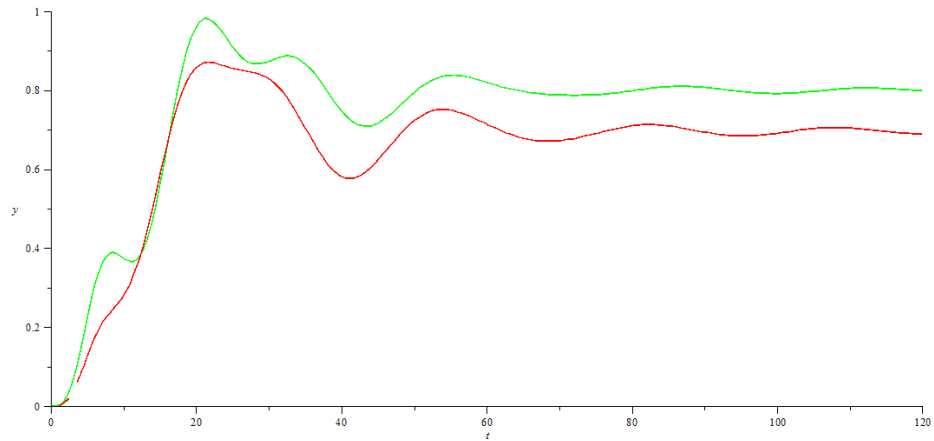


Рис. 3. Криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значення показника  $A_{24}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність: 90% від максимальної;
- кількість підручників: 60% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 100% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$k_{n_{11}} = 0.9145$	$k_{n_{21}} = 0.9135$	$k_{n_{31}} = 0.8112$	$k_{D_{11}} = 0.9135$
$k_{n_{12}} = 0.9023$	$k_{n_{22}} = 0.9123$	$k_{n_{32}} = 0.7991$	$T_{D_{11}} = 0.7825$
$T_{n_{12}} = 0.7195$	$T_{n_{22}} = 0.7195$	$T_{n_{32}} = 0.95$	$k_{D_{12}} = 0.9012$
$k_{n_{13}} = 0.8352$	$k_{n_{23}} = 0.8152$	$k_{n_{33}} = 0.9301$	$k_{D_{15}} = 0.8164$
$k_{n_{14}} = 0.9301$	$k_{n_{24}} = 0.9301$	$k_{n_{34}} = 0.8988$	$k_{D_{16}} = 0.8761$
$k_{n_{16}} = 0.7712$	$k_{n_{26}} = 0.7912$	$k_{n_{36}} = 0.6102$	$k_{D_{17}} = 0.7426$
$k_{n_{17}} = 0.7362$	$k_{n_{27}} = 0.7162$	$k_{n_{37}} = 0.8336$	

Зелений графік (верхній) відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.2653	0.0153
Контрольна т. 2	0.45	0.4691	0.0191
Контрольна т. 3	0.7	0.715	0.015
Контрольна т. 4	0.71	0.7895	0.0105
Контрольна т. 5	0.74	0.8112	0.0012

На рис. 4 показано криві процесу реакції математичної моделі при композиції погіршень значень двох показників впливу:  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість}\}$  в разі відсутності необхідних підручників і навчальних посібників з навчальної дисципліни з самого початку одного навчального періоду;  $A_{22} = \{\text{мотивація студента}\}$  (кількість накладених дисциплінарних стягнень та заохочень після проведення першого модульного контролю (після проведення 20 навчальних годин)).

Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “задовільно” замість “добре”.

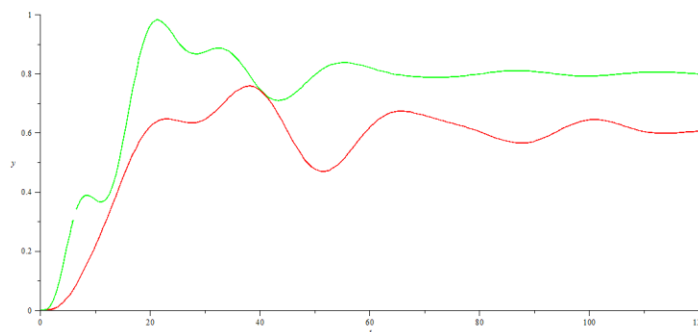


Рис. 4. Криві процесу реакції математичної моделі при композиції погіршень значень двох показників впливу  $A_{24}$  та  $A_{27}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність: 90% від максимальної;
- кількість підручників: 60% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 100% від максимально можливої доцільної кількості до 20-ї навчальної години, 0 – після неї.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний нижній графік):

$$\begin{array}{llll}
 k_{n_{11}} = 0.9135 & k_{n_{21}} = 0.8075 & k_{n_{31}} = 0.8112 & k_{D_{11}} = 0.9135 \\
 k_{n_{12}} = 0.9123 & k_{n_{22}} = 0.8135 & k_{n_{32}} = 0.7991 & T_{D_{11}} = 0.7825 \\
 T_{n_{12}} = 0.7195 & T_{n_{22}} = 0.7295 & T_{n_{32}} = 0.95 & k_{D_{12}} = 0.9012 \\
 k_{n_{13}} = 0.8152 & k_{n_{23}} = 0.8352 & k_{n_{33}} = 0.9301 & k_{D_{15}} = 0.8164 \\
 k_{n_{14}} = 0.9301 & k_{n_{24}} = 0.9301 & k_{n_{34}} = 0.8988 & k_{D_{16}} = 0.8761 \\
 k_{n_{16}} = 0.7912 & k_{n_{26}} = 0.7912 & k_{n_{36}} = 0.6102 & k_{D_{17}} = 0.7426 \\
 k_{n_{17}} = 0.7162 & k_{n_{27}} = 0.7272 & k_{n_{37}} = 0.8336 & 
 \end{array}$$

Зелений графік відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.3653	0.1153
Контрольна т. 2	0.45	0.7691	0.3191
Контрольна т. 3	0.7	0.915	0.215
Контрольна т. 4	0.71	0.8895	0.1105
Контрольна т. 5	0.74	0.9112	0.1012

На рис. 5 показано криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень двох показників впливу:  $A_{19} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість}\}$  в разі відсутності необхідних підручників і навчальних посібників з навчальної дисципліни з самого початку одного навчального періоду;  $A_{18} = \{\text{відвідуваність занять студентом}\}$ , яке понизилось після проведення модульного контролю (після проведення 40 навчальних годин).

Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “незадовільно” замість “добре”.

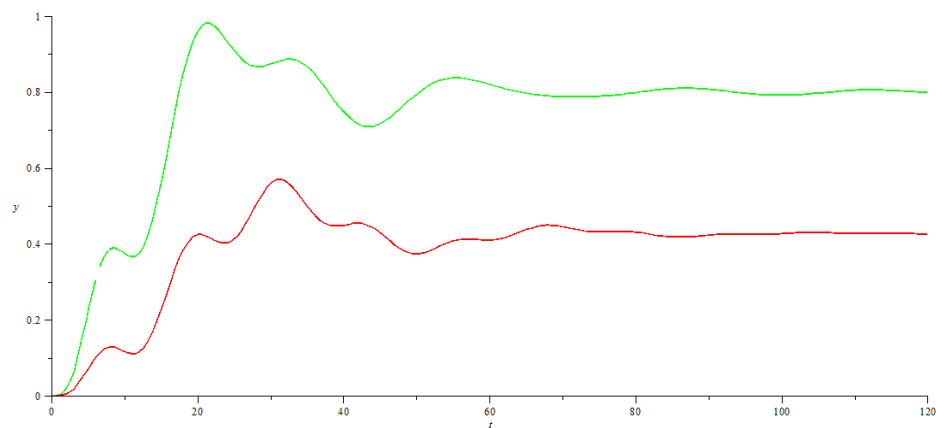


Рис. 5. Криві процесу реакції математичної моделі на погіршення значень показників впливу  $A_{23}$  та  $A_{24}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність: 90% до 20-ї навчальної години; 60% - після 20-ї навчальної години;
- кількість підручників: 60% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 100% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$k_{n_{11}} = 0.9335$	$k_{n_{21}} = 0.7135$	$k_{n_{31}} = 0.8112$	$k_{d_{11}} = 0.9135$
$k_{n_{12}} = 0.9233$	$k_{n_{22}} = 0.7123$	$k_{n_{32}} = 0.7991$	$T_{d_{11}} = 0.7825$
$T_{n_{12}} = 0.7195$	$T_{n_{22}} = 0.7395$	$T_{n_{32}} = 0.85$	$k_{d_{12}} = 0.9012$
$k_{n_{13}} = 0.8152$	$k_{n_{23}} = 0.8152$	$k_{n_{33}} = 0.9301$	$k_{d_{15}} = 0.8164$
$k_{n_{14}} = 0.9301$	$k_{n_{24}} = 0.7301$	$k_{n_{34}} = 0.8988$	$k_{d_{16}} = 0.8761$
$k_{n_{16}} = 0.7912$	$k_{n_{26}} = 0.7912$	$k_{n_{36}} = 0.6102$	$k_{d_{17}} = 0.7426$
$k_{n_{17}} = 0.7162$	$k_{n_{27}} = 0.6162$	$k_{n_{37}} = 0.8336$	

Зелений графік відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.2653	0.0153
Контрольна т. 2	0.45	0.4691	0.0191
Контрольна т. 3	0.7	0.715	0.015
Контрольна т. 4	0.71	0.7895	0.0105
Контрольна т. 5	0.74	0.8112	0.0012

На рис. 6 показано криві процесу реакції математичної моделі після коригування організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом формування управлінських впливів на показник впливу:  $A_{22} = \{\text{організація поточного контролю знань}\}$  (кількість контролюючих заходів);  $A_{17} = \{\text{мотивація студента}\}$ . Червоним кольором позначене коригування НВП у ВНЗ шляхом формування мотивування студентів, зеленим – за допомогою збільшення контрольних опитувань протягом одного навчального періоду. Значне поліпшення у другому випадку пояснюється більшим впливом фактору “Організація поточного контролю знань студентів”, який формується у тому

числі даним кількісним показником. Результати поліпшення відповідають лінгвістичному терму “добре” та “задовільно”.

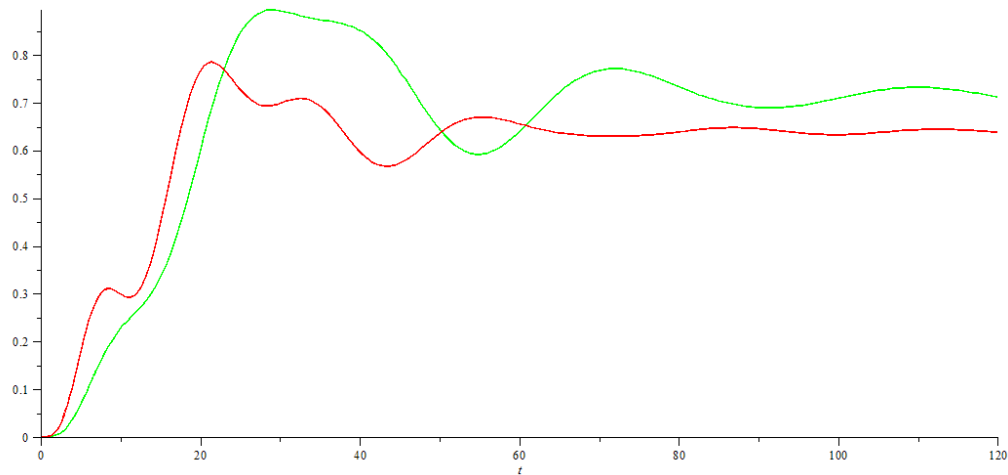


Рис. 6. Криві процесу реакції математичної моделі після коригування організації і проведення НВП у ВНЗ шляхом формування управлінських впливів на показник впливу  $A_{22}$  та  $A_{27}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ:

- відвідуваність: 90% від максимальної;
- кількість підручників: 60% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 60% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$k_{11} = 0.9135$	$k_{21} = 0.9135$	$k_{31} = 0.8112$	$k_{D11} = 0.9135$
$k_{12} = 0.9123$	$k_{22} = 0.9123$	$k_{32} = 0.7991$	$T_{D11} = 0.7825$
$T_{12} = 0.7195$	$T_{22} = 0.7195$	$T_{32} = 0.95$	$k_{D12} = 0.9012$
$k_{13} = 0.8152$	$k_{23} = 0.8152$	$k_{33} = 0.9301$	$k_{D15} = 0.8164$
$k_{14} = 0.9301$	$k_{24} = 0.9301$	$k_{34} = 0.8988$	$k_{D16} = 0.8761$

$$\begin{array}{llll}
 k_{16} = 0.7912 & k_{26} = 0.7912 & k_{36} = 0.6102 & k_{D17} = 0.7426 \\
 k_{17} = 0.7162 & k_{27} = 0.7162 & k_{37} = 0.8336 & 
 \end{array}$$

Зелений графік відповідає перехідному процесу математичної моделі з параметрами, ідентифікованими на першому етапі перевірки адекватності.

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 6.

Таблиця 6

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.3353	0.153
Контрольна т. 2	0.45	0.5391	0.291
Контрольна т. 3	0.7	0.915	0.2395
Контрольна т. 4	0.71	0.9895	0.2395
Контрольна т. 5	0.74	0.9112	0.1412

На рис. 7 показано криві процесу реакції математичної моделі після формування управлінських впливів на показники впливу:  $A_{19} = \{\text{відвідуваність занять студентом}\}$ ;  $A_{18} = \{\text{наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість}\}$ . Червоний колір відповідає поліпшенню показника впливу  $A_{18}$ , зелений – поліпшенню показника впливу  $A_{19} = \{\text{відвідуваність занять студентом}\}$ . Відвідуваність занять студентом здійснює більший вплив на досягнення рівня засвоєння навчальної дисципліни не нижче заданого.

Рівень якості засвоєння навчальної дисципліни відповідає лінгвістичному терму “задовільно” та “добре”.

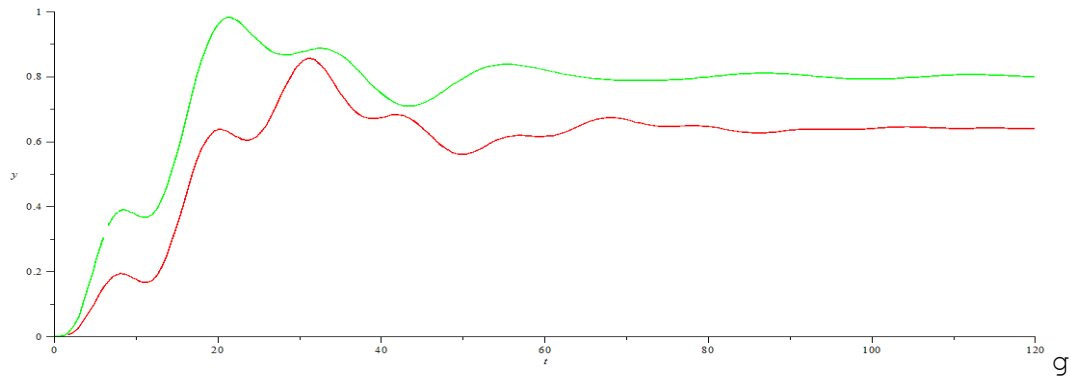


Рис. 7. Криві процесу реакції математичної моделі після формування управлінських впливів на показники впливу  $A_{23}$  та  $A_{24}$

Статистична інформація за показниками впливу на ЯО ВНЗ для випадку поліпшення відвідуваності:

- відвідуваність: 98% від максимальної;
- кількість підручників: 60% від максимально можливої кількості;
- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 60% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$k_{n_{11}} = 0.9135$	$k_{n_{21}} = 0.9135$	$k_{n_{31}} = 0.8112$	$k_{D_{11}} = 0.9135$
$k_{n_{12}} = 0.9123$	$k_{n_{22}} = 0.9123$	$k_{n_{32}} = 0.7991$	$T_{D_{11}} = 0.7825$
$T_{n_{12}} = 0.7195$	$T_{n_{22}} = 0.7195$	$T_{n_{32}} = 0.95$	$k_{D_{12}} = 0.9012$
$k_{n_{13}} = 0.8152$	$k_{n_{23}} = 0.8152$	$k_{n_{33}} = 0.9301$	$k_{D_{15}} = 0.8164$
$k_{n_{14}} = 0.9301$	$k_{n_{24}} = 0.9301$	$k_{n_{34}} = 0.8988$	$k_{D_{16}} = 0.8761$
$k_{n_{16}} = 0.7912$	$k_{n_{26}} = 0.7912$	$k_{n_{36}} = 0.6102$	$k_{D_{17}} = 0.7426$
$k_{n_{17}} = 0.7162$	$k_{n_{27}} = 0.7162$	$k_{n_{37}} = 0.8336$	

Статистична інформація по показниках впливу на ЯО ВНЗ для поліпшення матеріально-технічного забезпечення:

- відвідуваність: 90% від максимальної;
- кількість підручників: 90% від максимально можливої кількості;

- кількість опитувань на навчальних заняттях: 100% від максимально можливої доцільної кількості;
- кількість мотивуючих заходів: 60% від максимально можливої доцільної кількості.

Отримані параметри диференційного рівняння для навчальної дисципліни, що досліджується, представлені нижче (червоний графік):

$$\begin{array}{llll}
 k_{n_{11}} = 0.8136 & k_{n_{21}} = 0.8133 & k_{n_{31}} = 0.8232 & k_{D_{11}} = 0.9535 \\
 k_{n_{12}} = 0.8143 & k_{n_{22}} = 0.8119 & k_{n_{32}} = 0.7292 & T_{D_{11}} = 0.9125 \\
 T_{n_{12}} = 0.7195 & T_{n_{22}} = 0.7192 & T_{n_{32}} = 0.9023 & k_{D_{12}} = 0.7812 \\
 k_{n_{13}} = 0.8112 & k_{n_{23}} = 0.8352 & k_{n_{33}} = 0.9231 & k_{D_{15}} = 0.8334 \\
 k_{n_{14}} = 0.8301 & k_{n_{24}} = 0.8935 & k_{n_{34}} = 0.8548 & k_{D_{16}} = 0.6861 \\
 k_{n_{16}} = 0.6912 & k_{n_{26}} = 0.7925 & k_{n_{36}} = 0.6602 & k_{D_{17}} = 0.8428 \\
 k_{n_{17}} = 0.7162 & k_{n_{27}} = 0.7435 & k_{n_{37}} = 0.8436 & 
 \end{array}$$

Порівняння даних оцінювання якості та статистичної інформації щодо засвоєння знань наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

Статистичні дані порівняння та даних оцінювання якості засвоєння знань

Точки / Значення	Статистичні дані	Оцінки засвоєння	Відхилення
Контрольна т. 1	0.25	0.3723	0.1077
Контрольна т. 2	0.65	0.401	0.221
Контрольна т. 3	0.7	0.855	0.115
Контрольна т. 4	0.71	0.959	0.109
Контрольна т. 5	0.74	0.9812	0.112

## Додаток Г

Оцінювання результативності системи організації і проведення НВП у ВНЗ для найбільш значимих показників впливу на ЯО ВНЗ – блоку 2 “Показники впливу на організацію і якість проведення НВП у ВНЗ” ( $A_{16} \div A_{23}$ ) здійснюється наступним чином:

1. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{16}$  – “Організація самостійної підготовки” представлений на рис. 1.

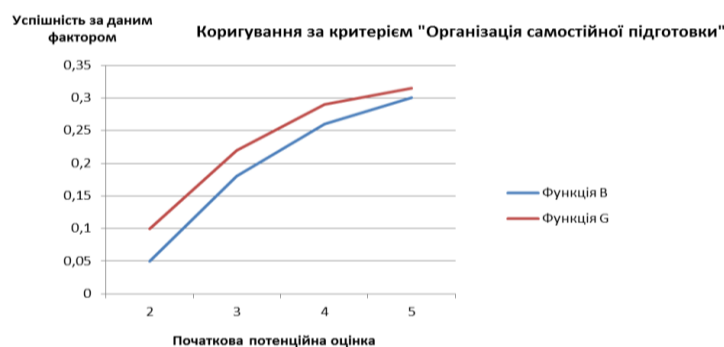


Рис. 1. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{21}$

Як бачимо з представленою на рис. 4.2. графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,968$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,929$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) за показником  $A_{16}$  становить  $E = 0,041333$  умовних одиниць.

2. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{17}$  – “Організація поточного контролю знань” представлений на рис. 2.

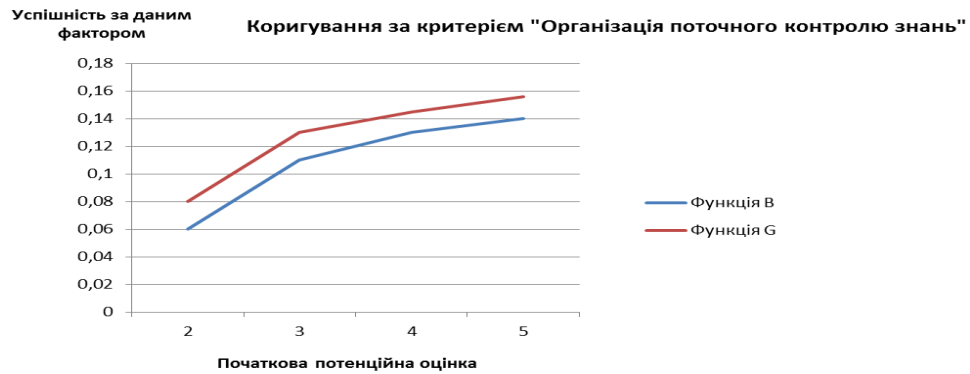


Рис. 2. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{22}$

Як бачимо з представленою на рис. 2 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,668$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,604$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{17}$  становить  $E = 0,10596$  умовних одиниць.

3. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{18}$  – “Відвідуваність занять студентом” представлений на рис. 3.

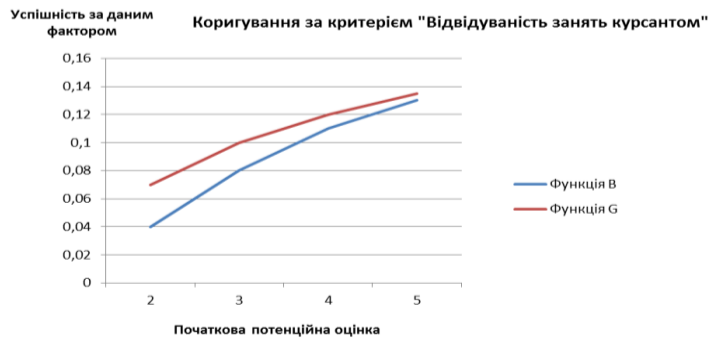


Рис. 3. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{23}$

Як бачимо з представленою на рис. 3 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,592$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,504$ . Відповідно, коефіцієнт результативності

динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{18}$  становить  $E = 0,1746$  умовних одиниць.

4. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{19}$  – “Наявність підручників і навчальних посібників з навчальних дисциплін, їх якість” представлений на рис. 4.

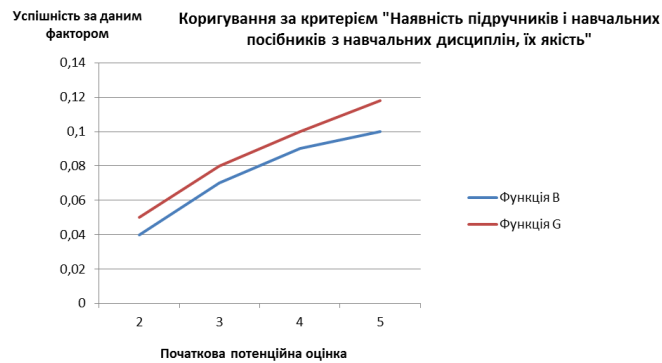


Рис. 4. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{24}$

Як бачимо з представленою на рис. 4 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,556$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,49$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{19}$  становить  $E = 0,1347$  умовних одиниць.

5. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{20}$  – “Контролююча діяльність керівництва за організацією і відвідуванням занять” представлений на рис. 5.

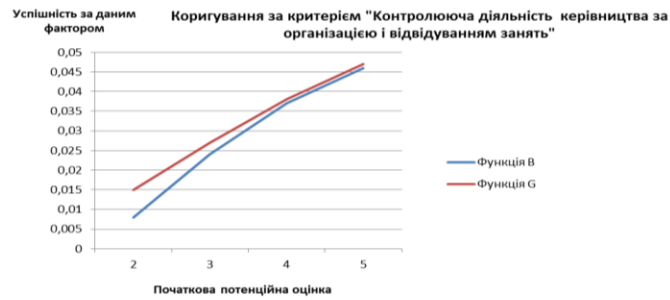


Рис. 5. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{25}$

Як бачимо з представленого на рис. 5 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,0926$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,092081$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{20}$  становить  $E = 0,00564$  умовних одиниць.

6. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{21}$  – “Обладнання читальних залів, лабораторій, класів, спец. аудиторій” представлено на рис. 6.

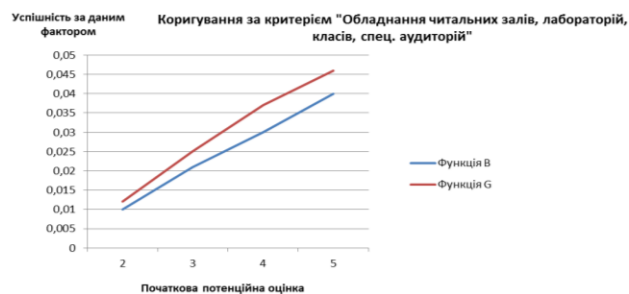


Рис. 6. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{26}$

Як бачимо з представленого на рис. 6 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,092$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,09161$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи

управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{21}$  становить  $E = 0,00532$  умовних одиниць.

7. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{22}$  – “Мотивація студента” представлений на рис. 7.

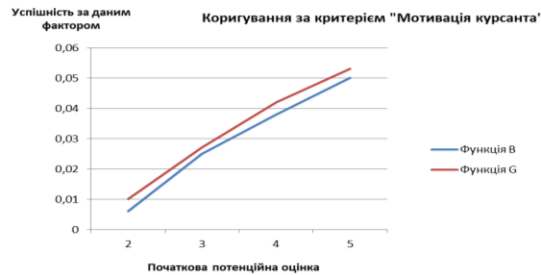


Рис. 4.8. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{22}$

Як бачимо з представленою на рис. 7 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,093$ ;  $\int B(\epsilon)d\epsilon = 0,0924$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{22}$  становить  $E = 0,0636$  умовних одиниць.

8. Результативність системи після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{23}$  – “Організованість, дисциплінованість і сумлінне ставлення до навчання студента” представлений на рис. 8.

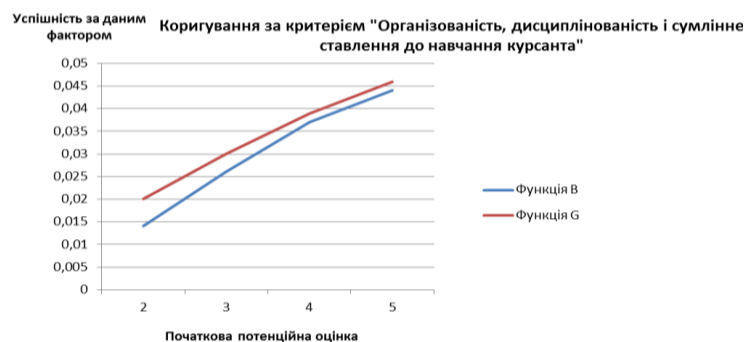


Рис. 8. Графічне зображення значень після здійснення управлінських впливів на показник  $A_{28}$

Як бачимо з представленого на рис. 8 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились. При цьому площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 0,099$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 0,09161$ . Відповідно, коефіцієнт результативності динамічної системи управління (4.20) після формування управлінських впливів на показник  $A_{23}$  становить  $E = 0,08066$  умовних одиниць.

Проведемо обчислення агрегованого показника результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ. На рис. 9 представлено його графічне відображення.

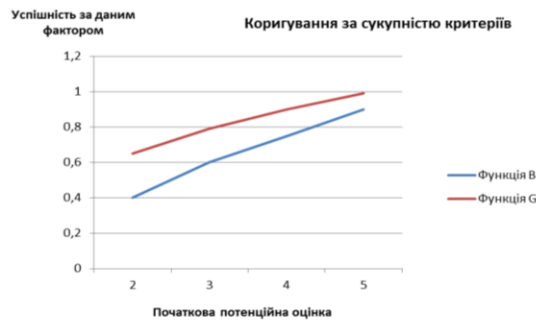


Рис. 9. Агрегований показник результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ

Як бачимо з представленого на рис. 9 графіку, показники, які характеризують результати організації і проведення НВП у ВНЗ поліпшились для всіх початкових потенційних рівнях знань (оцінках) студентів після формування на них управлінських впливів. При цьому агрегована площа підграфіку обох функцій відповідно:  $\int G(\theta)d\theta = 3,1606$ ;  $\int B(\varepsilon)d\varepsilon = 2,89$ . За формулою (4.20) загальний показник результативності використання методики оцінювання рівня ЯО ВНЗ, агрегований за показниками впливу на ЯО ВНЗ проектованої системи становить

$$E = \frac{3,1606}{2,89} - 1 = 0,0936.$$

Таким чином оцінка результативності використання методики оцінювання

рівня ЯО ВНЗ за агрегованим показником склала 9,36%, що є прийнятним результатом, враховуючи низькі витрати на розроблення запропонованої системи.