

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ПРОХОРЕНКО ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 681.5.015:658.336:004.032.26 (042.3)

**АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ  
АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ  
МЕТОДІВ**

05.13.07 – Автоматизація процесів керування

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

Касьянов Володимир Олександрович

Київ – 2016

ЗМІСТ	Стр.
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
<b>РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ І ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Аналіз публікацій за темою досліджень.....	11
1.2 Процес підготовки авіаційних кадрів, як об'єкт керування .....	17
1.2.1 Автоматизацiоноване проектування процесу підготовки авіаційних кадрів.....	21
1.2.2 Методи активного навчання в процесі керування підготовкою авіаційних кадрів.....	26
1.3 Аналіз факторів, що впливають на необхідність підвищення якості процесу підготовки авіаційних кадрів.....	31
1.3.1 Вплив властивості забування на процес засвоєння інформації при керуванні процесом підготовки авіаційних кадрів.....	32
1.3.2 Вплив соціально-психологічного фактору на процес формування знань і вмінь при керуванні процесом підготовки авіаційних кадрів.....	34
1.4 Постановка задачі автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів, шляхом оптимізації розподілу операційного часу.....	37
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1.....	40
<b>РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗПОДІЛУ ОПЕРАЦІЙНОГО ЧАСУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ.....</b>	<b>41</b>
2.1 Проблемне навчання як варіант автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.....	41
2.2 Моделі «забування» інформації для автоматизованої системи підготовки авіаційних кадрів.....	45

2.3	Синтез структурних схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.....	48
2.3.1	Схеми автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів з пасивним контролем.....	49
2.3.2	Схеми автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів з активним контролем.....	52
2.4	Оптимізація структур схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів в детермінованій постановці.....	55
2.5	Оптимізація інформаційного зв'язку дисциплін навчального плану.....	60
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2.....		71
<b>РОЗДІЛ 3 СИНТЕЗ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>		<b>72</b>
3.1	Синтез архітектур нейронних мереж для підвищення процесу підготовки авіаційних кадрів.....	72
3.2	Синтез методів навчання нейронних мереж для автоматизованого процесу підготовки авіаційних кадрів.....	84
3.3	Нейромережева модель оцінки залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей.....	86
3.4	Навчання та аналіз адекватності нейромережевої моделі.....	92
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3.....		97
<b>РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА ВИБОРУ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ПІДГОТОВКОЮ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ.....</b>		<b>98</b>
4.1	Алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.....	99

4.2	Алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку між блоками інформації.....	103
4.3	Автоматизована інформаційна система складання індивідуальних навчальних планів підготовки авіаційних кадрів.....	106
4.4	Вплив якості підготовки авіаційних кадрів на безпеку польотів..	109
4.5	Влив оптимізації часової структури процесу підготовки авіаційних кадрів на показники безпеки польотів.....	114
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4.....		122
<b>ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....</b>		123
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>		125
<b>ДОДАТКИ</b>		
<b>ДОДАТОК А.....</b>		136
A1	Алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання .....	136
A2	Покрокове пояснення алгоритму автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання .....	137
<b>ДОДАТОК В.....</b>		140
B1	Алгоритм автоматизацovanого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку блоків навчальних дисциплін.....	140
B2	Покрокове пояснення алгоритму автоматизацovanого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку блоків навчальних дисциплін.....	141
<b>ДОДАТОК Г.....</b>		143
Акт про впровадження у навчально-виховний процес результатів дисертаційної роботи.....		143

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

АТС	–	Авіаційна транспортна система;
БП	–	Безпека польотів;
ЛФ	–	Людський фактор;
АП	–	Авіаційний персонал;
АСУ ПФ	–	Автоматизована система управління підготовкою фахівців;
УППФ	–	Управління процесом підготовки фахівців;
АСУ	–	Автоматизовані системи управління;
АНС	–	Автоматизовані навчальні системи;
НП	–	Навчальний процес;
АС	–	Активна система ;
ПРМ	–	Проблемно-ресурсний метод;
ПВС	–	Професорсько-викладацький склад;
ПС	–	Проблемна ситуація;
ПП	–	Проблемне питання;
ПЗ	–	Проблемна задача;
СПК	–	Соціально-психологічний клімат;
ПН	–	Проблемне навчання;
ШНМ	–	Штучна нейронна мережа;
НМ	–	Нейронна мережа;
НММ	–	Нейромережева модель.

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** В умовах подолання кризових явищ в економіці та кадровій політиці питання якості підготовки технічних кадрів (льотного складу) доволі актуальне. Основною причиною цього є невідповідність якості підготовки фахівців навчальних закладів вимогам їх замовників, відсутність необхідних компетенцій та інноваційних знань, яких потребують сучасні технології. Оскільки процес підготовки фахівців технічного профілю вимагає залучення значно більших ресурсів ніж в інших галузях знань, то для досягнення необхідної якості підготовки потрібен високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових. Цій проблемі присвячені праці вітчизняних учених, таких як: Е. Г. Винограй, Є. С. Жариков, О. С. Разумовський, Г. А. Ширшин, А. І. Уемов, В. В. Яцкевич. Для вирішення цього складного завдання необхідно впровадити математичні методи підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного коригування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов. Основними інструментами для цього можуть стати інтелектуальні методи моделювання та оптимізації, які дають змогу прогнозувати можливий розвиток подій, наслідки тих чи інших впливів на управлінські рішення, а головне, дозволяють знайти найкращі оптимальні рішення щодо підготовки авіаційних кадрів. У цій роботі оптимізація та інтелектуальні методи моделювання процедури підготовки розглянуті на прикладі підготовки льотного складу. Оскільки питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу за постійно зростаючих вимог щодо забезпечення безпеки польотів (БП) стають більш жорсткішими. Аналіз стану БП спонукає до необхідності реформування існуючої системи підготовки авіаційного персоналу. Відповідно до існуючої статистики до 80% авіаційних подій відбувається з вини персоналу, основні чинники помилкових дій якого прямо або опосередковано пов'язані з рівнем їх професійної підготовки. Ідеї та методи системної оптимізації були запропоновані академіком В. М. Глушковим, розвинені академіком В. С. Міхалевичем, професорами В. Л. Волковичем та К. Д. Жуком. Підвищенню якості підготовки фахівців за рахунок

автоматизованого керування, у тому числі і на основі методів і засобів штучного інтелекту присвячені праці Д. А. Поспелова, В. А. Геловані, В. М. Глушкова, І. Ю. Юсупова, Т. А. Гаврилової, Е. А. Трахтенгерца, А. І. Галушкіна, А. Ньюелла, Н. А. Саймона, Б. Алена, Т. Бернерс-Лі, Р. Бергмана та ін.

Водночас недостатньо дослідженою є проблема розроблення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень під час керування процесом підготовки авіаційних кадрів, що зумовлює актуальність вибраного напряму досліджень.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дана робота є складовою частиною досліджень, що проводяться в Національному авіаційному університеті, і спрямована на подальше вдосконалення автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

Дисертаційна робота виконувалась у рамках фундаментальної держбюджетної науково-дослідної роботи: № 400-ДБ 07 «Формування системи управління якістю вищих навчальних закладів». Номер державної реєстрації НДР: 0107U002741.

### **Мета і завдання дослідження.**

*Мета* дисертаційної роботи – підвищення ефективності автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів шляхом використання інтелектуальних методів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі основні *завдання*:

1. Провести порівняльний аналіз публікацій за темою досліджень та чинників, що впливають на ефективність автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

2. Розробити математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання під час автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

3. Обґрунтувати і розробити критерій оцінки якості засвоєння інформації та набуття практичних навичок суб'єктами навчання.

4. Розробити структуру автоматизованої системи керування процесом підготовки авіаційних кадрів та алгоритми її функціонування.

5. Розробити алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу залежно від інформаційних зв'язків між блоками інформації.

6. Синтезувати нейромережеву модель визначення залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей.

*Об'єкт дослідження* – процес автоматизованого керування підготовкою авіаційних кадрів.

*Предметом дослідження* – методи автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів.

**Методи дослідження.** Для розв'язання поставлених завдань у роботі використані методи сучасної теорії автоматизованого керування, системного аналізу, оптимізації, математичного моделювання, нечіткої логіки, положень та теорії ймовірностей.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В роботі отримані наступні наукові результати.

*Уперше:*

1. Розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання, що дало можливість експериментально визначити оптимальний час засвоєння інформації та набуття необхідних для самостійного польоту навичок.

2. Розроблено критерій оцінки якості засвоєння інформації, який дозволив визначати експериментальні показники найбільш ефективного засвоєння інформації та набуття практичних льотних навичок суб'єктами навчання з урахуванням їх індивідуальних здібностей.

*Дістав подальшого розвитку:*

Алгоритм параметричного та структурного синтезу нейронної мережі, що дозволило автоматизувати процес підтримки прийняття рішень під час керування підготовкою авіаційних кадрів.

**Практична значимість наукових результатів.** Воно полягає у розробленні алгоритмічного забезпечення автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів та



розподілом операційного часу відповідно до інформаційних зв'язків між блоками інформації, що дозволяє управляти часовою структурою програм навчання. Запропоновано нейромережеву модель (НМ) процесу професійної підготовки авіаційних кадрів на базі інтелектуальних технологій, що дало змогу прогнозувати рівень підготовки авіаційних кадрів залежно від їх індивідуальних здібностей. Отримані результати розробленої структури та алгоритму можуть бути використані як методичне забезпечення розробки програмних продуктів автоматизованих систем керування процесом підготовки пілотів, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців за спеціальністю «Автоматика та автоматизація на транспорті».

**Особистий вклад.** Результати досліджень, які увійшли до дисертаційної роботи, отримано особисто автором. В опублікованих роботах у співавторстві здобувачеві належить: в працях [54, 99, 39] проведено аналіз аспектів процесу підготовки авіаційних фахівців, наведено класифікацію ресурсів, які реалізуються в процесі підготовки авіаційних фахівців, при вирішенні проблемно-ресурсної ситуації; у працях [98,57] наведено моделі формалізації задач навчання з контролем та забування навчальної інформації, які надають можливість визначати оптимальний час для засвоєння інформації залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання; у праці [105] запропоновано застосування принципу максимуму суб'єктивної ентропії до дослідження процесу підготовки фахівців; в працях [59,60,58] запропоновано методологічні складові, щодо вирішення проблем удосконалення процесу підготовки фахівців шляхом формалізації завдань навчання з контролем і забуванням засвоєної навчальної інформації; в працях [66, 92] запропоновано інформаційну зв'язність блоків навчальної інформації та наведено параметричну ідентифікацію, на основі опрацювання статистичних даних успішності суб'єктів навчання; у праці [80] розглядається можливість використання моделі нейронних мереж, для оцінки рівня професійної підготовки авіаційних кадрів.

**Апробація результатів роботи.** Основні результати досліджень, які наведено в дисертаційній роботі, доповідалися автором і обговорювалися на: IV World Congress “Aviation in the XXI Century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”; III World

Congress “Aviation in the XXI Century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”; VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «ПОЛІТ-2010»; IX Міжнародній науково-технічній конференції «ABIA-2009»; X Міжнародній науково-технічній конференції «ABIA-2011»; XVI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки».

**Публікації.** За темою дисертаційних досліджень опубліковано 12 наукових праць, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у іноземному виданні та 3 статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз) і 6 тез доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

**Структура дисертації та її об’єми.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота містить 134 сторінки основного тексту, 71 рисунок та 14 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 143 сторінки, список літературних джерел налічує 106 найменувань.

## РОЗДІЛ 1

### ОСОБЛИВОСТІ І ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ

#### 1.1 Аналіз публікацій за темою досліджень

В умовах подолання кризових явищ в економіці питання якості підготовки технічних кадрів збільшує актуальність. Основною причиною цього є невідповідність якості підготовки випускників навчальних закладів вимогам з боку підприємств промисловості та транспорту, відсутність необхідних компетенцій та інноваційних знань, яких потребують сучасні технології. Оскільки процес підготовки фахівців технічного профілю вимагає залучення значно більших ресурсів ніж в інших галузях знань, то для досягнення необхідної якості підготовки потрібний високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових. Вирішення такої складної задачі вимагає впровадження математичних методів підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного корегування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов. Основними інструментами при цьому є інтелектуальні методи моделювання та оптимізації, які дозволяють прогнозувати розвиток подій, наслідки тих чи інших управлінських рішень, а головне, дозволяють знайти найкращі оптимальні рішення щодо підготовки авіаційних кадрів. В даній роботі оптимізація та інтелектуальні методи моделювання процедури підготовки розглянуті на прикладі підготовки льотного складу. Тому, що питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу є найбільш актуальним в умовах еволюційних змін в теорії забезпечення безпеки польотів (БП). Аналіз стану авіаційних пригод (рис.1.1) спонукає до необхідності реформування існуючої системи підготовки авіаційного персоналу (АП). Як це видно з (рис.1.1), біля 80% авіаційних подій (АП) обумовлено діями льотного складу. Тому питання відповідності рівня професійної підготовки льотного складу є найбільш актуальним

і в умовах еволюційних змін в теорії забезпечення БП. Аналіз стану БП спонукав до висновку про необхідність реформування існуючої системи підготовки АП.

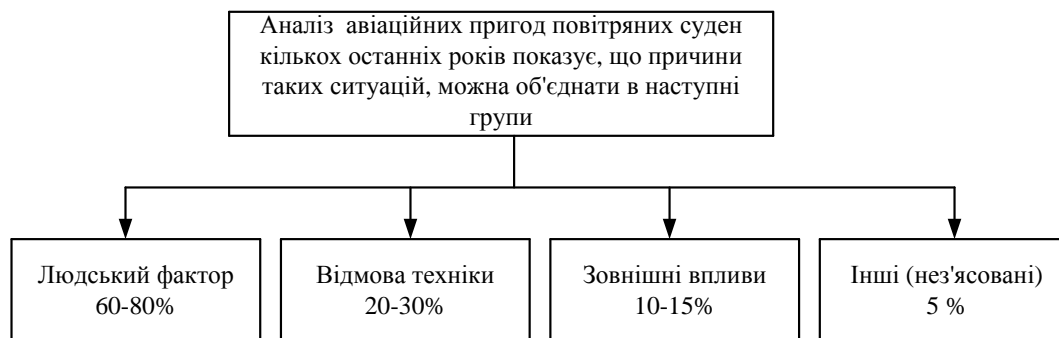


Рис.1.1 Аналіз авіаційних пригод повітряних суден

Проаналізуємо основні фактори, які стали причиною помилок льотного складу [1,2,3]:

- професійний (прийняття невірної рішення, неадекватного ситуації помилкові дії при реалізації рішення);
- психологічний (низька здатність прогнозування подій, прийняття рішень, які не відповідають можливостям, недостатня професійна дисциплінованість);
- психофізіологічний (недостатнє урахування фізіологічних особливостей оператора);
- ергономічний (недостатнє врахування характеристик оператора при конструюванні повітряного судна);
- відсутність оптимальної системи взаємодії членів екіпажу [4].

Всі перераховані аспекти пов'язані з рівнем професійної підготовки АП, але якщо навіть обмежитися тільки першою складовою, то це більше 50% помилкових дій. Підготовка льотного складу та всього АП є важливим елементом БП та ефективності повітряних перевезень.

Сучасний етап реформування професійної вищої освіти визначається, як світовими тенденціями до інтеграції, мобільності трудових ресурсів, так і національними проблемами підвищення якості підготовки конкурентоспроможних фахівців. Тому, серед основних напрямків реформ можна виділити такі, як сприяння мобільності суб'єктів навчання, створення умов для навчання протягом життя, сприяння міжнародним програмам співробітництва в сфері підвищення якості освіти

та ін. Вирішення цих завдань вимагає удосконалення процесу підготовки фахівців з метою проектування навчального середовища для особистісно орієнтованого підходу до суб'єктів навчання і впровадження нових технологій навчання, в центрі яких знаходиться суб'єкт. Розвиток системи освіти на етапі становлення інформаційного суспільства нерозривно пов'язане з використанням інтелектуальних технологій.

Однак, практика використання автоматизованих систем навчального призначення показує, що технологія наповнення програмних оболонок дидактичним процесом є недостатньо відпрацьованою. Перспективним є шлях проектування дидактичного процесу від схеми управління до створення програмних оболонок [5].

Сучасна класифікація дидактичних систем за способом реалізації управління виділяє ручне і автоматичне. Аналіз традиційних або ручних дидактичних систем з точки зору їх керованості показує, що ґрунтуючись на аналогії з поданням технічних систем управління, можна виділити наступні елементи, як це показано на рис.1.2. В даній схемі об'єктом управління є навчальний, дана схема також містить виконавчу підсистему (ВП), вимірювальну підсистему (ВП) та управляючу підсистему (УП).

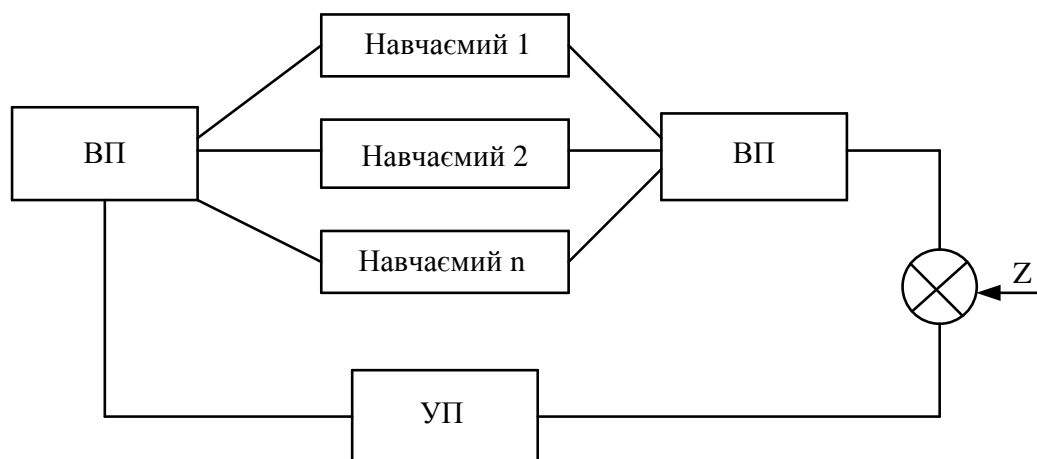


Рис.1.2 Схема ручного управління процесом підготовки фахівців з боку викладача

Таким чином, виходить, що  $n$  різнорідних об'єктів управляються однією підсистемою управління при єдиному завданні навчання  $Z$ . Один викладач на групу суб'єктів фізично не в змозі забезпечити ефективне управління, оскільки об'єктивно оцінити результат навчальної діяльності великої групи суб'єктів, прийняти рішення індивідуально для кожного суб'єкта вимагає величезних інтелектуальних ресурсів.

Аналіз існуючих електронних навчальних матеріалів показав, що ефективність рішення приватних завдань навчання і освіти в цілому визначається ступенем керованості суб'єктів у процесі навчання. У той же час вдосконалення інформаційних технологій, розвиток адаптивних засобів автоматизації управління, бурхливий розвиток інтелектуальних технологій в управлінні підготовкою фахівців визначає роль комп'ютера як учасника процесу навчання. Така концепція сформульована в роботах Гальперіна П.Я., Шадрикова В.Д., Беспалько В.П., Тализіной Н.Ф., Суходольського Г.В., Мазурок Т.Л. та інш.[6].

Для визначення цілей і завдань автоматизованої системи управління підготовкою фахівців (АСУ ПФ) розглянемо основні протиріччя, які склалися в процесі автоматизованого навчання, і можливості їх вирішення за допомогою інтелектуальних методів. В існуючих електронних курсах, в основному, визначені жорсткі схеми, що не враховують реальні індивідуальні особливості, цілі навчання. Індивідуалізація, в кращому випадку, полягає в наступному просуванні по досліджуваному матеріалу залежно від результатів контролю. Отже, перше протиріччя, властиве сучасним системам автоматизованого навчання полягає в тому, що викладач не встигає якісно формувати управляючі дії на суб'єктів на основі багатокритеріальної оцінки його стану. Таким чином, порушується одна з найважливіших тенденцій сучасної освіти – диференціація. Розглянемо схему управління процесом підготовки фахівців (УППФ) викладачем в АСУ ПФ рис.1.3.

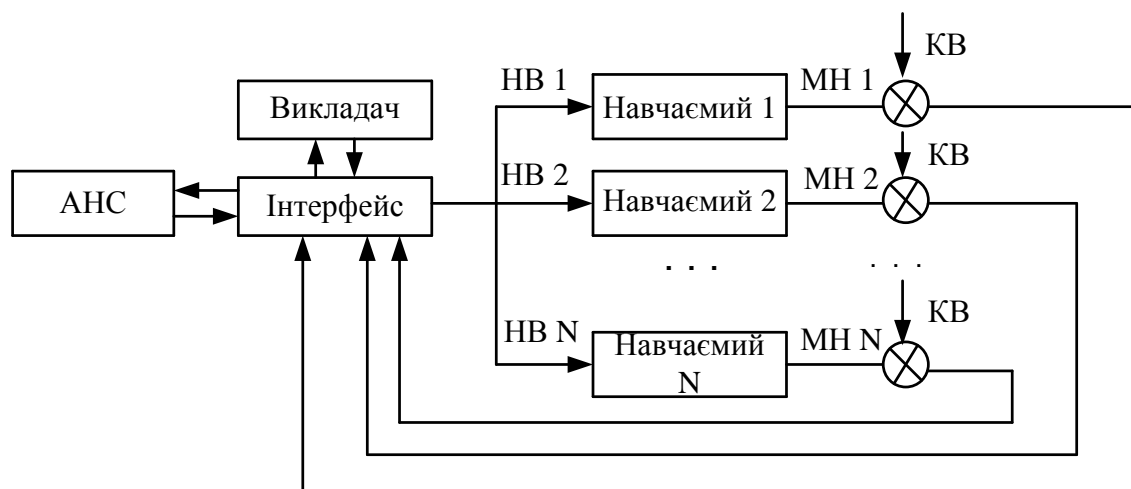


Рис. 1.3 Схема УППФ викладачем в АСУ ПФ

Основними компонентами даної схеми є наступні:

НВ — навчальний вплив;

КВ — кваліфікаційні вимоги, що виражають мету навчання; в загальному випадку (наприклад, в дистанційному навчанні) КВ можуть бути різні для різних суб'єктів;

МН — модель суб'єкта, містить результати контролю, індивідуальні характеристики.

Відповідно розглянемо схему потоків навчальних впливів на навчаємих в АСУ ПФ рис.1.4.

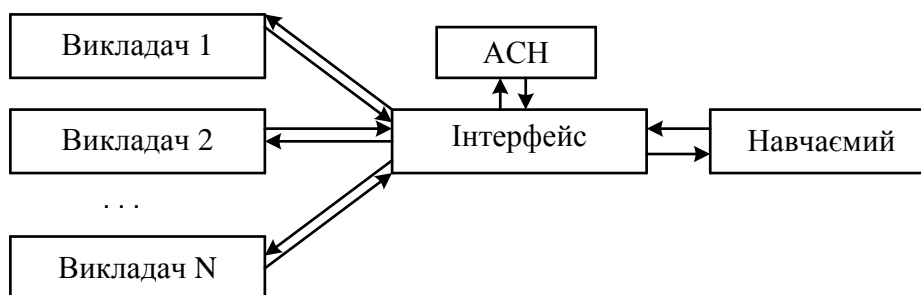


Рис. 1.4 Схема потоків навчальних впливів на суб'єктів навчання в АСУ ПФ

Таким чином, подальше вдосконалення АСУ ПФ пов'язано з використанням інструментарію інформаційних технологій для вирішення наступних завдань:

- формування єдиної технології автоматизованого навчання;
- розробка та реалізація єдиного алгоритму керування;
- уніфікація процедур збору інформації про суб'єктів навчання (в т.ч. контролю);
- можливість обліку та керування системою міжпредметних зв'язків;
- розробка моделей і алгоритмів координації керуючих впливів суб'єктів навчання.

З урахуванням сформульованих завдань схема управління АНС прийме вигляд рис.1.5. В даній схемі, як це видно з (рис.1.5) введені додатково два елементи:

СУН – система управління навчанням;

ІП СУН – інтелектуальна підтримка СУН.

Таким чином, формування керуючих впливів виконується АСУ ПФ на основі інтелектуальної обробки інформації про вивчення навчальних дисциплін, отриманої

від викладачів; системи дидактичних вимог; кваліфікаційних вимог; атрибутів моделі суб'єкта.

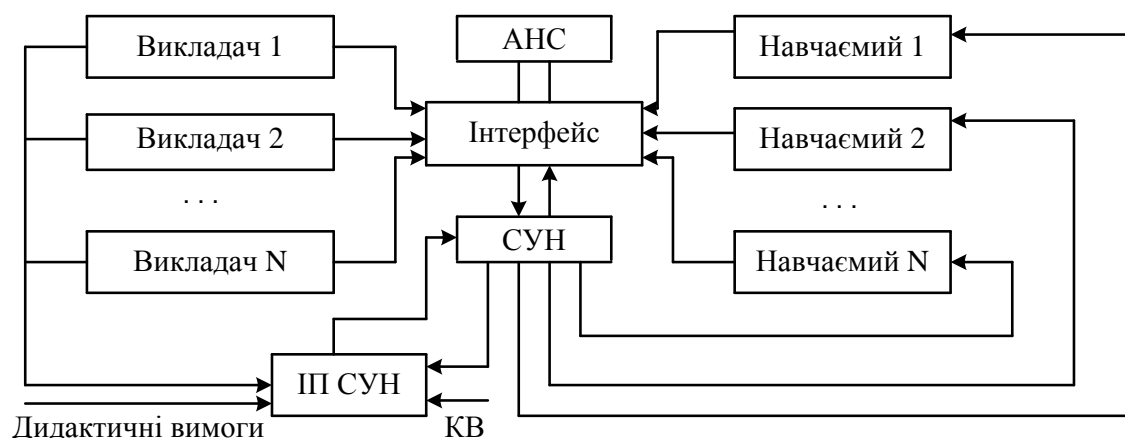


Рис. 1.5 Узагальнена схема управління в АСУ ПФ

Багато вчених-дослідників розглядають процес підготовки фахівців, як керований процес [7]. Так, структурно-функціональний аналіз загальної теорії управління розглядається С.І. Архангельським [8]. Автор визначає управління процесом підготовки фахівців, як “планомірний порядок дій, що приводять динамічну систему процесу підготовки фахівців до досягнення заданих результатів”.

Аналіз теорії управління стосовно процесу підготовки фахівців наданий Н.Ф. Тализіною [9]. Автор підкреслює необхідність використання у процесі підготовки фахівців циклічного управління, яке здійснюється за принципом “білого ящика”. Певна система вимог дозволяє здійснювати цей вид управління:

- зазначення цілі;
- встановлення перехідного стану процесу, який підлягає управлінню;
- визначення програми дій, яка має передбачати перехідні стани процесу;
- забезпечення систематичного зворотного зв'язку;
- забезпечення засвоєння інформації, розробка корегуючих дій та їх реалізація.

Є.І Машбі зазначає, що не можливо трактувати процес підготовки фахівців, як лише інформаційний процес та зводити його до реалізації прямого та зворотного зв'язку. Управління процесом підготовки фахівців обґрунтовано в роботах дослідників С.Ф. Артюха, В.С. Безрукової, Т.О. Дмитренко, О.Е. Коваленко [10,11,12]. Управління, на думку В.С. Безрукової, є компонентом, необхідним для забезпечення оптимального функціонування процесу підготовки фахівців, де ціль



виступає в ролі системоутворюючого фактора. Аналіз робіт, присвячених проблемі автоматизованого керування процесом підготовки фахівців, показує, що ця проблема не є до кінця вирішеною. На сучасному етапі розвитку науки розгляд процесу підготовки фахівців у вищому навчальному закладі (ВНЗ), як процесу автоматизованого керування не викликає сумнівів, однак, як показують дослідження в цій області, багато практичних і теоретичних питань, таких як розкриття функцій етапів керування, визначення відповідних засобів автоматизованого керування, залишаються відкритими. Автоматизоване керування процесом підготовки фахівців вимагає глибокого вивчення й аналізу з метою визначення її дидактичних можливостей і практичної значимості. Тому для керування навчальними системами найбільш доцільним є використання засобів штучного інтелекту [13], провадження інтелектуальних компонент в системи керування навчанням відображені в роботах Брусилівського П. Л, Галеева І. Х., Довбиша А. С., Маклакова Г. Ю., Петрушина В. А., Савельєва А. Я., Шаронова Н. В., Мазурок Т. Л. та ін.

Оскільки сучасний період розвитку суспільства можна охарактеризувати як період безперервного зростання складності навчання та його інтенсифікації, що стає об'єктивною причиною збільшення об'ємів навчальної інформації, яку повинні засвоювати майбутні фахівці. Постійне збільшення обсягу інформації та обмеженість навчального часу зумовлюють необхідність до автоматизованого керування навчанням, розробки та впровадження нових методів та методик навчання. Тому стоїть проблема оптимізації розподілу витрат навчального часу. Окремим є питання якою мірою відбивається підвищення процесу підготовки фахівців на розв'язанні багатоальтернативних проблемних ситуаціях. Це питання має безпосереднє відношення до проблеми керування та підвищення рівня безпеки польотів.

## **1.2 Процес підготовки авіаційних кадрів, як об'єкт керування**

У загальному вигляді управління щодо будь-яких систем можна уявити як виявлення (шляхом передавання каналами прямого зв'язку командної інформації) впливу керуючої підсистеми на керовану. Звідси каналами зворотного зв'язку в керуючу підсистему надходить інформація про її поточний стан. Крім того, ці

підсистеми мають також інформаційні зв'язки з навколишнім середовищем. Керуюча та керована підсистеми, канали прямого та зворотного зв'язку, а також навколишнє середовище створюють систему управління.

Отже, основними компонентами керуючої системи є:

- 1) суб'єкт управління, тобто джерело керуючого впливу, той, хто здійснює управління, виконує функції керівництва і впливає на об'єкт з метою приведення його в новий, бажаний для суб'єкта управління стан;
- 2) об'єкт управління, тобто те, що функціонує під керівним впливом, на що спрямовано цей вплив суб'єкта;
- 3) керівний вплив, тобто комплекс цілеспрямованих й організуючих команд, засобів, прийомів і методів, за допомогою яких здійснюється вплив на об'єкт і досягаються реальні зміни в його стані;
- 4) зворотні зв'язки, тобто інформація для суб'єкта про результативність керівного впливу і зміни в об'єкті [14].

Однак, відомі методи управління навчанням по суті залишаються переважно «ручними», тому не дозволяють подолати двох основних протиріч: між формуванням керуючих впливів на кожного суб'єкта з боку викладача і неузгодженістю безлічі отриманих впливів з боку студента. Вирішення цих протиріч потребує суттєвого вдосконалення методології створення автоматизованих систем керування навчанням АСК ПФ на основі сучасних досягнень теорії управління.

Розвиток методології створення автоматизованих систем керування (АСК) складними системами за останні роки зазнало значних змін. Так, сучасна методологія системного аналізу базується на взаємодоповнюючих підходах – системному, синергетичному, інформаційному, що дозволяє більш глибоко вивчати складні керовані процеси і об'єкти. Основний синергетичний постулат «не нав'язування» ззовні керуючого впливу на основі врахування власних тенденцій розвитку об'єкта управління є особливо важливим для навчальних систем, в рамках яких здійснюється процес навчання. Тому системний аналіз навчальних систем найбільш доцільний саме на основі синергетичного підходу, який складає основу для підвищення ступеня автоматизованих функцій управління. Навчальна система є

складною організаційно-технічною системою, управління якою містить, поряд з неформалізованими і слабоструктурованими задачами в умовах неповної інформації, ще й клас задач змішаного типу, які використовують як аналітичні, так і евристичні моделі [15]. Такі завдання характеризуються випадковістю зовнішніх впливів, апріорною неповнотою інформації, невизначеністю цілей.

Тому, враховуючи концептуальні зміни в методології створення АСУ, які дозволяють на основі синергетичного підходу та впровадження інтелектуальних компонентів вирішувати мало структуровані, неформалізовані задачі, а також ускладнення дидактичних вимог до вдосконалення засобів навчання, актуальною є проблема розробки методології створення АСУ ПФ. Реалізація структурно-функціональної схеми АСУ ПФ на інформаційному рівні пов'язана із забезпеченням перетворень, більшість яких є інтелектуальними. Це визначає наявність протиріччя між потребою в спеціалізованій інформаційній підтримці процесу АСУ ПФ, спрямованої на підготовку, використання, передачу різномірних даних та знань для управління процесом підготовки фахівців. Задача навчання формулюється як задача управління [16]. У цьому випадку суб'єкт навчання виступає як об'єкт управління (ОУ), а викладач – як пристрій керування (ПК). Найпростіша схема управління взаємодією між навчаємим та навчаючим при підготовці фахівців наведена на рис.1.7.

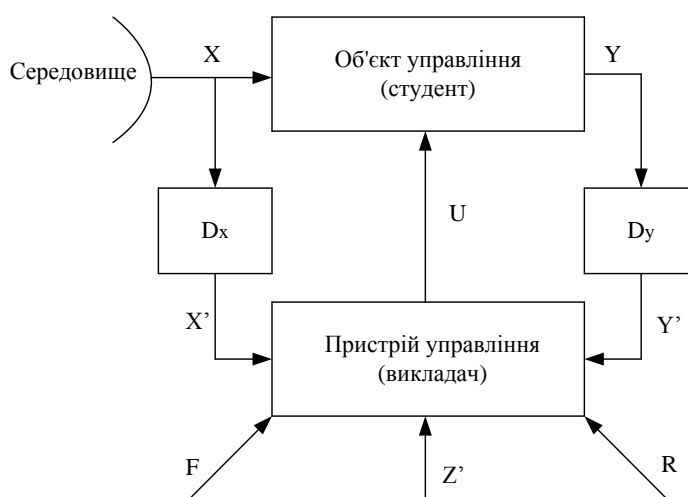


Рис.1.7 Схема підготовки льотного та інженерно-технічного складу фахівців, як керованого процесу

Система навчання ідентична загальній схемі управління будь-яким об'єктом. В даній схемі – об'єкт управління (студент), пристрій управління – навчальна система (викладач),  $X$  – стан середовища, яке впливає на процес підготовки фахівців. Викладач отримує інформацію про стан середовища  $X$  за допомогою «датчика»  $D_x$ ,  $X'$ . Інформація про стан середовища  $X$  отримана викладачем;  $Y$  – стан студента, який визначається за допомогою «датчика»  $D_y$  на виході якого отримуємо  $Y'$  – інформацію про стан середовища, яку викладач отримує в результаті контрольних заходів;  $U$  – порції навчальної інформації;  $Z'$  – цілі навчання;  $R$  – ресурси, які є в розпорядженні викладача;  $F$  – алгоритм навчання. Задача полягає в наступному: організувати навчання  $U$ , яке змінить стан  $Y$  навчаємого таким чином, щоб виконувалися цілі навчання  $Z'$  [13]. Трансформація ролі комп'ютерних засобів у процесі підготовки фахівців, від пасивної ролі допоміжного інструментарію до активної ролі основного засобу реалізації автоматизованого способу вироблення управляючих навчальних дій призвела до модифікації розглянутої раніше схеми (рис. 1.7) що призвело до схеми автоматизованого управління рис.1.8.

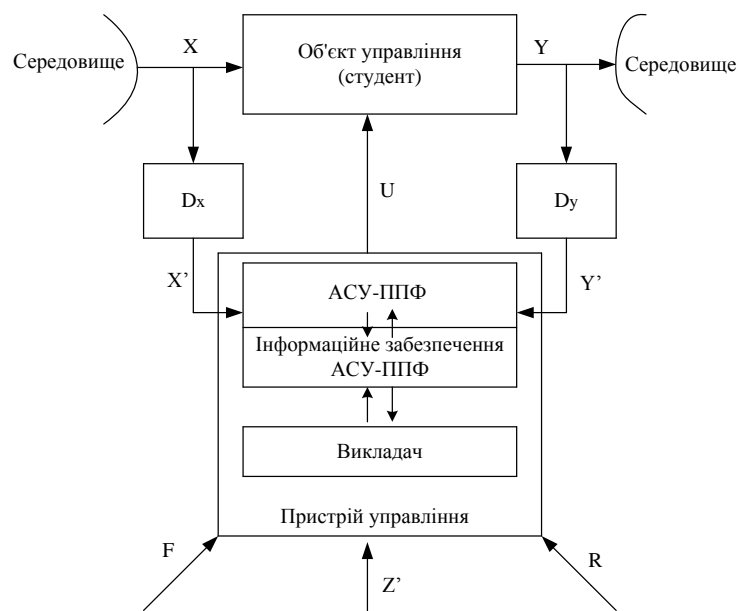


Рис.1.8 Схема автоматизованого управління процесом підготовки фахівців

Основна відмінність запропонованої схеми полягає у зміні структури пристрою управління, що полягає у виділенні окремої частини керуючого пристрою АСУ ПФ, призначеної для вироблення індивідуалізованих навчальних впливів, а також блоку спеціалізованого інформаційного забезпечення АСУ ПФ. Розглянемо схему

інтелектуального управління процесом підготовки фахівців, з впровадженням інтелектуальних компонентів рис.1.9.

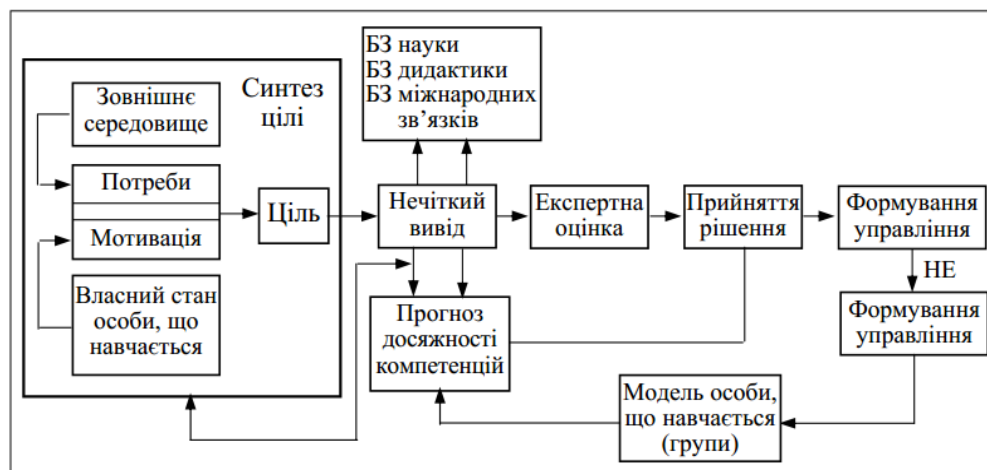


Рис.1.9 Структурна схема інтелектуального управління процесом підготовки фахівців

Дану схему побудовано відповідно до теорії функціональної системи [17]. На підставі даних про навколишнє середовище синтезується мета, яка сприймається системою, що здійснює нечіткий логічний висновок. Отримання висновку здійснюється на основі використання баз даних (БЗ). На основі спрацювання логічного висновку ухвалюється рішення про дію вибору наступного навчального елементу (НЕ). Відповідно до ухваленого рішення здійснюється управління за допомогою дидактичних засобів. У цьому виявляється дія на ОУ. Результати контролю засвоєння рекомендованої послідовності НЕ порівнюються з прогнозованими. У випадку невідповідності результатів на базі експертної оцінки ухвалюється рішення, що змінює цю невідповідність, виконується етап корекції [18]. При відповідності результатів підкріплюється попереднє управління. Якщо відповідність недостатня то уточнюється мета. Наведена схема є конкретизацією інваріантної структури функціональної системи, яка є результатом для побудови будь-якої управлінської діяльності.

### 1.2.1 Автоматизоване проектування процесу підготовки авіаційних кадрів

Якість підготовки фахівців визначається якістю засобів, які використовуються при їх підготовці. У сучасній системі вищої освіти зростає роль інформаційних технологій, які відкривають нові можливості для підвищення ефективності та якості підготовки фахівців. Розвиток інформаційних технологій, сприяв появі програмних

засобів абсолютно різних форм: автоматизованих навчальних систем, електронних навчальних посібників, різних засобів контролю знань, програм тестування. Нові інформаційні технології сприяють розвитку існуючих форм навчання і появі нових. На сьогоднішній день широкого поширення набули автоматизовані навчальні системи (АНС), які представляють собою програмні засоби, об'єднуючі засоби навчання з різною структурою і формою подання знань, включають системи діагностики і контролю знань.

Сучасні АНС розрізняються, за складністю своєї структурної організації, наочністю представлення даних, функціям, так за складністю їх розробки. На (рис.1.10) представлена узагальнена класифікація АНС по алгоритмічній побудові, по функціональним ознакам та за структурою.

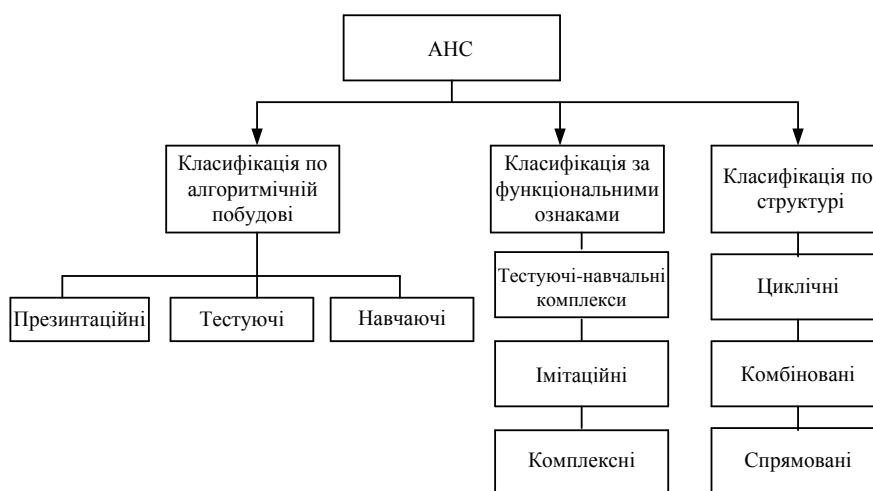


Рис.1.10 Класифікація АНС

Аналіз змісту управління процесом підготовки фахівців, свідчить про необхідність розробки моделі системи управління АНС рис.1.11.



Рис.1.11 Структура комплексної моделі управління АНС

АНС складається з наступних моделей, як це видно з (рис.1.11):

- 1) моделі знань про процес визначення типів навчаємих;
- 2) моделі знань про ранжування навчаємих в АНС;
- 3) моделі знань про поточний стан процесу управління в АНС;
- 4) моделі знань про формування навчальних планів підготовки фахівців та програм.

Попередня класифікація навчаємих в АНС здійснюється за результатами вхідного тестування. Розглянемо комплексний алгоритм управління АСУ ПФ рис.1.12.

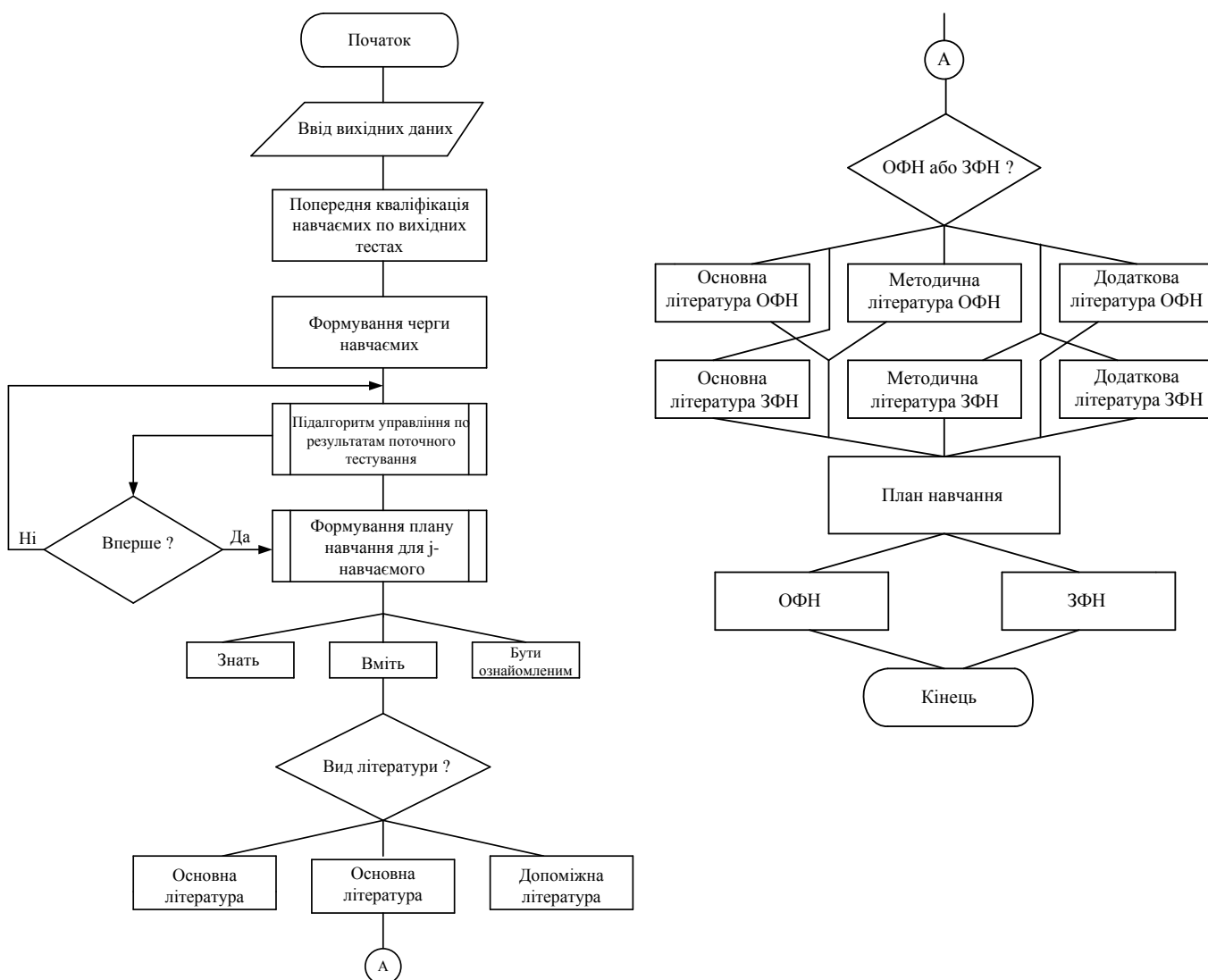


Рис 1.12 Комплексний алгоритм управління АНС

Даний алгоритм описує процеси, які необхідно реалізувати в ході процесу підготовки фахівців.

Алгоритм базується на результатах тестування знань суб'єктів на всіх етапах вивчення навчальної дисципліни. Вихідними даними для алгоритма є:

- черга суб'єктів;
- перелік тексту навчальних дисциплін для планів підготовки фахівців очної форми навчання (ОФН) та заочної форм навчання (ЗФН);
- навчальні програми дисциплін ОФН та ЗФН;
- перелік і заголовки тем та розділів методичної та додаткової літератури по основним начальним дисциплінах формуючого навчального плану.

Алгоритм включає в себе розділи бази знань по експертних оцінках часу вивчення тем і розділів навчальних дисциплін різними категоріями суб'єктів та питання для системи тестування.

Система управління фіксує поточний час необхідний для засвоєння тем та розділів навчальних дисциплін різними категоріями суб'єктів, порівнює їх з експертними та приймає рішення щодо подальшої тректорії дій. Алгоритм функціонування моделі управління АНС може бути реалізований налюбій сучасній мові програмування. Модель процесу підготовки авіаційних кадрів може бути розглянута, як управління складною технічною системою, що включає різні параметри, такі, як програма освіти, спеціальність, особистісні характеристики [16], в якій об'єктом управління є авіаційний фахівець.

Для відображення моделі суб'єктів навчання використовується модифікована модель Растригина, показана на рис. 1.13. На початку навчання навчаємий перебуває в стані  $Y_1$ . На основі інформації, що зберігається в базі знань і даних, а також моделі навчаємого, формуються кадри навчального матеріалу.

У ході вивчення наданої інформації навчаємий отримує нові знання і переходить в стан  $Y_2$ . У базі даних зберігається загальна інформація про навчаємих, навчальних курсах та ін. База знань включає набір моделей (наприклад, предмета, діалогу). Алгоритм навчання складається з 2 частин – модуля аналізу відповідей і модуля управління, який забезпечує управління процесом навчання з урахуванням інформації з бази знань і даних, мети навчання  $Z$ , ресурсів  $R$ , та моделі суб'єктів.



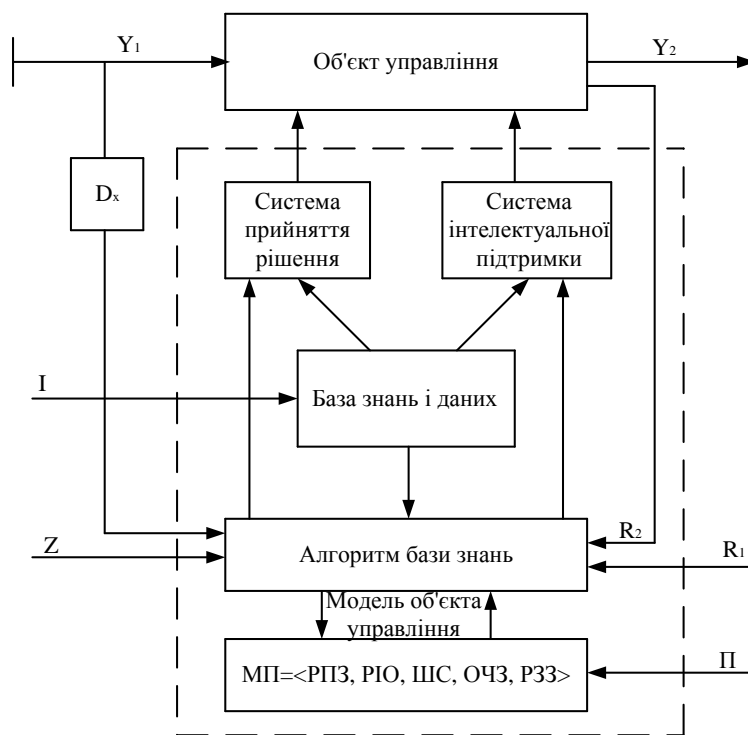


Рис. 1.13 Модель процесу підготовки авіаційних кадрів (пілота).

Модель суб'єктів навчання є однією з базових компонент інтелектуальних автоматизованих систем навчання. Вона містить достатньо повну інформацію про навчаємих: рівень початкових знань, рівень індивідуальних здібностей, швидкість сприйняття інформації, оптимальний час засвоєння інформації, рівень засвоєних знань суб'єктами, психологічні характеристики та інші параметри.

Формалізуємо значення перерахованих параметрів моделі процесу підготовки фахівців наступним кортежем:  $МП=<РПЗ, РІО, ШС, ОЧЗ, РЗЗ>$ .

Найпоширенішими параметрами, що враховуються в моделі суб'єктів, є наступні:

1. Рівень початкових знань.
2. Рівень індивідуальних особливостей.
3. Швидкість сприйняття
4. Оптимальний час засвоєння інформації
5. Рівень засвоєння знань навчаємих.

Модель авіаційного фахівця динамічна, тобто змінюється в процесі проходження курсу, в процесі зміни вимог експлуатантів, в ході роботи з системою.

Аналіз моделі проводився з погляду параметрів, які використовуються для відображення інформації про суб'єктів навчання.

**1.2.2 Методи активного навчання в процесі керування підготовкою авіаційних кадрів.** Активне навчання – являє собою таку організацію і ведення навчального процесу (НП), яка спрямована на всебічну активізацію навчально-пізнавальної діяльності за допомогою широкого бажано комплексного використання як дидактичних, так і організаційно управлінських засобів (В. Н. Кругліков). Активізація навчання може йти як через вдосконалення форм і методів навчання, так і по шляху вдосконалення організації та управління НП.

Кожний вид діяльності можна уявляти, як функціонування деякої індивідуалізованої системи, в центрі якої стоїть суб'єкт-активний елемент системи.

Систему управління, в центрі якої знаходиться суб'єкт, і в значній мірі тільки він визначає її функціонування, зручно називати активною на відміну від пасивних систем, наприклад, чисто технічних, природних, які не включають в собі активних елементів. На рис.1.14 наведено пасивну систему управління.

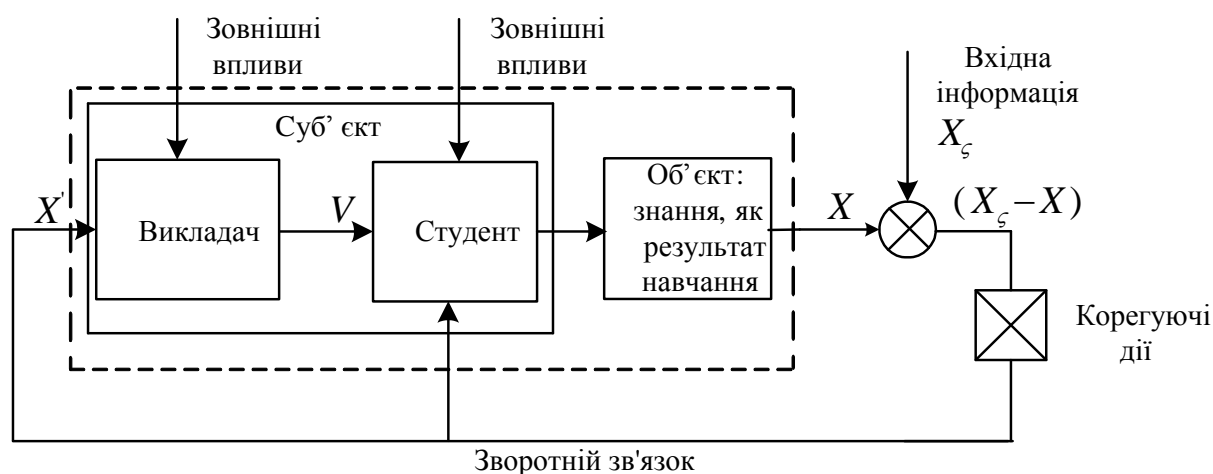


Рис. 1.14 Пасивна система автоматизованого керування

В пасивній системі управління рівнем кваліфікації фахівців передбачається такий керуючий вплив, який подається безпосередньо на вхід об'єкта управління. В активній системі управління рівнем кваліфікації фахівців виникає питання інформаційного забезпечення певного набору чітко визначених ситуацій.

В активній системі управління (АС) рис.1.15, суб'єкт включений в контур системи управління, і управління об'єктом здійснюється опосередковано через

суб'єкта. Суб'єкт вибирає з множини існуючих альтернатив  $S_a$  одну і управляє об'єктом. При активній системі управління процесом підготовки фахівців йдеться про забезпечення можливості того, що навчається розв'язання проблеми вибору з декількох можливих альтернатив однієї, в умовах істотної невизначеності.

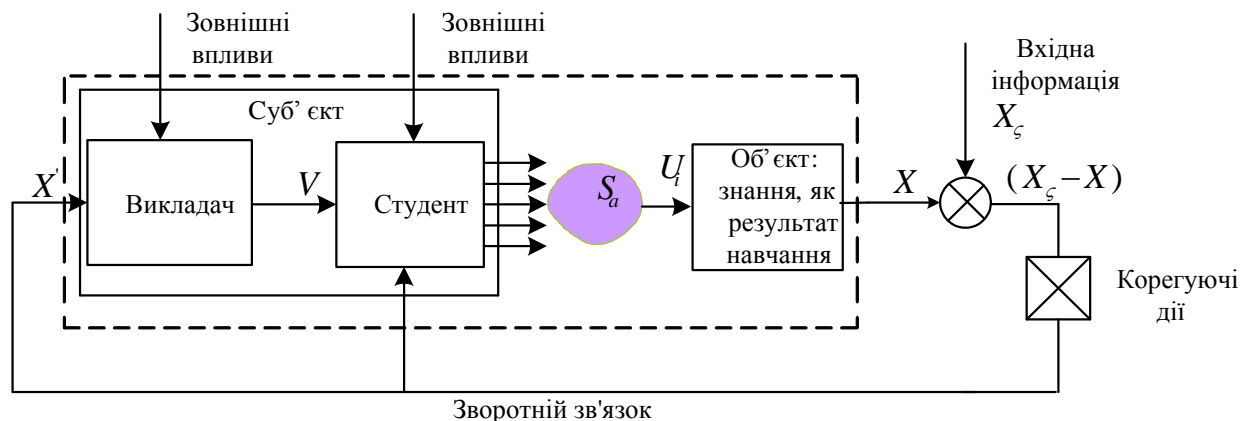


Рис.1.15 Активна система автоматизованого керування

В роботі запропонована модель розв'язання задачі оптимального розподілу часу між активним навчанням, яке забезпечує певний обсяг чіткої інформації для фіксованого числа польотних ситуацій (якщо йдеться про безпеку польотів), а також часу, що відводиться на вироблення у того, що навчається здібності приймати рішення, тобто розв'язувати задачу вибору в умовах невизначеності.

В роботі [19] теорія активних систем АС – розділ теорії управління соціально-економічними системами, що вивчає властивості механізмів їх функціонування, обумовлені проявами активності учасників системи. За тридцять років досліджень теорії АС науковцями були розроблені і впроваджені безліч ефективних механізмів управління, відповідні моделі та методи яких знаходять застосування при вирішенні широкого кола задач управління в економіці та суспільстві – від управління технологічними процесами до прийняття рішень на рівні регіонів і країн. Отримані результати знайшли відображення в сотнях публікацій (приблизна оцінка загального числа публікацій в рамках теорії активних систем близько двох тисяч). За основними своїми підходами і використовуваними методами досліджень теорія АС надзвичайно тісно пов'язана з такими розділами теорії управління соціально-економічними системами як: теорія ієрархічних ігор.

Оскільки робота направлена на дослідження процесів управління підготовкою фахівців, то необхідно визначити об'єкт управління, суб'єкт управління, керовані змінні та керуючі змінні:

- об'єктом управління є процес підготовки фахівців;
- суб'єкти управління – ті хто планують і керують змістовною і часовою структурою НП (кафедри, викладачі);
- керуючі змінні це можливі ресурси, їх може бути досить велика кількість, але в даній роботі в якості основного ресурсу розглядається операційний час;
- керовані змінні структура якості та ефективність НП.

На (рис.1.16), представлено структуру основних функцій управління НП.

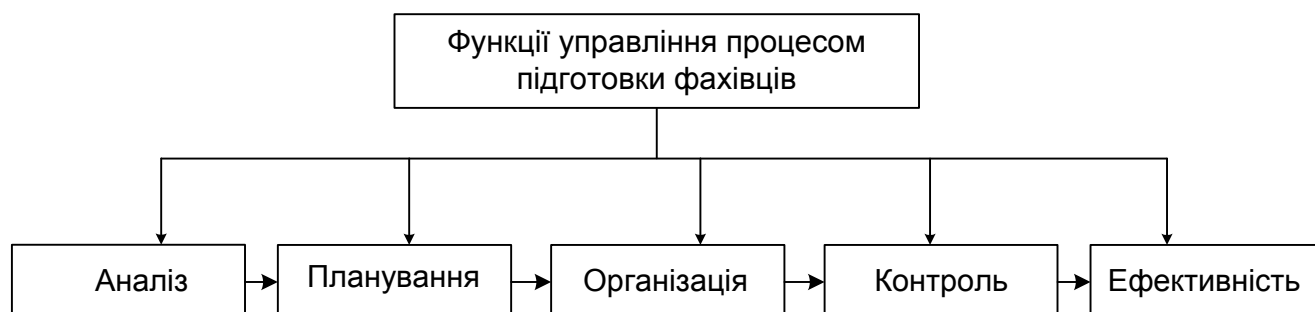


Рис.1.16 Функції керування процесом підготовки фахівців

Функції управління можна розглядати, як відносно самостійні види діяльності, що взаємопов'язані. Вони послідовно, поетапно змінюють один одного, створюючи єдиний управлінський цикл:

– ефективне управління починається з аналізу інформації, зі створення або перетворення системи інформаційного забезпечення і базується на – вивченні стану та тенденцій розвитку НП, об'єктивної оцінки його результатів, на основі яких виробляються управлінські рішення. Вони спрямовані на вивчення фактичного стану навчання, оцінку результатів НП і вироблення регулюючих механізмів подальшої діяльності навчання;

– функція планування розглядається, як основа управління і, як найважливіша стадія управлінського циклу. Планування можна визначити, як конкретне відображення майбутнього ходу роботи в її загальних стратегічних напрямках і найдрібніших деталях. Розроблені плани повинні бути науково обгрунтованими, враховувати реальні ресурси і можливості та наслідки прийнятих рішень. Для

ефективного планування необхідно поєднання перспективного та поточного планів, узгодженість їх на всіх рівнях управління;

– серед пов'язаних етапів управлінського циклу є особлива стадія – організація діяльності. Від неї в значній мірі залежить якість функціонування і розвитку НП, формування і регулювання певної структури відносин і взаємодій, необхідних для ефективного досягнення мети;

– наступна функція – це контроль якості результатів діяльності.

Процес управління потребує надійного зворотного зв'язку між керуючою і керованою підсистемами. Для цього в управлінському циклі необхідна функція контролю якості діяльності, результати якого є основою для формування керуючих впливів. Саме контроль в різних його формах і методах (способах, засобах і впливах) забезпечує зворотний зв'язок. Він є одним з найважливіших джерел інформації для оцінки якості функціонування системи управління [20].

В багатьох випадках, особливо, коли йдеться про методи контролю, ми зустрічаємося з неефективністю статистичної міри. В більшості випадків ми змушені обмежуватися дескриптивною статистикою, зокрема відкидати гіпотезу про існування генеральної сукупності, та важливу умову стаціонарності розкладів.

Конкретним прикладом неадекватного застосування статистики є обчислення та маніпуляція оцінок успішності. Ще більш проблематичними є застосування моделей процесів у вигляді диференціальних, інтегральних, або інших рівнів що містять «експериментальні» (екзогенні та ендогенні) коефіцієнти, оскільки задача ідентифікації вимагає дуже великої кількості експериментальної інформації і має певну громіздкість та складність у теоретичному відношенні. Таке розуміння не свідчить про відмову застосування кількісних методів, досягнень кібернетики, загальної теорії управління, статистики взагалі, та інших точних наук з нечітко вираженою формалізацією а навпаки обережне використання відомих методів у сукупності з методами суб'єктивного аналізу може дати нові корисні інструменти аналізу і синтезу дидактичних систем.

Характерними властивостями системи можуть бути стійкість, оптимальність, керованість, ідентифікованість та інше.

Якщо припустити, що суб'єкт системи поводить себе оптимальним чином, то це означає, що йому притаманна «внутрішня» – органічна оптимальність. Постулювання часткових моделей та їх подальша експериментальна ідентифікація надає можливості переходити в площину визначення критеріїв оптимальності системи, її керованих та керуючих змінних.

Для побудови якісних та кількісних моделей навчання досить успішно може бути використаний проблемно-ресурсний метод (ПРМ), як один із інструментів дослідження АС.

Застосування ПРМ до процесу навчання полягає в тому щоб на єдиній основі сформулювати підхід до аналізу та синтезу ПН, а саме до:

- проблемно-ресурсного прогнозування ПН – прогнозування є початковим етапом проблемно-ресурсного аналізу, суб'єкт прогнозує не тільки свою власну майбутню діяльність («свої» проблеми, «свої» ресурси) але також і «зовнішні» компоненти з якими він взаємодіє;
- проблемно-ресурсного планування ПН – планування є етапом, який настає після виконання прогнозу, і ґрунтується на його результатах;
- проблемно-ресурсного управління ПН – управління є етапом з реалізації розробленої стратегії вирішення актуальної проблемно-ресурсної ситуації в процесі досягнення обраної цілі;
- проблемно-ресурсних контролю і діагностики ПН – є етапом з отримання зворотної інформації про дії якості результатів, та причини і міста виникнення неузгодженості

Можна розглядати ПН, як процес функціонування керованої системи в контурі якої знаходиться суб'єкт – активний елемент системи. В силу того, що суб'єкт в значній мірі визначає керованість системи ми, визначаємо систему ПН, як АС. Проблема в даному випадку полягає в тому, щоб розробити методи аналізу та синтезу, які в явній формі враховували б суб'єктивні складові, пов'язані з діяльністю активного елемента – суб'єкта, «обличчя», що приймає рішення, і здійснює діяльність, спрямовану на реалізацію цих рішень. У цьому сенсі будемо говорити

про суб'єктивний аналізі. Дослідженню таких систем присвячено велику кількість робіт [21, 22, 23, 24, 25, 26].

Як вище зазначалось центральною ланкою в контурі АС є суб'єкт. Наявність суб'єкта передбачає наявність об'єкта його діяльності (його активності). Вирішення проблеми в даному випадку направлене на розробку методів аналізу та синтезу системи управління НП, які в явній формі дозволяють враховувати суб'єктивні фактори, пов'язані з діяльністю активного елемента – суб'єкта, що, приймає рішення і здійснює керуючі впливи, що направлені на реалізацію цих рішень. Для досягнення мети в роботі пропонується використання інтелектуальних методів підтримки прийняття рішення, як доповнюючих параметрів управління якістю процесу підготовки фахівців, за рахунок яких є можливість отримати з більшою вірогідністю розв'язання складної проблеми оптимального управління процесом підготовки фахівців.

### **1.3 Аналіз факторів, що впливають на необхідність підвищення якості процесу підготовки авіаційних кадрів**

В силу того, що на якість управління процесом підготовки фахівців у ВНЗ впливає певна чисельність різноманітних факторів основними з яких є:

- якість державних навчальних стандартів;
- зміст навчальних програм;
- рівень і якість підготовки абітурієнтів у середніх навчальних закладах;
- кваліфікація педагогічних кадрів;
- здатність якісно передавати педагогічними кадрами матеріал та здібність студентів якісно сприймати і засвоювати його;
- матеріальна база навчального закладу;
- зовнішні економічні умови;
- соціально-психологічний клімат.

В роботі пропонується розгляд двох особливих факторів, які суттєво на наш погляд впливають на якість підготовки фахівців та потребують уваги:

- вплив властивості забування на якість засвоєння навчального матеріалу при підготовці фахівців:

– вплив соціально-психологічного фактору на якість формування знань і вмінь при підготовці фахівців. Розглянемо детальніше.

**1.3.1 Вплив властивості забування на процес засвоєння інформації при керуванні процесом підготовки авіаційних кадрів.** Під якістю підготовки фахівців, що випускаються вузами, розуміється деяка система властивостей фахівців, яка визначає собою їх придатність для задоволення суспільних потреб [27].

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_k\} \quad (1.2)$$

де  $S_i$  – деяка властивість, уміння фахівця.

Вуз забезпечує відповідність фахівців, які випускаються системі основних вимог, закладених в директивних документах: моделях особистості фахівця, навчальних планах і програмах. Причому якісні показники фахівців визначається якістю їх підготовки. Проблеми підготовки фахівців, а також методи їх оцінки розглянуті в роботах [28,29,30,31,32,33,34].

З проведеного аналізу змісту вказаних робіт можна зробити висновок, що основними факторами, що впливають на процес підготовки спеціалістів є зміст і структура навчального матеріалу, професійний рівень професорсько-викладацького складу (ПВС), методи і методики навчання та матеріально-технічна база НП.

На процес осмисленого запам'ятовування впливають такі фактори, як структура матеріалу, утворення асоціативних зв'язків між поняттями, частота використання понять. Але не тільки логічність викладу впливає на запам'ятовування матеріалу. Відомо, що процес засвоєння і забування інформації можна уявити у простому випадку кривою, зображеної на рис. 1.16.

Вихідна гілка кривої відповідає процесу сприйняття, спадна – забуванню. Час, відповідний найбільшому обсягу інформації, що знаходиться в пам'яті  $T$  – це час закінчення викладу матеріалу. Відразу після цього починається процес забування. Весь процес описується рівнянням 1.3:

$$\varphi(\lambda_1, \lambda_2, t) = A_0 (1 - e^{-\lambda_1}) e^{-\lambda_2 t} \quad (1.3)$$



де  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  – параметри, що залежать від кількості та якості асоціативних зв'язків та статистичних характеристик забування. Важливу роль в запам'ятовуванні відіграє періодичне повторення інформації.

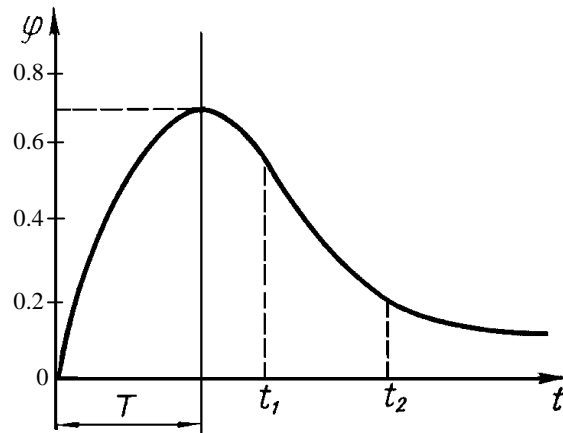


Рис. 1.16 Крива засвоєння і забування навчальної інформації

Встановлено [35], що матеріал успішно згадується, якщо обсяг залишеної в пам'яті інформації не менше 0.7 від первісної:  $\varphi \geq 0.7\varphi_0$ . Час, через який в пам'яті залишається менший обсяг інформації, залежить від параметрів інформації, але ясно одне: чим менше часу між повтореннями інформації, тим міцніше засвоюється пройдений матеріал. Відомо, що якщо для викладу поняття  $j$  потрібно поняття  $i$ , то в будь-який момент часу  $t_2$  через час  $t_1$  після викладу поняття воно стає недоступним для сприйняття, тому що в пам'яті суб'єктів залишилося менше 0.7 від початкового об'єму інформації. Якщо існує одноразове повторення матеріалу, то крива матиме вигляд, представлений на рис. 1.17.

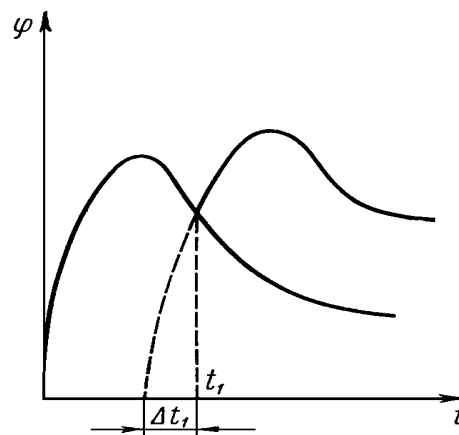


Рис. 1.17 Криві забування при одноразовому повторенні навчального матеріалу

При багаторазовому повторенні, в результаті утворення стійких асоціативних зв'язків, крива може бути приблизно апроксимована пунктирною кривою рис. 1.18.

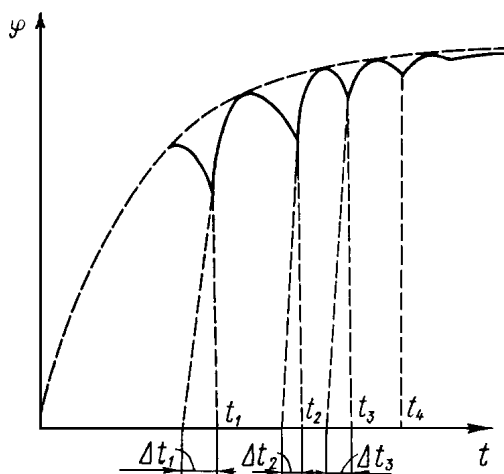


Рис. 1.18 Крива забування при багаторазовому повторенні навчального матеріалу

З наведеного, можна зробити висновок: чим з меншим проміжком часу будуть розділені пов'язані між собою поняття, тим краще буде засвоєний навчальний матеріал.

**1.3.2 Вплив соціально-психологічного фактору на процес формування знань і вмінь при керуванні процесом підготовки авіаційних кадрів.** Стан колективу, який характеризується рівнем соціального сприйняття і ступенем задоволеності його членів різними сторонами міжособистісного спілкування, прийнято називати соціально-психологічним кліматом. Сприятливий соціально-психологічний клімат (СПК) є умовою задоволеності працею та колективом. Але робочий клімат не є простим наслідком проголошених девізів і зусиль окремих осіб. Він являє собою підсумок систематичної навчально-виховної роботи з членами колективу. Істотний вплив на СПК вказують управлінська діяльність керівника групи, його особистісні якості та стиль управління [36].

Крім СПК на успішність навчання студентів у ВНЗ впливають ще багато чинників: матеріальне становище, стан здоров'я, рівень довузівської підготовки, володіння навичками самоорганізації, планування і контроль своєї діяльності (насамперед навчальної), мотивація вибору вузу, адекватність вихідних уявлень про специфіку вузівського навчання, форма навчання (очна, вечірня, заочна, дистанційна та ін), організація НП у ВНЗ, рівень кваліфікації ПВС і

обслуговуючого персоналу, престижність вузу, запит роботодавця на якість знань, рівень оплати праці та індивідуальні особливості студентів.

При поясненні цього феномена науковці найчастіше апелюють такими індивідуальними особливостями суб'єктів навчання, як:

- рівень інтелекту (здатність засвоювати знання, вміння, навички і успішно застосовувати їх для вирішення завдань);
- креативність (здатність самому випрацювати нові знання);
- навчальна мотивація, що забезпечує сильні позитивні переживання при досягненні навчальних цілей;
- висока самооцінка, що призводить до формування високого рівня домагань.

Але не кожна складова з цих якостей окремо, ні навіть їх поєднання не достатні для того, щоб гарантувати формування установки суб'єкта на повсякденне оволодіння знаннями і професійною майстерністю в умовах досить часткових або тривалих невідповідностей гармонійного розвитку, які неминучі в будь-якій складній діяльності.

Твердження про вплив здібностей на успішність навчання студентів здається тривіальним, але характер цього впливу виявився не таким однозначним, як видається на перший погляд. Багато чого залежить від того, яке місце здібності займають у структурі особистості конкретного суб'єкта, в системі його життєвих цінностей і як вони позначаються на розвитку інших особистісних якостей.

Останнім часом виділяється соціальний інтелект, який розуміється як комплекс здібностей, що лежать в основі комунікативної компетентності, що забезпечує успішне вирішення завдань щодо адекватного сприйняття людини людиною, встановленню і підтримці контактів з іншими людьми, впливу на інших людей, забезпечення спільної діяльності, заняття гідного становища в колективі та суспільстві [37]. У той же час є дані, що високий рівень соціального інтелекту іноді розвивається в якості компенсації низького рівня розвитку загального інтелекту і креативності. На користь того, що високий рівень соціального інтелекту часто корелює з невисоким рівнем успішності навчання фіксують і деякі типології особистості студентів. У той же час формальна успішність таких студентів може

бути завищена за рахунок умілого впливу на викладачів з метою отримання бажаної більш високої оцінки.

У багатьох дослідженнях отримані досить високі кореляції рівня загального інтелектуального розвитку з академічною успішністю студентів. Разом з тим лише трохи більше половини студентів підвищують рівень загального інтелекту від першого курсу до випускного і, як правило, таке підвищення спостерігається у слабких і середніх студентів, а сильні часто виходять з тим самим рівнем інтелекту. У цьому факті знаходить своє вираження переважна орієнтація всієї системи нашої освіти на середнього студента.

Мотив навчання має лежати всередині самої навчальної діяльності або якомога ближче до її процесу. Досягти цього можна двома шляхами:

- зробити НП максимально цікавим для студента, що приносить йому задоволення;
- допомогти студенту сформувати такі мотиви і установки, які дозволять йому відчувати задоволення від подолання внутрішніх і зовнішніх перешкод у навчальній діяльності.

Оригінальний підхід до вирішення цієї проблеми протягом кількох десятиріч розвиває американська дослідниця К. Двек [38].

Таким чином проведений аналіз вказує що, в якості основних соціально-психологічних факторів, що впливають на процес підвищення якості навчання у вузі виступають:

- психологічний між особистий клімат групи, соціальний клімат, моральний клімат;
- комунікативні взаємовідносини, соціальний інтелект, рівень інтелектуального розвитку, такі властивості особистості як емоційність, товариськість, емоційна стійкість, темп реакцій;
- критеріями якості навчання виступають суб'єктивні показники: компетентність, рівень індивідуально-особистісного розвитку, а також психологічний комфорт у процесі навчання як результат суб'єкт-суб'єктної взаємодії студента з викладачем і з членами групи.

В цілому психологічний клімат студентської групи є потужним стимулом навчальної діяльності для кожного суб'єкта. Вузівська практика показує, що значне число студентів не можуть розкрити свої здібності і цілком опанувати навчальну програму у складі групи, яка не створює їм психологічного комфорту. Не беручи участь у групових формах навчальної роботи, вони не опановують найважливішими соціально-психологічними компетенціями, абсолютно необхідними для сучасного фахівця з вищою освітою.

#### **1.4 Постановка задачі автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів, шляхом оптимізації розподілу операційного часу**

В цілому робота спрямована на дослідження факторів, пов'язаних з діяльністю активного елемента – суб'єкта, який сприймає і обробляє інформацію, приймає рішення, та виконує керуючі дії, спрямовані на реалізацію цих рішень. Навчання в роботі розглядається, як керований процес, в якому поряд з об'єктивними факторами важливу роль відіграють фактори психологічного характеру, що відносяться до суб'єктивних категорій. Існують різні шляхи формалізації процесів управління підготовкою фахівців, більшість з яких здійснюється без істотного врахування особливостей суб'єкта навчання [39]. Удосконалення процесу управління підготовкою фахівців може бути досягнуте за рахунок вирішення трьох задач навчання, які є основними його компонентами. На рис.1.19 наведена схема компонентів процесу підготовки фахівців, яка демонструє, що без урахування у процесі підготовки розвитку особистісних якостей суб'єктів та його виховання рівень оволодіння ним навчальним матеріалом набуває віртуального, штучного забарвлення і не є стійким у часі [40].

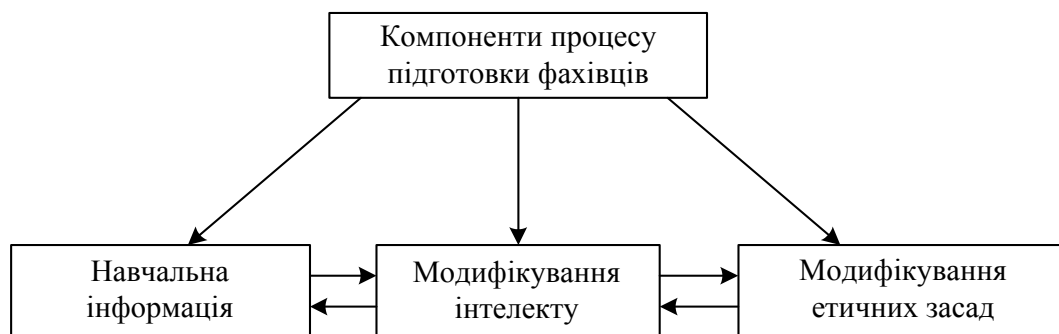


Рис.1.19 Компоненти процесу керування підготовкою авіаційних кадрів

Таким чином, ефективність навчальної діяльності суб'єктів має ґрунтуватися на оцінюванні рівня цих трьох компонентів. Управління розвитком і взаємозалежністю таких компонентів і дозволяють сформувати цілісну стійку модель висококомпетентного фахівця. Розглянемо кожний із компонентів докладніше.

Інформаційна компонента полягає в розв'язанні наступних завдань:

- вибір змісту навчальної інформації, що відповідає даному напрямку або спеціальності, за якою, навчається суб'єкт;
- структуризація змісту та часу, протягом якого засвоюються порції навчальної інформації.

Характерною особливістю у розв'язанні проблем наведених питань є управління ресурсними можливостями студента та вибір технології навчання. Управління підвищенням інтелектуальних здібностей суб'єктів навчання може бути досягнуте через покращення основних властивостей інтелекту, а саме:

- поліпшення пам'яті;
- розвинення логічного мислення;
- підвищення швидкості опрацювання навчальної інформації;
- збільшення можливого об'єму інформації, що може засвоїти студент;
- розв'язання проблеми вибору, якщо існує багатоальтернативна ситуація.

Визначальною компонентою, яка потребує розв'язку, є модифікування етичних засад суб'єктів. Поняття цієї компоненти базується на забезпеченості успішності розв'язку попередніх двох компонент. Основним середовищем в якому можна реалізувати вплив інтелекту – інформаційна складова. Розвиток методів оцінки модифікації інтелектуальних та етичних засад представляє другу складову відповідно до наведеної схеми рис.1.19. Дана складова є важливою особливо в сучасних умовах коли оновлення науково-технічної інформації відбувається дуже швидко.

В цьому контексті спроможність майбутнього фахівця, засвоювати нову інформацію, і здійснювати заміну застарілої інформації новою буде високою тоді

коли майбутній фахівець характеризується високим ступенем пристосованості до нових динамічно змінюючих умов в своїй галузі. Реалізація на потрібному рівні першої та другої задач не можлива без вирішення третьої задачі. В цьому розумінні управління і оцінка ефективності процесу підготовки фахівців повинна бути зорієнтованими не на кінцевий результат закінчення вузу, а на весь час активної діяльності фахівця, подібно тому, як в даний час здійснюється проектування літального апарату з урахуванням надійності всього його життєвого циклу.

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. Проведений порівняльний аналіз літературних джерел за темою роботи свідчить про необхідність розробки та вдосконалення інтелектуальних методів, які будуть основою для формування вимог специфікацій і реалізації АСУ ПФ.

2. Запропонована структура комплексної моделі АСУ ПФ, яка дозволяє детально описати алгоритм керування процесом підготовки фахівців, як на початковій стадії так і на завершальній атестації суб'єктів навчання по навчальній дисципліні і плану підготовки фахівців.

3. На основі аналізу відомих методів та засобів, які впливають на керування процесом підготовки авіаційних кадрів встановлено такі основні фактори впливу: зміст та структура навчального матеріалу, методи, засоби і матеріально-технічна база, професійний рівень професорсько-викладацького складу (ПВС). На процес сприйняття і запам'ятовування інформації впливають: кількість відведеного часу, структура навчального матеріалу, утворення інформаційних зв'язків між блоками навчальної інформації, частота використання понять і швидкість передачі інформації, готовність ПВС якісно передавати інформацію з навчальних дисциплін та готовність суб'єктів якісно її сприймати та засвоювати.

4. На підставі аналізу процесу підготовки авіаційних кадрів проведено його структуризацію, визначені керовані та керуючі впливи на процес підготовки авіаційних кадрів, в якості істотної керуючої змінної в роботі за основу вз'ято розподіл операційного часу.



## РОЗДІЛ 2

### АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РОЗПОДІЛУ ОПЕРАЦІЙНОГО ЧАСУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ

#### 2.1 Проблемне навчання як варіант автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів

В роботі процес підготовки авіаційних кадрів розглядається як керований багатопроблемний процес з багатьма вхідними компонентами, що змінюється з часом.

Задача керування проблемним навчанням (ПН) полягає в тому, щоб в подальших дослідженнях, спираючись на випрацьоване розуміння категорій з поясненням, що саме розуміється під проблемою, ціллю, багатоальтернативною ситуацією суб'єктів навчання, необхідністю вибору альтернативного рішення створити методики та алгоритм впливу на якісні та кількісні показники його функціонування. Дослідження в області ПН проводилось з 30-х років минулого століття. Ідеї та принципи ПН випрацьовували С. Л. Рубінштейн, Д. Н. Богоявленський, Н. А. Менчинська, А. М. Матюшкін, а наукові роботи Т. В. Кудрявцева, Д. В. Вількєєва, Ю. К. Бабанського, М. І. Махмутова та І. Я. Лернера, стали, як підкріпленням сформованого фундаменту у формуванні та розвитку.

Так під ПН В. Оконь розуміє «сукупність таких дій, як організація проблемних ситуацій, формулювання проблем, надання суб'єктам необхідної допомоги у вирішенні проблем, перевірка цих рішень і, нарешті, керівництво процесом систематизації та закріплення набутих знань» [41,42]. Д. В. Вількєєв під ПН має на увазі такий характер навчання, коли йому надають деякі риси наукового пізнання [43]. Сутність ПН І. Я. Лернер бачить у тому, що «студент під керівництвом викладача бере участь у вирішенні нових для нього пізнавальних і практичних проблем в визначеній системі, яка відповідає освітньо-виховним цілям навчального закладу» [44]. Т. В. Кудрявцев суть процесу ПН бачить у висуванні перед суб'єктами дидактичних проблем, у вирішенні й оволодінні суб'єктами узагальненими знаннями та принципами проблемних завдань [45]. Крім цих праць у багатьох роботах ПН розглядається не прямо, а в контексті і більш широко, як засіб

активізації навчання, підвищення ефективності навчання однієї конкретної дисципліни [46]. Не було єдності й у питанні, чи повинна проблемна ситуація (ПС) «створюватися» або природньо «впливати» з самого характеру матеріалу. ПН являє собою керовану систему проблемних ситуацій, в ході вирішення яких суб'єкт опановує зміст предмета. Наприклад як створити таку ситуацію: при вирішенні задачі давати декілька варіантів її рішення, а не один, щоб суб'єкт міг самостійно зробити вибір, який метод рішення цієї задачі був зручніший і доцільніший. Це стимулює до активності формування пізнавальної самодіяльності суб'єктів і розвитку його творчих здібностей. Ця активність полягає в тому, що суб'єкт аналізуючи, порівнюючи, синтезуючи, узагальнюючи, конкретизуючи фактичний матеріал, сам отримує з нього нову інформацію. Іншими словами, це розширення поглиблення знань за допомогою раніше засвоєних знань або нове застосування колишніх знань. Нового застосування колишніх знань не може дати ні вчитель, ні книга, вони шукається і знаходиться суб'єктом поставленим у відповідну ситуацію. Саме за рахунок цього буде творюватись ПН, яке буде стимулювати студента до вибору. На (рис. 2.1) представлено процентний розподіл вибірових та обов'язкових дисциплін на курсах.

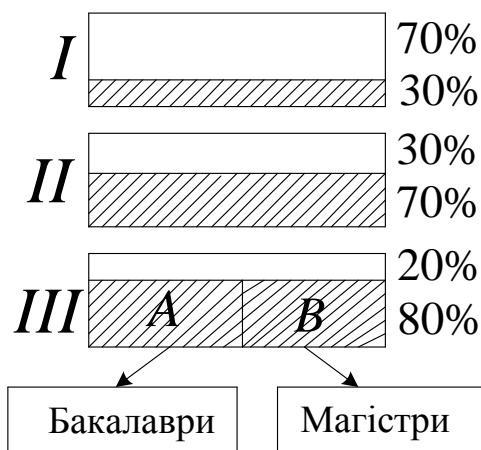


Рис.2.1 Процентний розподіл вибірових та обов'язкових дисциплін на курсах

Аналіз інформації (рис.2.1) вказує, що на першому курсі студенти вивчають 70% обов'язкових дисциплін, а 30% дисципліни по вибору. На другому курсі навпаки. На третьому курсі 20% обов'язкових дисциплін і 80% дисциплін по вибору.

Тому на нашу думку було б доцільно в процесі навчання запропоновувати студентам вибирати самостійно дисципліни, які б вони хотіли вивчати, і поруч з цим до навчальних планів внести коригування з врахуванням кількості дисциплін, що закріплена в навчальному плані з кожної спеціальності, але кількість дисциплін повинна відповідати навчальному плану даної спеціальності яку він хоче опанувати. Іншими словами ми пропонуємо керувати навчанням за алгоритмом зворотного зв'язку, який як показала практика навчальних процесів розвинених країн надасть можливість підвищити рівень самоорганізації суб'єктів навчання – студента та викладача [47]. Тому на рівні керування пізнавальною діяльністю суб'єктів розділяють керуючі впливи на: проблемні питання (ПП) проблемні задачі (ПЗ), ПС та проблеми у цілому.

ПП– це «одноразова» дія. Подібні питання стимулюють думку, активізують процес мислення, змушують суб'єкта навчання думати.

ПЗ – передбачає ряд дій і для її вирішення суб'єкту потрібно самостійно провести свій пошук. Це вже досить велика навчально-пізнавальна задача, для вирішення якої потрібно провести спеціальний пошук з багаточисельними компонентами.

ПС – це психологічний стан інтелектуального ускладнення, яке виникає у суб'єкта навчання, якщо він не може пояснити новий факт за допомогою наявних знань або виконати відому дію знайомими йому способами під час подолання проблеми. В цьому випадку виникає потреба активно мислити, і, головне, відповісти на питання. Потреба відповіді формує мотив, що спонукає суб'єкта думати і діяти.

Існують чотири рівні проблемності у процесі підготовки фахівців:

- викладач сам вирішує проблему, при активній участі навчаємих в обговоренні та вирішенні даної проблеми;
- викладач ставить проблему а навчаємий самостійно або під керівництвом викладача її вирішують;
- навчаємий ставить проблему, викладач допомагає її вирішити;
- навчаємий сам ставить проблему і сам її вирішує.

Третій і четвертий рівні – це дослідницький метод вирішення даної проблеми. ПН на третьому і четвертому рівнях, а іноді і на другому пов'язане з дослідженням. Отже ПН – це кероване навчання, що допомагає вирішенню нестандартних задач, в ході якого навчасмі засвоюють нові знання і набувають навички та вміння творчої діяльності, що дуже важливо, як для випускників магістрів так і для спеціалістів за їх фахами підготовки.

В даному випадку присутні як мінімум два керованих стани:  $\sigma_c$  – існуючий і  $\sigma_{ж}$  – бажаний, а також носій цього свідомого бажання – суб'єкт. Іншими словами проблема представляє собою свідоме бажання суб'єкта, або суб'єктів.

Керований стан характеризується набором значень ряду суттєвих для суб'єкта якісних і керуючих впливів. Назвемо множину таких станів, кожне з яких сумісне з природою системи  $\sum$  і перехід влюбий стан із  $S$  не пов'язаний з радикальними змінами системи. Нехай в даний момент інший стан  $\sigma_2 \in S$  (або кожний стан  $\sigma \in S_2 \subset S$ ) сприймається, як більш важливіше (бажане). Тоді проблема вибору станів запишеться у вигляді залежності (1.3).

$$P: \sigma_1 \langle \sigma_2 \text{ або } (\sigma_1 \langle \forall \sigma_2 \in S_2 \subset S). \quad (2.1)$$

Математичне формулювання (2.1) вказує, що  $\sigma_2$  краще чим  $\sigma_1$  і суб'єкт без підвищення ентропії за наявності відсутності інших альтернатив приймає рішення вибору стану  $\sigma_2$ , як засіб досягнення мети, щоб без зайвих витрат досягти своєї мети [48]. Наведене характеризує відсутність багатоальтернативної ситуації в НП і як її наслідок низьку ентропію суб'єктів навчання. Аналіз традиційного НП встановлює відсутність в ньому багатоальтернативної ситуації перед суб'єктами навчання і як наслідок – зниження рівня успішності в оволодінні навчальними дисциплінами, і зниження рівня інтелектуальних здібностей – причиною якої є не сумлінне відношення суб'єктів до навчання і проблеми зовнішнього середовища, які на них мають вплив.

## 2.2 Моделі «забування» інформації для автоматизованої системи підготовки авіаційних кадрів

Аналіз робіт з формування критеріїв оцінки якості навчання при керованому НП визначив вплив нових інформаційних технологій НП на активізацію навчально-пізнавальної діяльності навчасмих і в силу цього в роботі підняті питання контролю та управління забуванням навчальної інформації. Тематичний аналіз попередніх робіт визначив різнобікість рішень такої задачі

Вирішення складних задач керування якістю при підготовці спеціалістів вищої кваліфікації в даний час практично не можливо без розробки математичної моделі процесу та попереднього його математичного моделювання. Нові умови діяльності вищої школи зумовлюють здобуття своєчасної, необхідної та об'єктивної інформації щодо управління якістю освіти. Одним із механізмів одержання інформації про функціонування освітньої системи в усій її багатогранності є моніторинг. Останнім часом можна прослідкувати тенденції до більш активного використання категорій «якість та управління якістю» для аналізу й інтерпретацій різних явищ, аспектів освітньої діяльності. Одним із напрямів такого аналізу є якість знань. У 80–х роках обґрунтування якості знань об'єктів НП як системи, досліджували М. Скаткін [49], В. Краєвський [50]. Автори відзначали, що якість засвоєних знань визначають на майбутній потенціал людини у сфері матеріальної та духовної культури. Наприкінці 90-х років з'являються фундаментальні роботи А. Ягодзінського [51], І. Підласого [52] щодо оцінювання знань студентів і якості підготовки фахівців. А. Ягодзінський у своїй праці [51] зазначає, що динаміка оцінок знань повинна, як мінімум, враховувати два чинники: рівень знань і швидкість їх засвоєння. Автор наголошує на тому, що процес засвоєння студентами матеріалу, який вони вивчають у ВНЗ, кількісно може бути схарактеризований за допомогою оцінок  $R(t)$  – рейтингу (величини), що визначає рівень знань студента з тієї чи іншої дисципліни в момент часу  $t$ . Аналітично процес засвоєння навчального матеріалу в момент часу  $t$  можна записати у вигляді [51]:

$$R(t) = t + R_0. \quad (2.2)$$

де  $R_0$  – рейтингова оцінка початкового рівня знань.

Зі сторони математичного формулювання існує велика кількість моделей, які описують процес засвоєння навчальним матеріалом, одна із них – адаптивна модель засвоєння матеріалу була запропонована професором Л.А.Растригіним в 1988 р. [16]. До переваг цієї моделі необхідно віднести наступне: облік зменшення швидкості забування вивчаємої інформації по мірі її повторювання, можливість довільних проміжків часу між повторюваннями враховуючи, що при цьому враховується час забування вивчаємої інформації. У праці «Обучение как управление» [16] Л.А. Растригін характеризував процес забування порції інформації за деякий час наступною моделлю:

$$p^{N+1} = 1 - (1 - p^N) \exp(-c^N \Delta t_{N+1}) . \quad (2.3)$$

де  $p^N$  – імовірність незнання порції інформації у момент  $t = N$  (при умові, що при  $t = 0$  об'єкт дослідження володів цією порцією інформації);  $c^N$  – коефіцієнт швидкості забування.

У своїх дослідженнях Дж. Нейман пов'язував процес забування інформації з причини підвищення ентропії суб'єкта.

Дослідження процесу забування знань започаткував німецький дослідник Герман Еббінгауз у 1895 році. На основі експериментальних даних було побудовано криву збереження вивченого у пам'яті матеріалу, так звану криву Еббінгауза (рис.2.5) [53]. Г. Еббінгауз дійшов до висновку, що відсоток збереження вивченого в пам'яті зменшується як логарифм часу, що минув із моменту вивчення:

$$R = \log T , \quad (2.4)$$

де  $R$  – збереження навчальної інформації;  $T$  – час, що минув із моменту заучування.

Отже, швидкість забування навчальної інформації можна визначити за формулою:

$$V_z = (R_2 - R_1) \cdot \ln t . \quad (2.5)$$

де  $R_1$  – результат попереднього контролю знань;  $R_2$  – результат наступного контролю знань;  $t$  – проміжок часу між попереднім і наступним контролем знань.

Результати досліджень Еббінгауза [53] наведено в (табл. 2.1) та на (рис. 2.2).

## Результати досліджень Еббінгауза

$t$	0	0,3	1	9	24	48	144	744
$b \%$	100	53	44	36	34	28	25	21

Крива забування Г.Еббінгауза виражає залежність запам'ятовування одиниць інформації від часу.

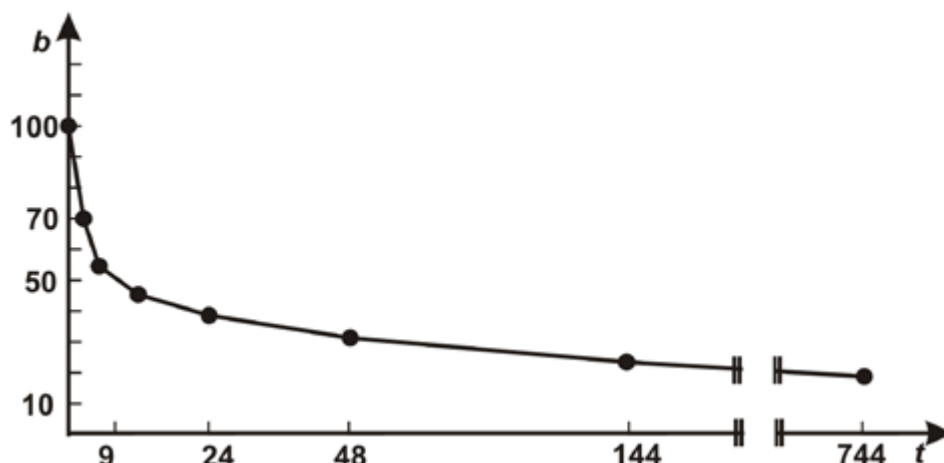


Рис. 2.2 Крива забування Г. Еббінгауза

Аналізуючи дану залежність (рис. 2.2) відслідковується різке падіння ефективності пригадування інформації відразу після вивчення, за яким слідує повільне, поступове забування інформації. Еббінгауз показав, що отримана ним крива апроксимується за наступним виразом (2.6):

$$b = \frac{K}{\log t + C} . \quad (2.6)$$

де  $b$  – процент утримуваного в пам'яті інформації в момент експерименту (або контролю) або об'єм інформація у «відсотках зберігання»;  $t$  – час з моменту повного оволодіння інформацією у годинах;  $C = 1.84, K = 1.25$  – константи, отримані методом найменших квадратів на основі експериментальних даних, описаних у роботі [53].

Результати, отримані Р. Еббінгаузом, були уточнені А. Пероном. Якщо крива Еббінгауза починає знижуватися відразу після закінчення заучування, то «крива забування» А. Перона має на початку стабільний майданчик, відповідно 100% збереження матеріалу протягом деякого часу. У загальному в цілому крива А.

Пьерона знижується плавніше. Аналогічні криві забування також були отримані Радославличем, Лу та Бореасом, які також проводили досліди в цьому напрямку. Проте існують деякі розбіжності відносно швидкості та величини першочергового спаду кривої, які пояснюються відмінностями в умовах експерименту, матеріалі, який запам'ятовується, та індивідуальних особливостях суб'єктів. О.Щукаревичем було виведено рівняння, яке лише інтерпретує наявні дані та не спирається на конкретну теорію:

$$y = a - be^{cn}. \quad (2.7)$$

де  $y$  – засвоєння, яке визначається, як число правильних відтворень (успіхів) за одиницю часу;  $n$  – число випробувань;  $a$  – границя засвоєння при  $n \rightarrow \infty$ ;  $b$  і  $c$  – константи.

На даний час розроблена велика кількість різноманітних підходів до моделювання НП. Однак відсутня уніфікована й інтегрована модель НП, яка може враховувати індивідуальні здібності навчальних і адаптувати форми та методи подання знань у залежності від їх когнітивних можливостей, створюючи при цьому індивідуальні стратегії навчання. Таким чином в підрозділі (2.6) були розроблені моделі, засвоєння навчальної інформації для різних рівнів індивідуальних здібностей навчальних, які дозволяють створити індивідуальні стратегії навчання.

### **2.3 Синтез структурних схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів**

Розроблені структурні схеми керування містять в собі методичне забезпечення, постановку та розв'язання спрощених задач оптимізації та управління й відображають розподіл найбільш характерного ресурсу операційного часу, тому в роботі дослідження мають обмеження тільки за часом. При побудові структурних схем автоматизованого керування процесом підготовки фахівців в роботі враховано різні форми контролю якості, а саме:

- процес підготовки фахівців з контролем і забуванням навчальної інформації;
- процес підготовки фахівців з повторюванням навчальної інформації;
- процес підготовки фахівців з контролем, без повторювання навчальної інформації.



Процес автоматизованого керування підготовкою фахівців має ієрархічний характер, тому розглянемо найбільш типові схеми керування процесом підготовки фахівців такі як: послідовна схема керування, паралельно-незалежна схема керування, змішана-послідовно паралельна схема керування, та схеми керування з активним контролем і з врахуванням факторів часу та «забування» інформації [48].

**2.3.1 Схеми автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів з пасивним контролем.** Передбачається, що навчальна інформація розбивається на порції  $r_1, r_2, \dots, r_n$  причому для засвоєння порції  $r_i$  необхідно засвоїти порцію  $r_{i-1}$ . Стан, відповідний засвоєнню порції  $r_i \in \sigma_i$ , а проблема, що полягає в переході із стану  $\sigma_{i-1}$  в стан  $\sigma_i \in p_{i-1,i}$ . Таким чином, в стані  $\sigma_i$ , передбачається, що суб'єкт вже оволодів інформацією  $(r_1, r_2, \dots, r_i)$  рис.2.3.

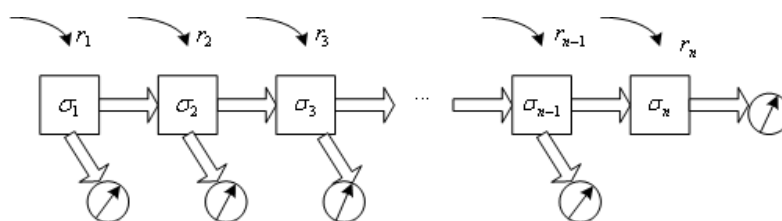



Рис.2.3 Послідовна схема автоматизованого керування

Уникаючи громіздкості викладу матеріалу, ми не наводимо в такі подробиці як "втрати" у процесі передачі інформації, недосконале, або не повністю адекватне засвоєння її суб'єктом. Описана схема може бути умовно названа лінійним дидактичним ланцюгом. Можна припустити, що існує також свого роду адаптивна схема управління, коли після кожного кроку є декілька альтернативних варіантів наступного кроку (рис.2.3).

На (рис. 2.3), елемент  означає вихідний контроль з оцінкою засвоєння інформації  $r_n$ , а також проміжний контроль засвоєння всіх порцій  $i$ , відповідно, оцінки  $r_i$ . В даній схемі, результати контролю не приводять до корегування процесу підготовки фахівців або повторного (доучування інформації).

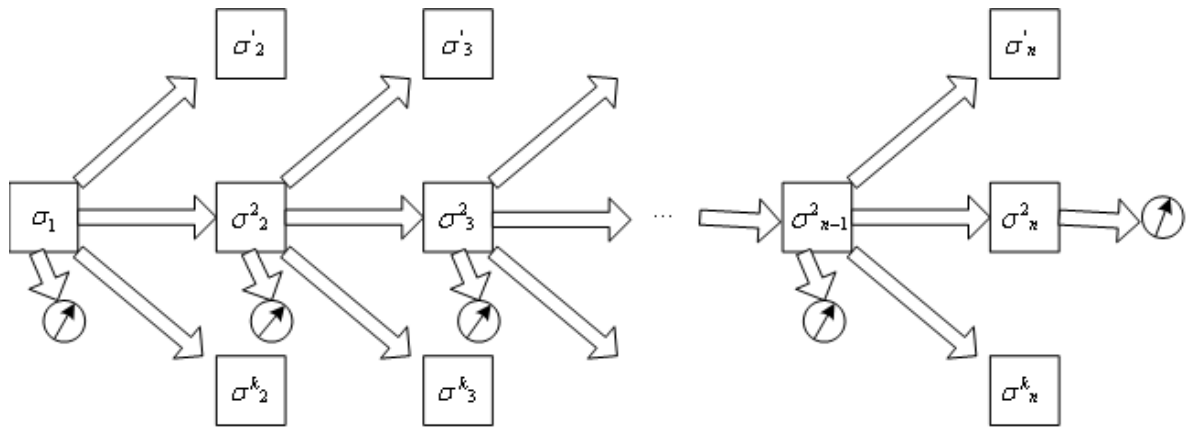


Рис.2.4 Адаптивна схема автоматизованого керування

Мета автоматизованого керування підготовкою фахівців полягає в тому, щоб суб'єкт засвоїв об'єм інформації, що складається з  $n$  порцій. У випадку, якщо існують альтернативні шляхи управління вони повинні гарантувати якість засвоєння основної навчальної інформації, а коли реалізується, наприклад, схема управління (рис.2.4), то в якості критерія пропонується:

$$\theta = \sum_{i=1}^n a_i \varphi(r_i, \hat{r}_i), \quad (2.8)$$

де  $a_i$  – ваговий коефіцієнт, що враховує важливість даної порції інформації,  $r_i$  – порція інформації, що вивчається,  $\hat{r}_i$  – оцінка засвоєної інформації, що отримується в результаті контролю знань. Вимірювання інформації  $r_i$  і визначення оцінки  $\hat{r}_i$  пропонується здійснювати шляхом використання, як суб'єктивної, так і об'єктивної ентропії, точніше її статистичну модель оцінки, коли мова йде про оцінку знань групи суб'єктів.

В паралельно-незалежній схемі автоматизованого керування (рис.2.5), для засвоєння порції інформації  $r_n$  необхідно окремо засвоїти порції  $(r_1, r_2, \dots, r_{n-1})$ . У цьому випадку засвоєну інформацію на кінцевому етапі можна умовно виразити співвідношенням:

$$\tilde{r}_n = f_n(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_{n-1}, r_n), \quad (2.9)$$

де як і вище  $f_n$  – дидактична технологія.

Засвоєна порція  $\tilde{r}_i$  ( $i \in 1, n-1$ ) визначається як:  $\tilde{r}_i = f_i(r_i)$ .

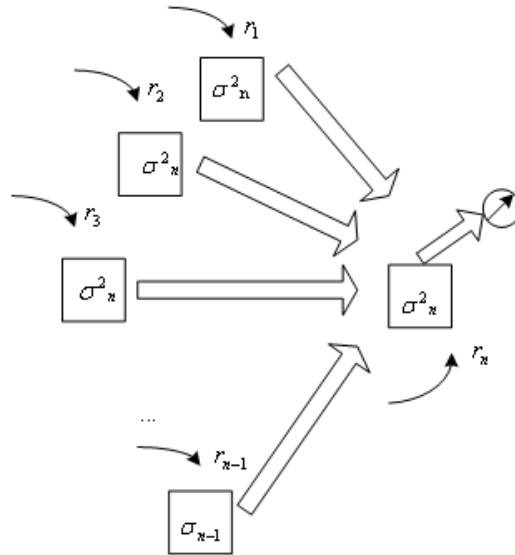


Рис. 2.5 Паралельно-незалежна схема автоматизованого керування

Засвоєння кожної із складових  $r_i$  абсолютно необхідне для засвоєння порції  $r_n$ . Відповідно, якщо застосовується деякий механізм контролю знань оператор  $\varepsilon$ , то оцінка результату навчання визначається залежністю:

$$\hat{r}_n = \varepsilon(\tilde{r}_n), \quad (2.10)$$

а критерій якості можна представити у вигляді виразу:

$$\theta = 1 - H_{n,f}, \quad 0 \leq \theta \leq 1. \quad (2.11)$$

де  $H$  – ентропія.

У змішаній схемі автоматизованого керування (рис.2.6) поєднані дві попередні, а її доповнення дозволяє охопити всі принципово можливі варіанти.

$$\left. \begin{aligned} \tilde{r}_1 &= f_1(r_1) \\ \tilde{r}_2 &= f_2(\tilde{r}_1, r_2) \\ \tilde{r}_3 &= f_3(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, r_3) \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \tilde{r}_{n-1} &= f_{n-1}(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_{n-2}, \tilde{r}_{n-1}) \\ \tilde{r}_n &= f_n(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_{n-1}, r_n) \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

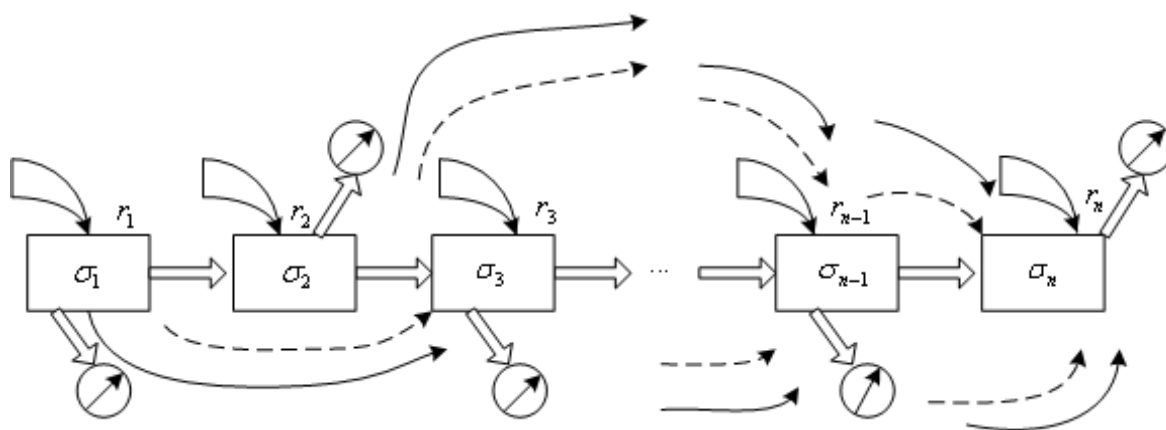


Рис.2.6 Змішана послідовно-паралельна схема автоматизованого керування

Як і раніше в цьому випадку припускається, що для засвоєння кожної порції інформації використовується своя (індивідуальна) дидактична технологія  $f_i$ , крім того, необхідне знання всіх (або деяких) попередніх порцій інформації. Якщо результатом вважається володіння лише останньою порцією інформації  $r_n$ , то критерій якості слід прийняти як величину  $\theta = 1 - H_{n,f}$ , якщо необхідно, щоб суб'єкт володів всіма порціями інформації  $r_i$  ( $i \in 1, n$ ) і ступінь їх важливості визначається ваговим коефіцієнтом  $a_i$ , то критерій можна визначити як:

$$\theta = \sum_{i=1}^n a_i (1 - H_{if}). \quad (2.13)$$

Аналіз наведених схем автоматизованого керування включають в себе етапи контролю, проте результати контролю не призводили, до зміни процесу підготовки фахівців, даний контроль є пасивним контролем. Активний контроль передбачає контроль, коли його результати використовуються для корегування процесу підготовки фахівців. На (рис.2.6) зображений фрагмент такої системи, в яку включені етапи активного контролю.

**2.3.2 Схеми автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів з активним контролем.** Об'єми навчальної інформації, які запропоновані суб'єкту для засвоєння на (рис. 2.7), позначені через  $r_1, r_2, r_3$ . Результати первинного засвоєння інформації  $\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \tilde{r}_3$  контролюються. На основі порівняння результатів засвоєння з "вхідною" інформацією  $r_1, r_2, r_3$  відпрацьовуються керуючі дії, які позначені умовно, як додаткова інформація  $\Delta r_1, \Delta r_2, \Delta r_3$ , що

надається суб'єкту на відповідному етапі. У результаті такої двокрокової процедури до наступного етапу навчання суб'єкт має в своєму розпорядженні інформацію:

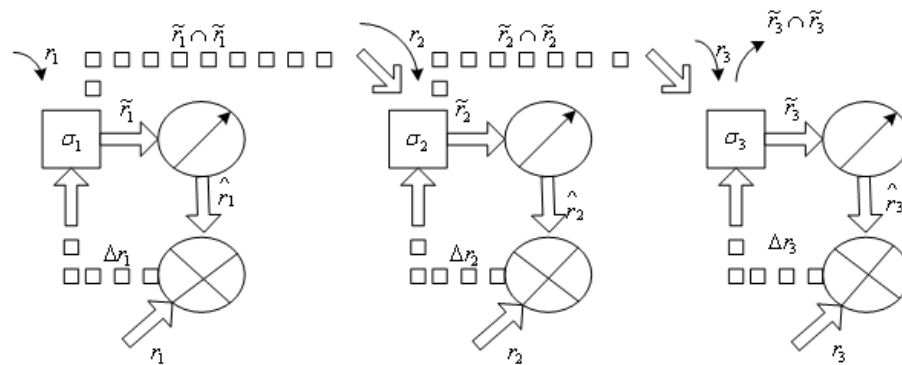
$$\tilde{r}_i = \tilde{r}_i \vee \Delta \tilde{r}_i.$$


Рис.2.7 Схема автоматизованого керування з активним контролем

Для більш повного дослідження керованого НП буде корисним провести дослідження кожної схеми навчання і логіку синтезу управління НП у сукупності з:

- декомпозицією навчальної інформації;
- описом "технологій" операторів  $f_i$  перетворення порцій інформації  $r_i$  в інформацію, засвоєну суб'єктами.

В даному випадку мова йде про вибір з відомого арсеналу методів і засобів процесу підготовки фахівців найбільш відповідних для передачі порцій  $r_i$  а саме:

- вибором методу і параметрів контролю на кожному етапі залежно від об'єкта контролю (студент, група студентів) і характеру матеріалу, засвоєння якого перевіряється;
- вибором коруючої дії  $\Delta r_i$  ;
- формуванням критеріїв оцінки якості навчання з визначенням їх кількісного значення.

На (рис.2.8), схема автоматизованого керування, що містить в собі ресурс (операційний час), який витрачається суб'єктом на подолання різних етапів, вище розглянутих схем керування з урахуванням процесу забування інформації й з припущенням, що процес засвоєння і процес "забування" - безперервні в часі.

Навчальна інформація ділиться на малі порції, тому їх можна умовно рахувати "безперервним" потоком навчальної інформації.

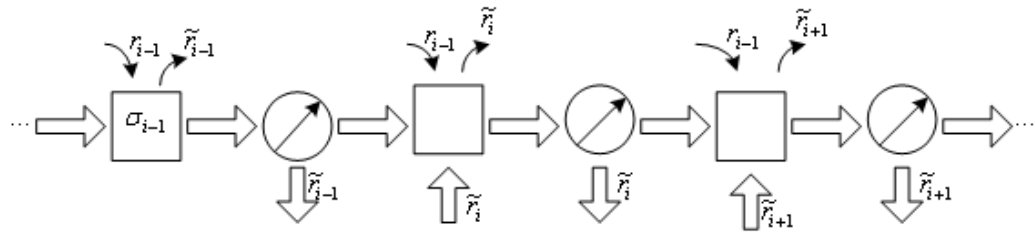


Рис.2.8 Схема автоматизованого керування з урахуванням чинників часу і властивостей "забування" інформації

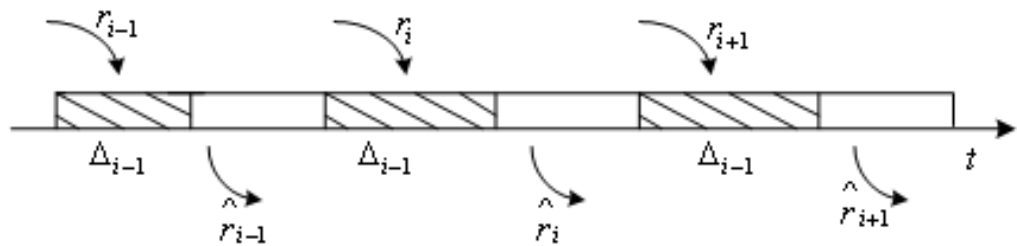


Рис.2.9 Схема автоматизованого керування часовою структурою

Структурна схема автоматизованого керування (рис.2.9) характеризує часову структуру керованого НП, де  $\Delta_{i-1}, \Delta_i, \Delta_{i+1}$  інтервали навчання,  $\tau_{i-1}, \tau_i, \tau_{i+1}$  - інтервали контролю [54]. Результат засвоєння порції  $r_i$  позначений через  $\tilde{r}_i$  залежить від  $r_i$  а також від інформації засвоєної раніше, в даному випадку, від  $\tilde{r}_{i-1}$  і від часу  $\Delta_{i-1}, \tau_{i-1}, \Delta_{i+1}$  тобто:

$$\tilde{r}_i = f_i(\tilde{r}_{i-1}, r_i, \Delta_{i-1}, \Delta_i). \quad (2.14)$$

Облік часу пов'язаний з необхідністю обліку забування. Замість  $\tilde{r}_i$  характеристики, що нечітко формалізується, – можна використовувати вірогідність  $p_{i-1}(\sigma_i, \Delta_{i-1}, \Delta_i)$  володіння інформацією  $r_{i-1}$  в період отримання інформації  $r_i$  на ділянці  $\Delta_i$  для третьої ділянки навчання.

$$\tilde{r}_{i+1} = f_{i+1}(\tilde{r}_{i-1}, \tilde{r}_i, r_{i+1}, \tau_{i-1}, \tau_i, \Delta_{i-1}, \Delta_i, \Delta_{i+1}). \quad (2.15)$$

Відповідно можна користуватися вірогідною мірою засвоєння, за умови, наявного статистичного матеріалу для оцінювання цієї вірогідності. Визначаючи оцінки  $\hat{r}_i$  ( $i \in 1, n$ ) і формалізуючи критерії якості є можливість відшукати

оптимальну тимчасову структуру керованого НП [55]. Окрім критеріїв якості у формулювання завдань керування нею включаються додаткові умови – ізопараметричного обмеження, які регламентують рівень достовірності контролю знань, який пов'язаний з часом, що відводиться для контролю. Викладене вище представляє собою нове узагальнене рішення по підвищенню ефективності автоматизованого управління процесом підготовки фахівців. Проте в такому загальному вигляді дане рішення є дуже об'ємним і вимагає великої кількості вихідної експериментальної інформації. Існує можливість спробувати використати накопичену інформації в результаті дії Болонської системи. В даній роботі була поставлена задача визначити з вище наведених схем невеликі блоки, по можливості формалізувати їх в спрощеному вигляді. В спрощеному вигляді записати критерій ефективності маючи загальний критерій, розрахувати їх та зробити параметричний аналіз. Подальше дослідження зведено до наступних двох рівнів задач: на першому рівні ми розглядаємо задачу не спираючись на імовірнісні поняття. Вирішення заданої задачі розглянуто в (підрозділі 2.4.). Друга задача носить більш особливий характер, який має імовірнісний характер моделі засвоєння інформації. В даній задачі вдається провести ідентифікацію з використанням експериментальних даних. В якості, яких виступають відомості модульного контролю студентів механіко-енергетичного факультету другого курсу з дисципліни теоретична фізика. Дана задача базується на використанні поняття інформаційної зв'язності з точки зору теорії інформації [56].

#### **2.4 Оптимізація структур схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів в детермінованій постановці**

Постійні ускладнення технічних об'єктів керованого процесу підготовки фахівців та ріст рівня процесів автоматизованого керування підготовкою фахівців висувають на передній план проблему оптимальної організації використання різних моделей процесу підготовки фахівців в детермінованій постановці.

Важливу роль у цьому напрямку відіграє визначення індивідуальних здібностей навчаємих. Знання рівня індивідуальних здібностей навчаємих в кожний момент часу дозволяє в найкоротший час корегувати процес підготовки фахівців і тим

самим підвищити, як рівень ефективності автоматизованого керування процесу підготовки фахівців так і рівень якості отриманих знань. В даному підрозділі ставиться задача стосовно оптимізації керування схем НП. Для цього у роботі був розроблений критерій оптимальності, який має наступний вигляд:

$$F(\Delta) = \frac{\Delta_1}{1 + \Delta_1} + \frac{\Delta_2}{1 + \Delta_2} \cdot \sigma_{\text{надл.}} \quad (2.16)$$

Даний критерій був розроблений для деяких спрощених фрагментів вище розглянутих схем автоматизованого керування. На (рис. 2.10) зображена схема автоматизованого керування процесом підготовки фахівців з контролем і забуванням навчальної інформації.

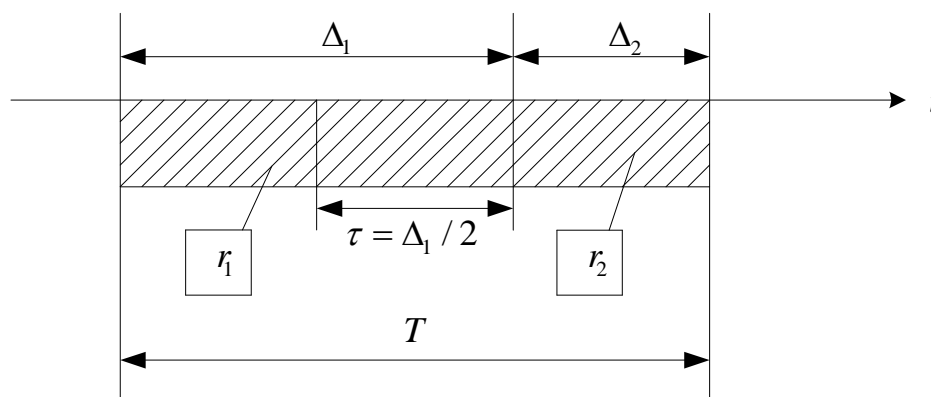


Рис. 2.10 Схема автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних фахівців з контролем і забуванням навчальної інформації

В даній схемі розглядаються дві порції навчальної інформації  $r_1$  і  $r_2$ , та проміжки часу  $\Delta_1$  і  $\Delta_2$  протягом яких засвоюються порції інформації  $r_1$  і  $r_2$ . Загальний час вивчення інформації фіксований  $T$ .

Між двома порціями інформації  $r_1$  і  $r_2$  існує часовий інтервал  $\tau$  протягом якого не здійснюється навчання, тому перша порція навчальної інформації  $r_1$ , яка отримана протягом проміжку часу  $\Delta_1$ , дорівнює половині  $\Delta_1$ , тобто  $\tau = \Delta_1 / 2$ .

На (рис. 2.11) представлена схема автоматизованого керування навчанням з повторюванням навчальної інформації. Створена схема автоматизованого керування процесом підготовки фахівців (рис. 2.10), дозволяє дослідити методику навчання з повторюванням вивченої порції інформації. Аналіз схеми показав, що знання будуть потрібні в момент  $\Delta_1 + \tau_1 + \Delta_2 + \tau_2$  (в точці  $A_2$ ). Повторне навчання забезпечує



менше забування на другому проміжку зберігання  $\tau_2$ , так як при повторному навчання є остаточні знання (в точці  $A_1$ ), обумовлені першим етапом навчання.

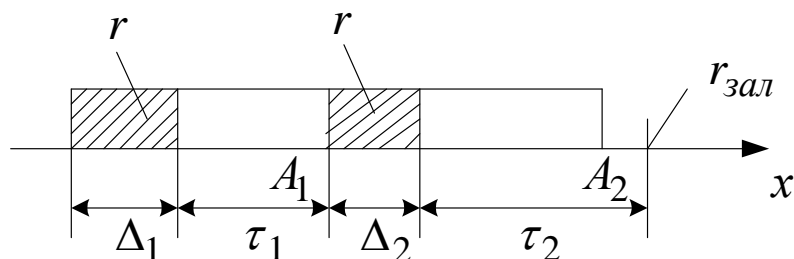


Рис.2.11 Схема автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних фахівців з повторюванням навчальної інформації

На (рис. 2.12) представлена схема автоматизованого керування процесом підготовки фахівців з контролем навчальної інформації.

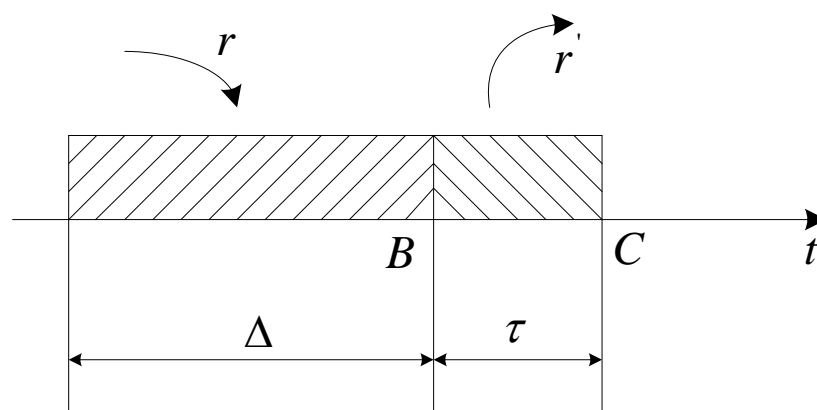


Рис.2.12 Схема автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних фахівців з контролем навчальної інформації

В даній схемі застосовується методика по якій на проміжку  $\Delta$  – відбувається засвоєння інформації  $r$ , на проміжку  $\tau$  здійснюється контроль якості засвоєння, але процес забування інформації в даній схемі не враховується. На підставі аналізу наведених схем керування (рис. 2.10-2.12) проведено моделювання задач навчання з контролем і забуванням навчальної інформації. Введемо розрізняючі поняття: «квант» навчальної інформації і факт «володіння» отриманою цією раніше інформацією в даний момент часу. Іншими словами нас буде цікавити можливість зберігання вже засвоєної інформації, коли має місце процес природного її забування. Зазначимо, що процес забування має формальну схожість з демпфіруванням в законі управління класичних процесів керування в природничо наукових дисциплінах [19].

Один із засновників кібернетики Нейман розглядав спостерігача, який забуває інформацію, пояснював, що причиною цього є зростання ентропії з плином часу. Растрингін [16] розглядав наступну медель: якщо  $p^N$  – ймовірність незнання порції інформації в момент часу  $t = N$  (при умові, що при  $t = 0$ , суб'єкт даною порцією інформації володів), то:

$$p^{N+1} = 1 - (1 - p^N) \exp(-C^N \Delta t_{N+1}), \quad (2.17)$$

де  $C^N$  – коефіцієнт швидкості забування інформації;  $p^N$  – ймовірність незнання порції інформації в момент часу  $t = N$ ;  $\Delta t_{N+1}$  – час з моменту останнього вивчення інформації.

В подальшому в роботі будемо використовувати більш простіші моделі управління, вважаючи, що:

$$\sigma_N = \xi_{NK} \sigma_K, \quad (2.18)$$

де  $\sigma_K$  – ступінь володіння даним фрагментом навчальної інформації в момент часу;  $t_K, \xi_{NK}$  – коефіцієнти втрати інформації за час  $t_N - t_K$  за рахунок її забування. Для визначення  $\sigma_K$  скористаємося наступними виразами:

$$\sigma_{NK} = \frac{\eta}{N - K + 1}; \quad (2.19)$$

$$\sigma_{NK} = \eta \left( 1 - \ln \frac{1}{N - K + 1} \right); \quad (2.20)$$

$$\sigma_{NK} = \frac{1}{\eta(N - K) + 1}; \quad (2.21)$$

$$\sigma_{NK} = 1 - \ln \frac{1}{\eta(N - K) + 1}. \quad (2.22)$$

Підбираючи кожного разу параметр  $\eta$  з метою спрощення на окремих часових інтервалах можна апроксимувати залежність (2.18) виразами (2.19-2.22). Всі ці вирази вбудовані таким чином, що коли  $K = N, \xi_{NK} = 1$ .

Аналізуючи моделі контролю вивченої інформації для різних форм забування інформації відповідно до проведених розрахунків моделей (2.19-2.22) є можливість

визначити наступну залежність критерію оптимальності від часу засвоєння матеріалу. Критерій оптимальності має наступний вигляд:

$$F(\Delta) = \frac{\Delta_1}{1 + \Delta_1} + \frac{\Delta_2}{1 + \Delta_2} \cdot \sigma_{\text{надл.}}. \quad (2.23)$$

де  $\sigma_{\text{надл.}} = \sigma_i \cdot \xi_i \cdot \eta$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Критерій оптимальності  $F(\Delta)$  розроблявся з урахуванням різних рівнів інтелектуальних здібностей суб'єктів –  $\eta$ . Тож відповідно маємо:

$$\xi_1 = \frac{\eta}{\Delta - 0.5\Delta + 1}; \quad (2.24)$$

$$\xi_2 = \eta \left( 1 - \ln \frac{1}{\Delta - 0.5\Delta + 1} \right); \quad (2.25)$$

$$\xi_3 = \frac{1}{\eta(\Delta - 0.5\Delta) + 1}; \quad (2.26)$$

$$\xi_4 = 1 - \ln \frac{1}{\eta(\Delta - 0.5\Delta) + 1}. \quad (2.27)$$

В попередніх моделях основна задача полягала в дослідженні залежності часу засвоєння інформації від рівня інтелектуальних здібностей суб'єктів завдяки побудові критерію оптимальності [57, 58, 59, 60].

Наступна модель розглядає ступінь залежності засвоєння інформації  $\sigma$  від швидкості її передачі  $v_i$  і має вигляд:

$$\sigma = f v_i e^{-\lambda v_i}. \quad (2.28)$$

В цьому випадку існує оптимальна швидкість передачі інформації, яка визначається із умови:

$$\frac{d\sigma}{dv_i} = 0.$$

Звідки знаходимо  $v_{\text{opt}} = v_i^* = \frac{1}{\lambda}$ , а максимальне (найкраще) засвоєння навчального матеріалу досягається, коли  $\sigma = \sigma_{\text{max}} = f v_i^* e^{-1}$ , тоді модель набуває наступного вигляду:

$$\sigma(v) = \sigma_1 \cdot \frac{v}{v_1} \cdot e^{\frac{v_1 - v}{v_1}}, \quad (2.29)$$

В наступній моделі управління інформація розглядається, як один із видів ресурсів і позначається символом  $r$ , має вигляд:

$$\sigma(\Delta) = \frac{r_1}{\Delta} \cdot e^{\frac{\Delta_1}{\Delta}}. \quad (2.30)$$

Розроблені моделі засвоєння навчальної інформації з застосуванням їх до різних схем управління процесом підготовки фахівців, дозволять забезпечити формування взаємопов'язаних блоків навчального матеріалу при підготовці фахівців. В роботі визначено момент готовності суб'єктів до переходу вивчення наступної порції інформації в залежності від рівня інтелектуальних здібностей суб'єктів. Врахування яких значно підвищить рівень якісного засвоєння нової порції інформації і відповідно відсоток її забування зменшиться. В наступному підрозділі розглянемо другу задачу, яка носить імовірнісний характер моделей засвоєння інформації.

## 2.5 Оптимізація інформаційного зв'язку дисциплін навчального плану

Навчальна інформація представлена у вигляді програм дисциплін, які передбачені навчальним планом представляє собою послідовність більш або менш пов'язаних в змістовному відношенні тем і розділів. Вдосконалення змісту і часової структури процесу підготовки фахівців пов'язане з аналізом логічних зв'язків, як в середині навчальних дисциплін так і між дисциплінами.

Аналіз проводився на підставі методів теорії інформації з застосуванням понять інформаційної зв'язності [61]. Дослідженню цього питання присвячено роботу [62]. Задача полягає в розробці відповідних оцінок зв'язності на основі існуючих статистичних даних успішності студентів механіко-енергетичного факультету Національного авіаційного університету.

Поняття інформаційної зв'язності розглядається зокрема в роботах [61,62, 63, 64,65]. Наведені роботи є підґрунтям для дослідження інформаційної зв'язності навчальних дисциплін. Наявність досліджень в даній галузі підвищують рівень актуальності питання, якому присвячена ця робота.

Стосовно методу, який пропонується в даній роботі можна вважати, що основними структурними елементами з точки зору управління змістом процесу підготовки фахівців є дидактичні інваріанти, які складають основу його ієрархічної структури. Кількість навчальної інформації будемо визначати через поняття дидактичного інваріанта. Дидактичні інваріанти складають головний зміст дидактичних модулів. Незважаючи на те, що модулі повинні бути максимально відокремленими блоками навчального матеріалу і мати певну визначену дидактичну мету, тим не менш вони в цілому складають ієрархічну структуру змісту процесу підготовки фахівців в якому реалізується певна інформаційна зв'язність. Структуризація навчальних дисциплін, як в змістовному сенсі так і в часовому, представляється, як задача управління інформаційною зв'язністю між їх елементами. При розробці відповідної математичної моделі управління робляться деякі припущення:

- визначити просторовість логічно обособленої теми, а також потрібні та наявні часові ресурси, для її вивчення;
- виділити, як мінімум три види зв'язків між блоками навчальної інформації (логічно не зв'язані – коли вивчення наступної теми можливе без вивчення попередньої, логічно зв'язані – коли вивчення наступної теми не можливе без засвоєння попередньої, неабсолютно логічно зв'язані – коли вивчення наступної теми можливе без засвоєння попередньої, але її засвоєння буде не досить ефективним). В рамках цих припущень автором пропонується деякі математичні моделі для різних видів даних зв'язків.

В роботі досліджуються структурні схеми зв'язності дидактичних блоків (тем) із яких в подальшому можуть бути побудовані більш складні схеми. Ми розглянемо два види можливих схем: досліджується мінімальна система з двох дидактичних блоків (тем) *A, B* між якими існує жорсткий (рис.2.15.а) гнучкий зв'язок (рис.2.15.б).

У випадку не жорсткого зв'язку (рис.2.15.б) можуть фігурувати більше двох рівнів засвоєння. В цьому випадку буде відігравати велику роль вибір шкали та ефективність апарату.

Підхід Шеннона до інформаційної зв'язності двох випадкових величин, або двох груп випадкових величин, являється центральним в теорії інформації, самостійний розвиток, якої розпочато в 1948 р., [64]. Його підхід засновано на фундаментальній ролі кількісної міри невизначеності-ентропії і на випадковості імовірнісного опису носіїв інформації. Під інформацією тут розуміється зміна невизначеності, а під кількістю інформації – різниця кількісних мір невизначеностей до і після отримання інформації:

$$I_{xy} = H_x - H_{x|y}. \quad (2.31)$$

є взаємною інформаційною зв'язністю величин  $x$  та  $y$  та інтерпретується, як кількість інформації про  $x$ , яка міститься в  $y$ .

Кількість інформації (2.29) було введено Шенноном, який показав також значення цієї величини в теорії інформації. Використовуючи співвідношення:

$$H_{x|y} = H_{xy} - H_y, \quad (2.32)$$

отримаємо вираз (2.32) в наступному вигляді:

$$I_{xy} = H_x + H_y - H_{xy}. \quad (2.33)$$

Тоді ентропії  $H_x, H_y, H_{xy}$  визначаємо за виразом (2.34):

$$H_\xi = MH(\xi) = -\sum_{\xi} P(\xi) \ln P(\xi). \quad (2.34)$$

де  $M$  – математичне очікування.

Кількість інформаційної зв'язності двох випадкових величин має вигляд:

$$I_{xy} = M[H(x) + H(y) - H(x, y)] = M \ln \frac{P(x, y)}{P(x) \cdot P(y)}. \quad (2.35)$$

Можливі також еквівалентні форми запису:

$$I_{xy} = M \ln \frac{P(x|y)}{P(x)} = M \ln \frac{P(y|x)}{P(y)}. \quad (2.36)$$

Крім середньої ентропії  $H_\xi$  існує випадкова ентропія  $H(\xi) = -\ln P(\xi)$  крім того можна ввести випадкову інформаційну зв'язність [55]:

$$I(x, y) = H(x) + H(y) - H(x, y) = \ln \frac{P(x, y)}{P(x) \cdot P(y)} = \ln \frac{P(x|y)}{P(x)}. \quad (2.37)$$

Дану задачу можна описати спрощеними схемами (рис.2.13, 2.14).

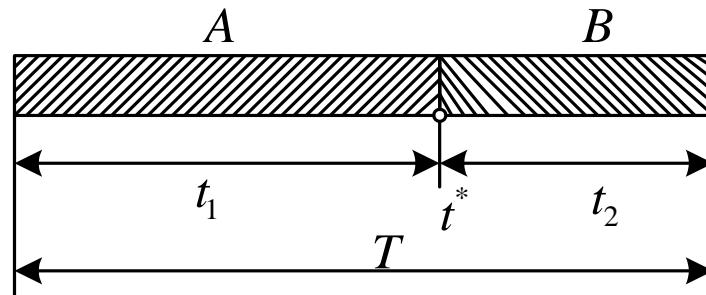


Рис.2.13 Схема послідовного вивчення порцій інформації

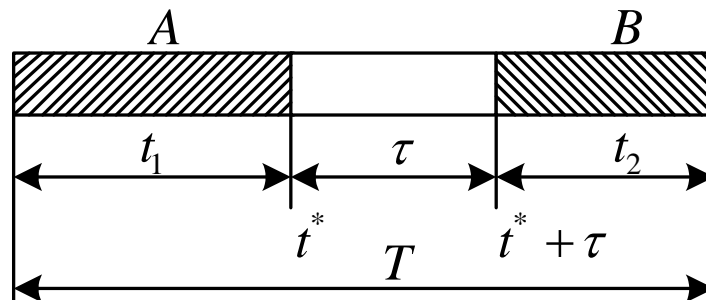


Рис.2.14 Схема вивчення порцій навчальної інформації з часовим інтервалом між порціями інформації:

$A$  і  $B$  – порції навчальної інформації;  $t_1$  і  $t_2$  – проміжки часу протягом яких засвоюються порції інформації;  $t^*$  – оптимальний час засвоєння порції інформації;  $\tau$  – часовий інтервал протягом якого не здійснюється вивчення інформації.

Розглянемо випадок при вивченні двох порцій навчальної інформації (два «блоки» або дві теми) з двома видами зв'язку (рис. 2.15. а,б).



Рис.2.15 Зв'язки між порціями інформації а) жорсткий і б) гнучкий зв'язок

При жорсткому зв'язку (рис. 2.15 а) засвоєння порції інформації  $B$  не можливе без засвоєння порції інформації  $A$ . При гнучкому зв'язку порцію інформації  $B$  можна засвоювати без засвоєння порції інформації  $\bar{A}$ .

Розглянемо модель залежності  $P(A)$  від часу  $t$ .

$$P(A) = 1 - e^{-a \cdot t_1}. \quad (2.38)$$

По даним, що отримані за виразом (2.38) побудовано графік (рис.2.19) залежності оцінок ймовірностей засвоєння порції інформації  $P(A)$  від часу  $t$ .

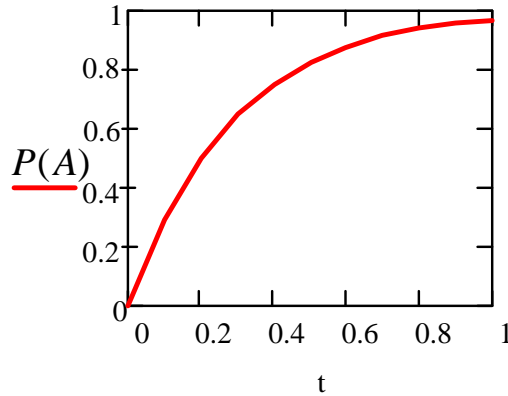


Рис.2.16 Графік для оцінок ймовірностей засвоєння порцій інформації

Для визначення оцінок ймовірностей засвоєння порції інформації  $B$  при умові, що  $A$  вже засвоєно, скористаємося моделлю (2.38):

$$P(B/A) = 1 - e^{-b \cdot t_2}. \quad (2.39)$$

Оцінка ймовірності незасвоєння  $\bar{A}$ :

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A) = e^{-a \cdot t_1}. \quad (2.40)$$

Тоді оцінка ймовірності засвоєння  $B$  при не засвоєній порції інформації  $\bar{A}$  визначається як:

$$P(B/\bar{A}) = (1 - e^{-b_2(T-t_1)}). \quad (2.41)$$

Повна оцінка ймовірності засвоєння  $B$  становить:

$$P(B) = P(A) \cdot P(B/A) + P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A}). \quad (2.42)$$

З урахуванням значень виразів (2.41-2.42) отримаємо:

$$P(B) = (1 - e^{-a \cdot t_1})(1 - e^{-b_1(T-t_1)}) + e^{-a \cdot t_1}(1 - e^{-b_2(T-t_1)}). \quad (2.43)$$

Отже оцінка ймовірності одночасного засвоєння  $A$  і  $B$  становитиме:

$$P(A \wedge B) = P(A) \cdot P(B/A) = (1 - e^{-a \cdot t_1})(1 - e^{-b_1(T-t_1)}). \quad (2.44)$$

Відповідно інформація зв'язку при гнучкому зв'язку між  $A$  і  $B$  визначається:



$$\begin{aligned}
 I_{A,B}^* &= P(A) \cdot P(B/A) \cdot \ln \frac{P(B/A)}{P(A) \cdot P(B/A) + P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A})} = \\
 &= \frac{1 - e^{-b_1(T-t_1)}}{(1 - e^{-a \cdot t_1})(1 - e^{-b_1(T-t_1)}) + e^{-a \cdot t_1}(1 - e^{-b_2(T-t_1)})}.
 \end{aligned}
 \tag{2.45}$$

При жорсткому зв'язку  $P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A}) = 0$ .

Параметри  $a, b_1, b_2$  залежать, як від складності тем  $A$  і  $B$ , так і від рівня аналітичних здібностей того, хто навчається:

$b_1$  – застосовується при засвоєнні порції інформації  $A$ ;

$b_2$  – застосовується при не засвоєнні порції інформації  $\bar{A}$ .

На другому етапі в роботі було проведено ідентифікацію параметрів  $a, b_1, b_2$ . Для цього були взяті статистичні результати модульного контролю студентів першого курсу механіко-енергетичного факультету НАУ [66]. На підставі цих результатів були отримані залежності засвоєння порцій інформації від часу, з яких виявлено, як потрібно розділити час між двома порціями навчальної інформації, щоб її засвоєння було якісним. За виразом (2.46) було ідентифіковано параметри  $a, b_1, b_2$  для моделі (2.38)

$$\alpha = \frac{1}{t} \cdot \left( \frac{1}{\ln(1 - P(A))} \right).
 \tag{2.46}$$

та отримані дані оцінок ймовірностей, які отримані з відомостей модульного контролю дисципліни теоретична фізика (табл.2.1).

На підставі ідентифікації параметрів  $a, b_1, b_2$  та отриманих залежностей оцінок ймовірностей отримані оптимальні значення часу для засвоєння порції інформації  $B$ , та наведено їх порівняння з тим часом, який був заданий навчальною програмою під час дослідження.

Таблиця 2.2

## Оцінки ймовірностей засвоєння навчальної інформації

101 Група						
$P(A) = 0.33$	$P(\bar{A}) = 0.66$	$P(B / \bar{A}) = 0.125$	$P(B / A) = 1$	$a = 0.756$	$b_1 = 9.798$	$b_2 = 0.284$
102 Група						
$P(A) = 0.87$	$P(\bar{A}) = 0.13$	$P(B / \bar{A}) = 0$	$P(B / A) = 1$	$a = 3.849$	$b_1 = 9.798$	$b_2 = 0$
103 Група						
$P(A) = 0.3$	$P(\bar{A}) = 0.7$	$P(B / \bar{A}) = 0.093$	$P(B / A) = 0.89$	$a = 0.673$	$b_1 = 4.696$	$b_2 = 0.212$
104 Група						
$P(A) = 0.43$	$P(\bar{A}) = 0.57$	$P(B / \bar{A}) = 0$	$P(B / A) = 0.83$	$a = 1.061$	$b_1 = 3.77$	$b_2 = 0$
105 Група						
$P(A) = 0.57$	$P(\bar{A}) = 0.43$	$P(B / \bar{A}) = 0.17$	$P(B / A) = 0.875$	$a = 1.592$	$b_1 = 4.424$	$b_2 = 0.396$

Аналіз даних, наведених в (табл.2.2) дозволяє отримати оптимальні значення часу для засвоєння порції інформації  $B$ , при жорсткому та гнучкому зв'язках навчальної інформації рис. 2.17.

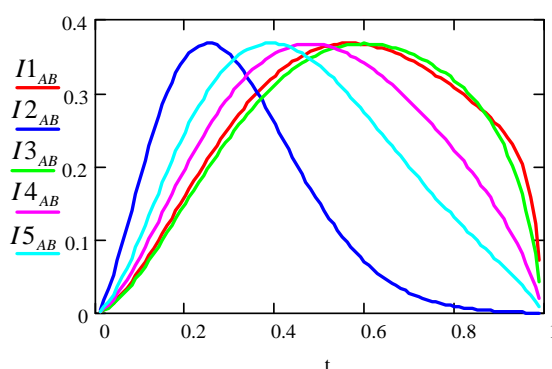


Рис.2.17 Інформаційний зв'язок при гнучкому зв'язку

Проаналізуємо графіки інформаційної зв'язності при жорсткому зв'язку та при гнучкому зв'язку, яка розраховувалась за виразом (2.55), рис.2.18.

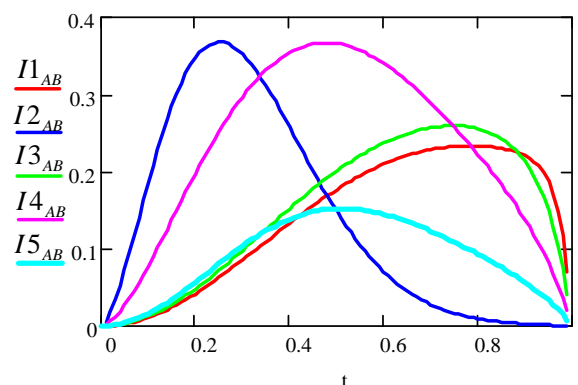


Рис.2.18 Інформаційний зв'язок при жорсткому зв'язку

Із аналізу графіків (рис.2.17-2.18) випливає висновок, що існує оптимальне значення інформаційного зв'язку, якому відповідає оптимальне значення імовірності засвоєння інформації. Звідси відслідковується закономірність, що чим менший інформаційний зв'язок тим повинна бути вища імовірність засвоєння і навпаки чим вищий інформаційний зв'язку тим, нища імовірність засвоєння. Для того, щоб оцінити якість НП, було запропоновано критерії оцінки якості:

$$Q(t) = \alpha_1 \cdot PA(t) + \alpha_2 \cdot PB(t). \quad (2.47)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2 = 1$  – параметри, які характеризують цінність порції інформації;

$P(A), P(B)$  – оцінки ймовірності засвоєння інформації, взяті відповідно до оптимального часу засвоєння інформації. На (рис.2.19) представлена залежність критерію оцінки якості засвоєння інформації від часу при гнучкому зв'язку між порціями інформації.

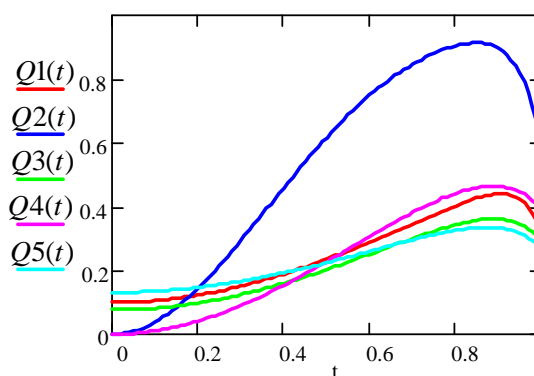


Рис. 2.19 Залежність критерію оцінки якості від часу при гнучкому зв'язку засвоєння навчальної інформації

На (рис.2.20) зображено залежність критерію якості засвоєння інформації від часу при жорсткому зв'язку між порціями інформації.

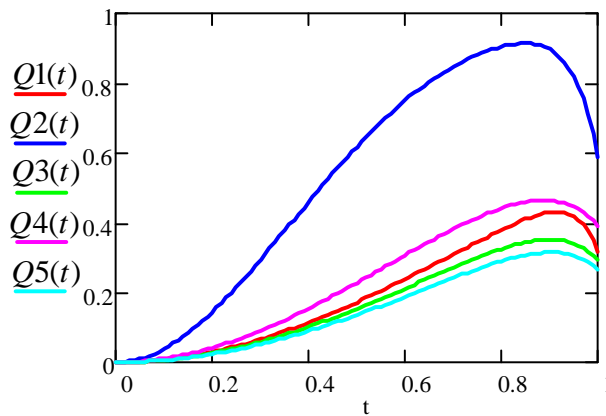


Рис.2.20 Залежність критерію оцінки якості від часу при жорсткому зв'язку засвоєння навчальної інформації

З аналізу наведених залежностей (рис.2.19-2.20) зроблено висновок, що найбільш ефективно засвоєння інформації властиве для 102 групи. Це обумовлено тим, що дана методика викладу матеріалу, яка існує в даній групі, та швидкість передачі інформації підходять для даної групи. А для інших груп слід переглянути процедуру подачі матеріалу.

Наведені задачі являються спрощеними але вони виявляють основні їх закономірності. Надають можливість використовувати накопичену статистику в результаті болонської системи навчання та визначають наявність оптимального часу засвоєння порції навчальної інформації. Рішення задач дозволяє провести оптимізацію для навчальних груп, курсів за рахунок використання ймовірнісних моделей. Для засвоєння трьох порцій навчальної інформації запропоновано наступні схеми зв'язку рис.2.21.

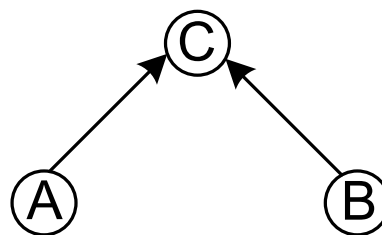


Рис. 2.21 Жорсткий зв'язок засвоєння навчальної інформації

В даній схемі порції інформації  $P(A)$  та  $P(B)$  не залежить одна від одної.

Ймовірність засвоєння  $P(C)$ :

$$P(C) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C / A \wedge B). \quad (2.48)$$

Інформаційний зв'язок:

$$I_{ABC} = \ln \frac{1}{P(A) \cdot P(B)}. \quad (2.49)$$

Для даної схеми була виявлені наступні залежності (рис.2.22-2.23).

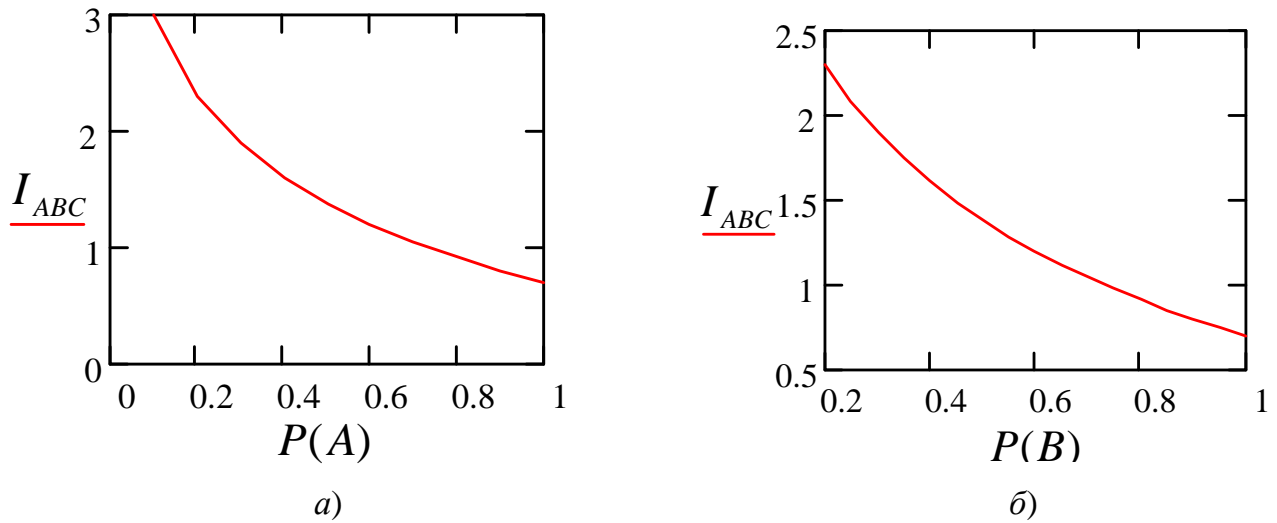


Рис.2.22 Залежність інформаційної зв'язності від ймовірності засвоєння порції інформації  $P(A)$  а) та  $P(B)$  б)

В залежності (рис.2.22 а) змінною виступає ймовірність засвоєння порції інформації  $P(A)$ , а в залежності (рис.2.23 б) змінною виступає порція інформації  $P(B)$ . З даних залежностей слідує, що зі збільшенням ймовірності засвоєння порцій інформації  $P(A)$  та  $P(B)$  інформаційний зв'язок зменшується.

Розглянемо наступну схему управління засвоєння навчальної інформації, яка має не жорсткий зв'язок між порціями навчальної інформації рис.2.24.

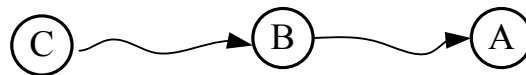


Рис.2.24 Нежорсткий зв'язок засвоєння навчальної інформації

В даній схемі ймовірність засвоєння  $P(C)$  залежить від  $P(A)$  та  $P(B)$ . Тоді ймовірність засвоєння порції інформації  $P(C)$  становить:

$$\begin{aligned} P(C) = & (P(A) \cdot P(B/A) + P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A})) \cdot P(C/B) + (P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}/A) + \\ & + P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}/\bar{A})) \cdot P(C/\bar{B}) = P(A) \cdot (P(B/A) \cdot P(C/B) + P(\bar{B}/A) \cdot P(C/\bar{B})) + \\ & + P(\bar{A}) \cdot (P(B/\bar{A}) \cdot P(C/B) + P(\bar{B}/\bar{A}) \cdot P(C/\bar{B})). \end{aligned} \quad (2.50)$$

а інформаційний зв'язок визначається:

$$I_{ABC} = \ln \frac{P(B/A) \cdot P(C/B)}{(P(A) \cdot P(B/A) + P(\bar{A}) \cdot P(B/\bar{A})) \cdot \left[ \frac{P(A \cdot (P(B/A) + P(C/B) + P(\bar{B}/A) \cdot P(C/\bar{B})) + P(\bar{A}) \cdot (P(B/\bar{A}) \cdot P(C/B) + P(\bar{B}/\bar{A}) \cdot P(C/\bar{B}))}{P(A \cdot (P(B/A) + P(C/B) + P(\bar{B}/A) \cdot P(C/\bar{B})) + P(\bar{A}) \cdot (P(B/\bar{A}) \cdot P(C/B) + P(\bar{B}/\bar{A}) \cdot P(C/\bar{B}))} \right]}. \quad (2.51)$$

Проаналізуємо залежності для (рис.2.24). Отже на відміну від (рис.2.22-2.23) на (рис.2.25-2.26) ймовірності засвоєння  $P(A)$  та  $P(B)$  безпосередньо залежать одна від одної, тому зі збільшенням інформаційного зв'язку ймовірність засвоєння порцій інформації збільшується.

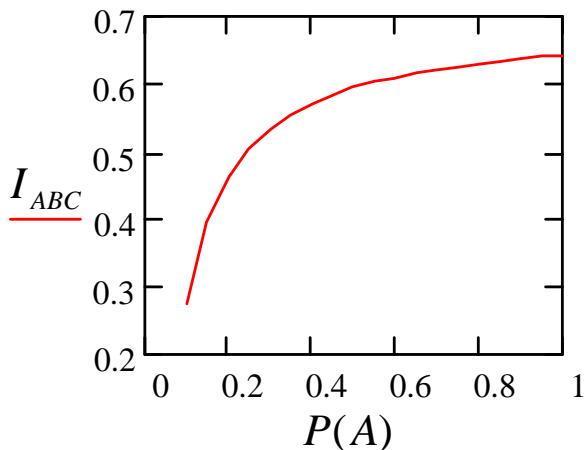


Рис.2.25 Залежність інформаційної зв'язності від ймовірності засвоєння порції інформації  $P(A)$

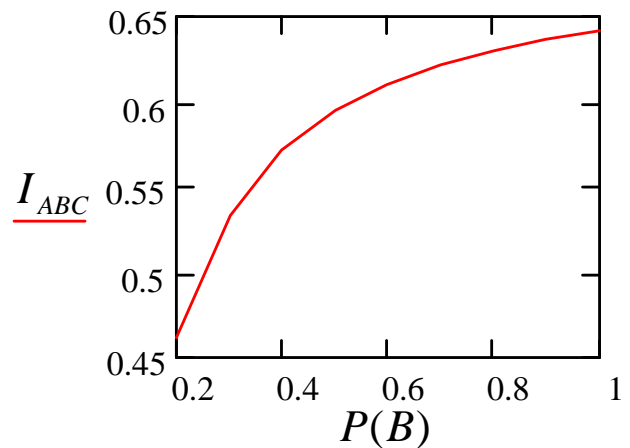


Рис.2.26 Залежність інформаційної зв'язності від ймовірності засвоєння порції інформації  $P(B)$

З аналізу наведених матеріалів дисциплін, в процесі підготовки фахівців переважає друга схема засвоєння навчальної інформації, тому чим більший буде інформаційний зв'язок між навчальними модулями дисциплін, тим краще вони будуть засвоєні.

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Проведено аналіз структурних схем автоматизованого керування процесом підготовки авіаційних кадрів, на підставі якого були розроблені схеми автоматизованого керування, що містять в собі методичне забезпечення, постановку та розв'язок задач оптимізації з розподілом найбільш характерного ресурсу операційного часу.

2. Розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу при автоматизованому керуванні процесом підготовки авіаційних кадрів для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. На підставі даних моделей було розроблено рекомендації, щодо створення оптимальної часової структури керування розподілом операційного часу в процесі керування підготовкою авіаційних кадрів з урахуванням забування навчальної інформації.

3. Запропоновано інформаційну зв'язність блоків навчальної інформації та проведена її параметрична ідентифікація на основі опрацювання статистичних даних успішності суб'єктів навчання. Отримані залежності ступеня засвоєння блоків навчальної інформації від операційного часу з яких виникає можливість підвищення якості процесу підготовки авіаційних кадрів шляхом застосування методу оптимізації розподілу операційного часу.

## РОЗДІЛ 3

# СИНТЕЗ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ НА СНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 3.1 Синтез архітектур нейронних мереж для підвищення процесу підготовки авіаційних кадрів

Згідно з визначенням, штучна нейронна мережа (ШНМ) – це паралельно розподілений процесор, який має здатність до збереження й репрезентації досвідченого експертного знання [67]. Модель елементарного нейрона ШНМ зображена на рис. 3.1.

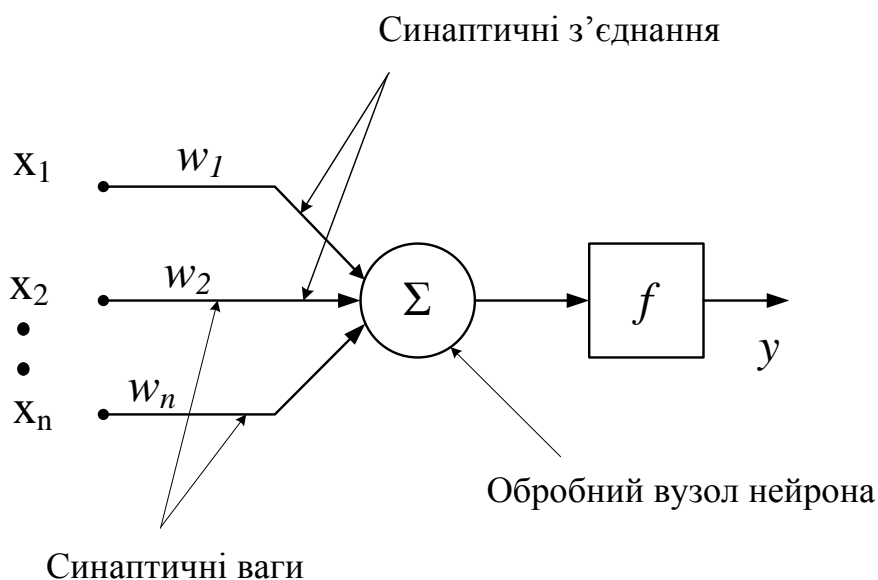


Рис.3.1 Загальна модель нейрона

Де штучний нейрон складається із трьох основних елементів: множників (синапсів), суматора й нелінійного перетворювача.

Синапси здійснюють зв'язок між нейронами. Кожний синапс характеризується величиною синаптичного зв'язку або його вагою  $W_i$ , яка по фізичному змісту еквівалентна електропровідності. Кожний з  $N$  сигналів, що надходять на вхід нейрона, множиться на відповідну йому синаптичну вагу  $W_i$ . Далі результат підсумовується й результуючий сигнал, зміщений на величину  $\theta$ , подається на вхід активаційної функції  $f$ . Позначимо результат підсумовування  $net$  і запишемо математично у такому вигляді:



$$net = \sum_{i=1}^N W_i x_i - \theta_i, \quad (3.1)$$

де  $\theta_i$  – величина зсуву;  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) – вхідні сигнали даного нейрона;  $W_i$  – синаптична вага. Позначимо  $f(net)$  активаційну функцію. Тоді вихідний сигнал нейрона представимо у вигляді залежності:

$$y = f(net). \quad (3.2)$$

У роботі розглянуто можливі активаційних функцій НМ, які наведені у (табл. 2.1). Характеристика нейрона визначена: множиною сигналів, що надходять на його вхід; його положенням у мережі; видом з'єднань із іншими нейронами; синаптичною вагою; типом функції активації. У результаті з'єднання елементарних обчислювальних елементів, в певних шарах, одержуємо різні види НМ. Вид перетворення діагностичної інформації НМ обумовлюється не тільки характеристиками вхідних у її структуру нейронів, але й особливостями її архітектури, а саме, топологією міжнейронних зв'язків, напрямком і способами передачі інформації між нейронами, а також способами навчання мережі. Однією із загальних рис, властивих всім НМ, є принцип паралельної обробки сигналів, який досягається шляхом об'єднання великої кількості нейронів у шари й з'єднання їх з різних шарів [68].

По топології ШНМ можна розділити на 4 групи:

1. Одношарові та багатошарові мережі прямого розповсюдження – персептрони;
2. Рекурентні мережі – Хопфілда, (Hopfield), Хеммінга, (Hamming) та мережі адаптивного резонансу (ART) [69].
3. Самоорганізуючі мережі – Кохонена (Kohonen) [70].
4. Гібридні мережі – радіально-базисні мережі, ієрархічні класифікатори [71].

Проведемо порівняльний аналіз функціонування існуючих видів архітектур НМ для підвищення процесу підготовки авіаційних фахівців, де характеристикою кожної ШНМ є:

– структура мережі (положення нейронів у ній і зв'язки між ними), у зв'язку з чим розрізняємо прямонаправлені й рекурентні, одношарові й багатошарові ШНМ;

Таблиця 3.1

## Види використовуваних активаційних функцій

АКТИВАЦІЙНІ ФУНКЦІЇ		
Назва	Формула	Графічне зображення
Лінійна гранична	$f(net) = \begin{cases} a, & \text{якщо } net > a \\ s, & \text{якщо } -a \leq net \leq a \\ -a, & \text{якщо } net < -a \end{cases}$ (3.13)	
Функція одиничного стрибка	$f(net) = \begin{cases} 0, & net < 0 \\ 1, & net \geq 0 \end{cases}$ (3.3)	
Нелінійна сигмоїдальна	$f(net) = \frac{1}{1 + e^{-\beta net}}, \beta > 0$ (3.4)	
Гіперболічний тангенс	$f(net) = \frac{1 - e^{-\beta net}}{1 + e^{-\beta net}}, \beta > 0$ (3.5)	
Радіально-симетрична	$f(net) = e^{-\frac{net^2}{2\sigma}}$ (3.6)	

– метод пересилання (передачі) інформації із входу на вихід;

– метод навчання НМ – розрізняємо методи навчання мережі з учителем і без учителя [72,73].

Проаналізуємо можливість використання прямонаправленої одношарової НМ для процесу підготовки фахівців рис. 3.2.

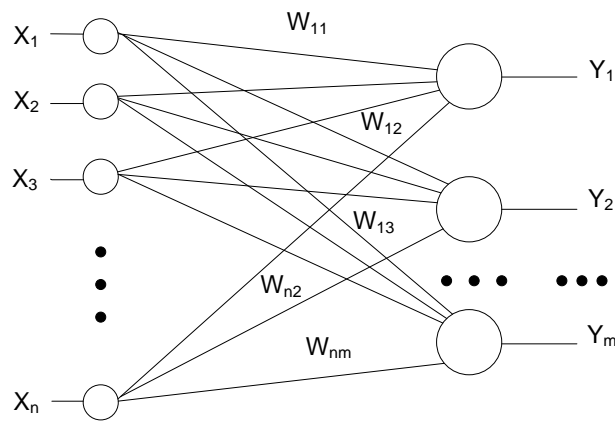


Рис.3.2 Одношарова прямонаправлена НМ

На вхід НМ подається вхідний вектор, який складається з  $n$  нейронів  $X=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ , і вихідний вектор  $Y=[y_1, y_2, \dots, y_m]^T$ . Сумарну активацію  $i$ -го нейрона представимо у вигляді:

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} x_j, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.7)$$

Синаптичні ваги  $w_{ij}$ , з'єднані  $i$ -м нейроном з виходом  $j$ -м, опишемо матрицею:

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{m1} & W_{m2} & \dots & W_{mn} \end{bmatrix}, \quad \text{кожний елемент якої } w_{ij} \text{ задає величину } i\text{-го}$$

синаптичного зв'язку  $j$ -го нейрона.

Таким чином, процес діагностування приведемо у матричній формі:

$$Y=f(XW). \quad (3.8)$$

де  $X$  і  $Y$  – відповідно вхідний і вихідний вектори;  $f(S)$  – активаційна функція. В одношаровій прямонаправленій НМ, як активаційна функція застосовано функцію одиничного стрибка (табл.3.1).

Головною перевагою цієї мережі є велика швидкість обчислень статистичної інформації, що часто використовується під час обробки значних об'ємів даних у режимі реального часу. Проаналізуємо можливість застосування НМ з багатшаровим персептроном [74].

Загальна схема побудови багатшарового персептрона, що представляє собою прямого поширення, наведена на рис.3.3.

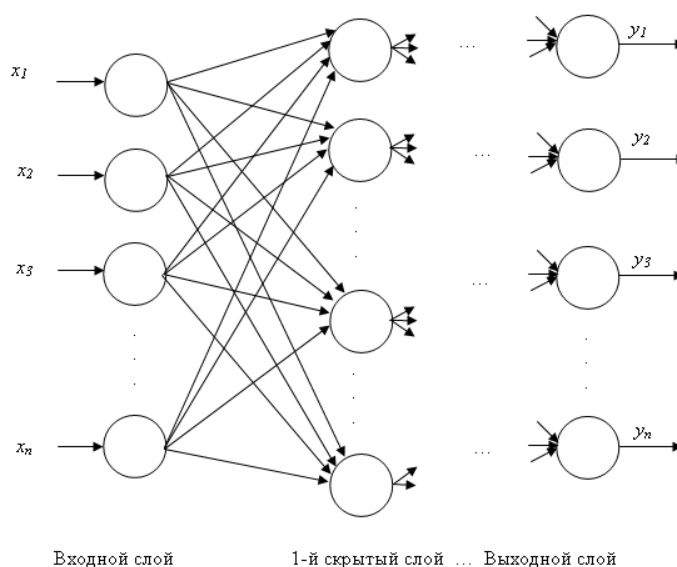


Рис.3.3 Багатошарова прямонаправлена НМ

Як видно з (рис.3.3) багатошаровий персептрон складається з декількох шарів нейронів: вхідного шару; одного або більше прихованих або проміжних шарів (званих так в силу того, що вони "не видні" користувачеві); вихідного шару нейронів. Вхідний вектор подається на вхідний шар, а вихідний вектор визначається шляхом почергового обчислення рівнів активності (сумарного збудження) елементів кожного шару (від крайнього лівого до останнього правого) з використанням уже відомих значень активності елементів попередніх шарів. Відмінні особливості персептрона:

- нейрони кожного шару не пов'язані між собою;
- вхідний сигнал кожного нейрона надходить на входи всіх нейронів наступного шару;
- нейрони вхідного шару не здійснюють перетворення вхідних сигналів, їх функція полягає в розподілі цих сигналів між нейронами 1-го прихованого шару.

Проаналізуємо можливість застосування НМ запропонованої Кохоненом. НМ Кохонена поділяє вектори величин вхідних сигналів на класи, яка складається з  $M$ -нейронів, які утворюють прямокутні решітки на площині (рис. 3.4). Елементи вхідних сигналів подаються на входи всіх нейронів мережі. У процесі роботи алгоритму настраюються синаптичні ваги нейронів [75,76].

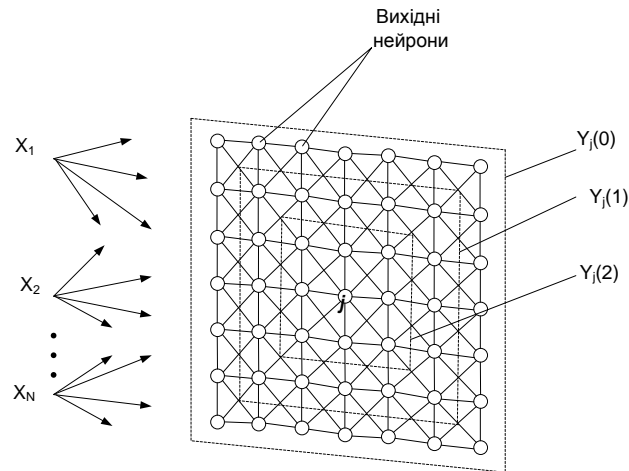


Рис.3.4 Нейронна мережа Кохонена

У НМ Кохонена використовується навчання без учителя. Для навчання мережі застосовуються механізми конкуренції. Конкуруюча функція активації аналізує значення суматорів і формує виходи нейронів, рівні 0 для всіх нейронів, крім одного "нейрона-переможця", що має на виході максимальне значення. Таким чином, вектор виходу має єдиний елемент, рівний 1, який відповідає нейрону-переможцю, а інші рівні 0. Номер активного нейрона визначає ту групу (кластерів), до якої найбільш близький вхідний вектор. У мережі Кохонена вхідні значення бажано (хоча і не обов'язково) нормувати. Для цього слід скористатися однією з наступних формул:

$$x_{ni} = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_i^2}}, \quad x_{ni} = \frac{x_i}{|x_i|}. \quad (3.9)$$

де  $x_{ni}$  – нормований компонент вхідного вектора.

Нормування вхідних даних позитивним чином позначається на швидкості навчання мережі. Перед процесом навчання проводиться ініціалізація мережі, тобто початкове завдання векторів ваг. У найпростішому випадку задаються випадкові значення ваг. Процес навчання мережі Кохонена складається з циклічного повторення ряду кроків [75]:

1. Подачі вихідних даних на входи. Зазвичай це випадкова вибірка одного з вхідних векторів.
2. Знаходження виходу кожного нейрона.

3. Визначення "вигравшого" нейрона (ваги якого в найменшій мірі відрізняються від відповідних компонентів вхідного вектора), або нейрона-переможця.

4. Коригування ваг "вигравшого" нейрона за правилом Кохонена.

$$w_i^{(k+1)} = w_i^{(k)} + \eta_i^{(k)} [x - w_i^{(k)}]. \quad (3.10)$$

де  $x$  – вхід вектора;  $k$  – номер циклу навчання,  $\eta_i^{(k)}$  – коефіцієнт швидкості навчання  $i$ -того нейрона в  $k$ -тому циклі навчання.

5. Перехід на крок 1, якщо навчання не завершено.

Як основний недолік НМ Кохонена є необхідність наявності заздалегідь відомого числа кластерів.

Розглянемо НМ Хопфілда [76,77] реалізує істотну властивість автоасоціативної пам'яті. Структурна схема НМ Хопфілда наведена на (рис. 3.5). Вона складається з єдиного шару нейронів, число яких є одночасно числом входів і виходів мережі. Кожен нейрон зв'язаний синапсами з усіма іншими нейронами, а також має один вхідний синапс, через який здійснюється введення сигналу. Вихідні сигнали, як зазвичай, утворюються на аксонах.

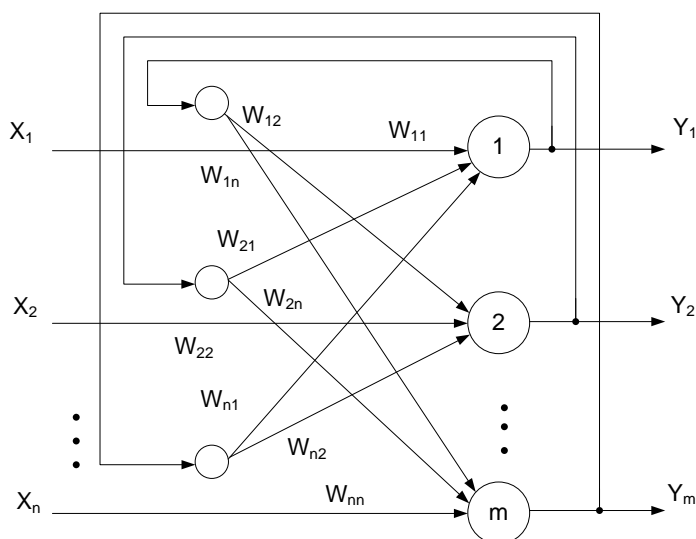


Рис.3.5 Нейронна мережа Хопфілда

Завдання, розв'язуване даною мережею в якості асоціативної пам'яті, як правило, формулюється таким чином. Відомий деякий набір двійкових сигналів (зображень, звукових оцифровок, інших даних, що описують якісь об'єкти або характеристики процесів), які вважаються зразковими. Мережа повинна вміти з

довільного неідеального сигналу, поданого на її вхід, виділити ("пригадати" по частковій інформації) відповідний зразок (якщо такий є) або "дати висновок" про те, що вхідні дані не відповідають жодному із зразків. У загальному випадку, будь-який сигнал може бути описаний вектором  $X = \{x_i : i = 0 \dots n-1\}$ ,  $n$  – число нейронів у мережі і розмірність вхідних і вихідних векторів. Кожен елемент  $x_i$  дорівнює або +1, або -1. Позначимо вектор, що описує  $k$ -ий зразок, через  $X^k$ , а його компоненти, відповідно,  $-x_{ik}, i = 0 \dots m-1$ ,  $m$  – число зразків. Коли мережа розпізнає (або "згадає") будь-який зразок на основі пред'явлених їй даних, її виходи будуть містити саме його, тобто  $Y = X^k$ , де  $Y$  – вектор вихідних значень мережі:  $Y = \{y_i : i = 0, \dots, n-1\}$ . У протилежному випадку, вихідний вектор не співпадає з одним зразковим. Якщо, наприклад, сигнали являють собою якісь зображення, то, відобразивши у графічному виді дані з виходу мережі, можна буде побачити картинку, повністю збігається з однією зі зразкових (у разі успіху) або ж "вільну імпровізацію" мережі (у випадку невдачі). На стадії ініціалізації мережі вагові коефіцієнти синапсів встановлюються таким чином:

$$w_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases}, \quad (3.11)$$

де  $i$  і  $j$  – індекси, відповідно, пресинаптичного і постсинаптичного нейронів;  $x_{ik}$ ,  $x_{ij}$  –  $i$ -ий та  $j$ -ий елементи вектора  $k$ -ого зразка.

Алгоритм функціонування мережі наступний ( $p$  – номер ітерації):

1. На входи мережі подається невідомий сигнал. Фактично його введення здійснюється безпосередньою установкою значень аксонів:

$$y_i(0) = x_i, i = 0 \dots n-1. \quad (3.12)$$

тому позначення на схемі мережі вхідних синапсів в явному вигляді носить чисто умовний характер. Нуль в дужці праворуч від  $y_i$  означає нульову ітерацію в циклі роботи мережі.

2. Розраховується новий стан нейронів:

$$S_j(p+1) = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} y_i(p), j = 0 \dots n-1. \quad (3.13)$$

І відповідно нові значення аксонів:

$$y_j(p+1) = f[S_j(p+1)] . \quad (3.14)$$

де  $f$  – активаційна функція у вигляді стрибка (табл.1).

3. Перевірка, чи змінилися вихідні значення аксонів за останню ітерацію. Якщо так – перехід до пункту 2, інакше (якщо виходи застabilізовано) – кінець. При цьому вихідний вектор являє собою зразок, найкращим чином поєднується з вхідними даними. Як зазначалось вище, іноді мережа не може провести розпізнавання і видає на виході неіснуючий образ [78] .

Це пов'язано з проблемою обмеженості можливостей мережі. Для мережі Хопфілда число образів, що запам'ятовуються  $m$  не повинно перевищувати величини, приблизно рівної  $0.15 \cdot n$  .

Мережа Хопфілда відрізняється від раніше розглянутих НМ такими ознаками:

- наявність зворотних зв'язків, що йдуть з виходів мереж на їх входи за принципом «з усіх на всі»;
- розрахунок вагових коефіцієнтів нейронів проводиться на основі вихідної інформації лише перед початком функціонування мережі, і все навчання мережі зводиться саме до цього розрахунку без навчальних ітерацій;
- у разі пред'явлення вхідного вектора мережа «сходиться» до одного із запам'ятовуваних у мережі еталонів, що представляють множину рівнозначних крапок, які є локальними мінімумами функції енергії, що містить у собі всю структуру взаємозв'язків у мережі.

Недоліком класичного варіанту мереж Хопфілда є їх тенденція до стабілізації в локальних, а не глобальних мінімумах мережі. Коли немає необхідності, щоб мережа в явному вигляді видавала зразок, тобто достатньо, скажімо, отримувати номер зразка, асоціативну пам'ять успішно реалізує мережу Хеммінга (рис. 3.6) .

НМ Хеммінга складається із вхідного, прихованого й вихідного шарів нейронів. Дана мережа характеризується, в порівнянні з мережею Хопфілда, меншими витратами на пам'ять і обсягом обчислень, що стає очевидним з її структури.



Мережа складається з двох шарів. Перший і другий шари мають по  $m$  нейронів, де  $m$  – число зразків. Нейрони першого шару мають по  $n$  синапсів, з'єднаних із входами мережі (утворюючими фіктивний нульовий шар). Нейрони другого шару пов'язані між собою інгібіторними (негативними зворотними) синаптичними зв'язками. Єдиний синапс з позитивним зворотним зв'язком для кожного нейрона з'єднаний з його ж аксоном.

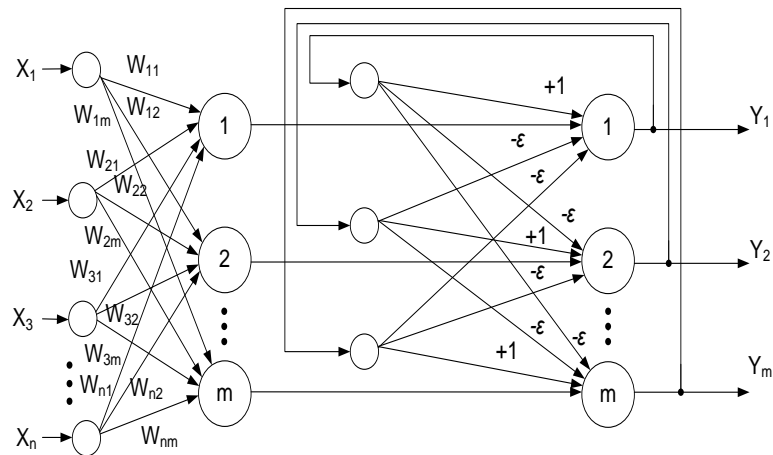


Рис.3.6 Нейронна мережа Хеммінга

Ідея роботи мережі полягає в знаходженні відстані Хеммінга від тестованого способу до всіх зразків. Відстанню Хеммінга називається число бітів у двох бінарних векторах. Мережа повинна вибрати зразок з мінімальною відстанню Хеммінга до невідомого вхідного сигналу, в результаті чого буде активізований тільки один вихід мережі, відповідний цим зразком.

На стадії ініціалізації ваговим коефіцієнтам першого шару і порогу активаційної функції присвоюються такі значення:

$$w_{ik} = \frac{x_i^k}{2}, i = 0 \dots n-1, k = 0 \dots m-1, \quad (3.15)$$

$$T_k = n/2, k = 0 \dots m-1. \quad (3.16)$$

де  $x_{ik}$  –  $i$ -ий елемент  $k$ -ого зразка.

Вагові коефіцієнти гальмуючих синапсів у другому прошарку беруть рівними деякій величині  $0 < \epsilon < 1/m$ . Синапс нейрона, пов'язаний із його ж аксоном має вагу  $+1$ .

Алгоритм функціонування мережі Хеммінга наступний:

1. На входи мережі подається невідомий вектор  $X = \{x_i : i = 0 \dots n-1\}$ , виходячи з якого розраховуються стани нейронів першого шару (верхній індекс у дужках вказує номер шару):

$$y_j^{(1)} = S_j^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} x_i + T_j, j = 0 \dots m-1. \quad (3.17)$$

Після цього отриманими значеннями ініціалізуються значення аксонів другого шару:

$$y_i^{(2)} = y_i^{(1)}, j = 0 \dots m-1. \quad (3.18)$$

2. Обчислити нові стани нейронів другого шару:

$$S_j^{(2)}(p+1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{k=0}^{m-1} y_k^{(2)}(p), k \neq j, j = 0 \dots m-1, \quad (3.19)$$

і значення їх аксомів:

$$y_j^{(2)}(p+1) = f[S_j^{(2)}(P+1)], J = 0 \dots M-1. \quad (3.20)$$

Активаційна функція  $f$  має вигляд порогу (табл.3.1), причому величина  $f$  повинна бути досить великою, щоб будь-які можливі значення аргументу не призводили до насичення.

3. Перевірити, чи змінилися виходи нейронів другого прошарку за останню ітерацію. Якщо так – перейти до кроку 2. Інакше – кінець [78].

З оцінки алгоритму видно, що роль першого шару досить умовна: скориставшись один раз на кроці 1 значеннями його вагових коефіцієнтів, мережа більше не звертається до нього, тому перший прошарок може бути взагалі виключений з мережі (замінений на матрицю вагових коефіцієнтів).

Провівши синтез архітектур нейронних мереж для моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів в роботі було взято за основу багатошарову мережу прямого розповсюдження. Навчання НМ проводилось по методу «навчання з вчителем» по алгоритму зворотнього розповсюдження помилок. Для цього було розроблено алгоритм синтезу нейромережевої моделі (НММ) рис. 3.7 .

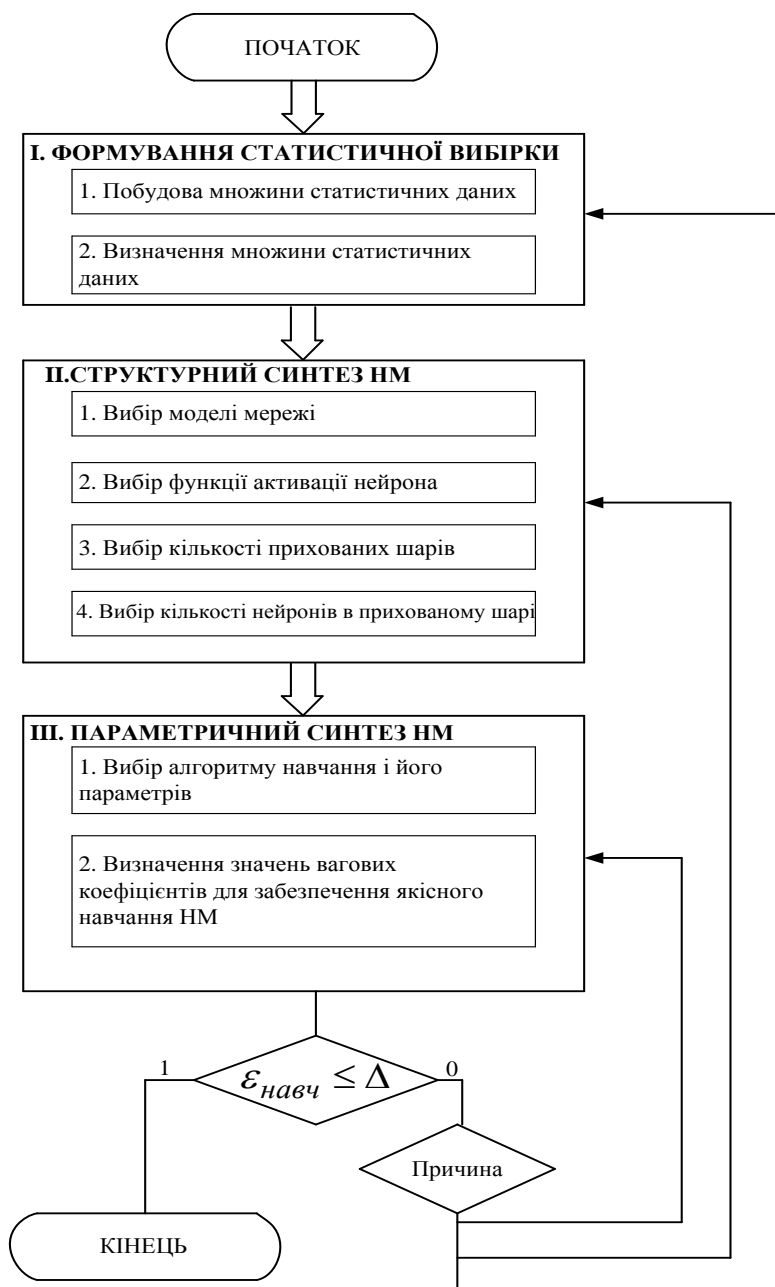


Рис. 3.7 Алгоритм синтезу нейромережевої моделі залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей :  $\epsilon_{навч}$  – похибка навчання НМ

НММ оцінки залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей пропонуємо синтезувати з використанням таких етапів:

- 1) формування множини статистичних даних;
- 2) структурний синтез НММ залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей:
  - вибір параметрів структури НМ;
  - тип функції активації нейронів;
  - кількість прихованих шарів;

– визначення кількості нейронів у шарах.

3) параметричний синтез НММ з навчанням на сформованих ознаках за допомогою навчального алгоритму;

4) перевірка якості навчання НММ оцінки залишкових знань суб'єктів навчання від їх ментальності.

Якість навчання суттєво залежить від достовірності отриманих статистичних даних у процесі тестування суб'єктів навчання [79,80]. Тобто, якщо помилка навчання більше встановленого значення, то необхідно здійснити пошук такої статистичної інформації, при якій помилка навчання НМ досягне прийнятного значення. У випадку використання інтелектуальних технологій для оцінки якості функціонування системи зменшення помилки поточного стану можна за рахунок: зміни алгоритму навчання, вибору іншої структури НМ.

### **3.2 Синтез методів навчання нейронних мереж для автоматизованого процесу підготовки авіаційних кадрів**

Проведемо порівняльний аналіз існуючих методів навчання НМ і вибір найбільш достовірних для автоматизованого процесу підготовки авіаційних кадрів. Навчання одношарового персептрона виконаємо за таким алгоритмом:

1. Вагами  $w_i(0)$  ( $i=1, \dots, N$ ) і функції активації  $\theta(0)$  задамо випадкові значення.

2. Подамо на вхід НМ ментальні характеристики суб'єктів навчання  $X_i$  з навчальної вибірки і бажаний клас  $K_i$ .

3. Обчислимо значення на виході кожного персептрона по формулах:

$$net = \sum_{i=1}^N w_i(t)x_i(t), \quad (3.21)$$

$$y(t) = f(net - \theta(t)). \quad (3.22)$$

4. Якщо досягнута збіжність, то процедура навчання закінчується; а якщо ні, то – перехід до кроку 2.

Згідно з розглянутим алгоритмом спочатку проводиться ініціалізація параметрів персептрона випадковими значеннями. Потім по черзі пред'являються набори ментальних характеристик, обрані з навчальної вибірки, і корегуються ваги, відповідно до формул кроку 3. Процедура навчання триває доти, поки не буде

досягнута збіжність, тобто поки не будуть отримані ваги, що забезпечують достовірну оцінку для навчальної вибірки. Алгоритм навчання багатосарової НМ задамо набором навчальних правил, які змінюють міжнейронні зв'язки у відповідь на вхідний вектор. На (рис. 3.8) схематично зображено процедуру навчання багатосарової НМ.

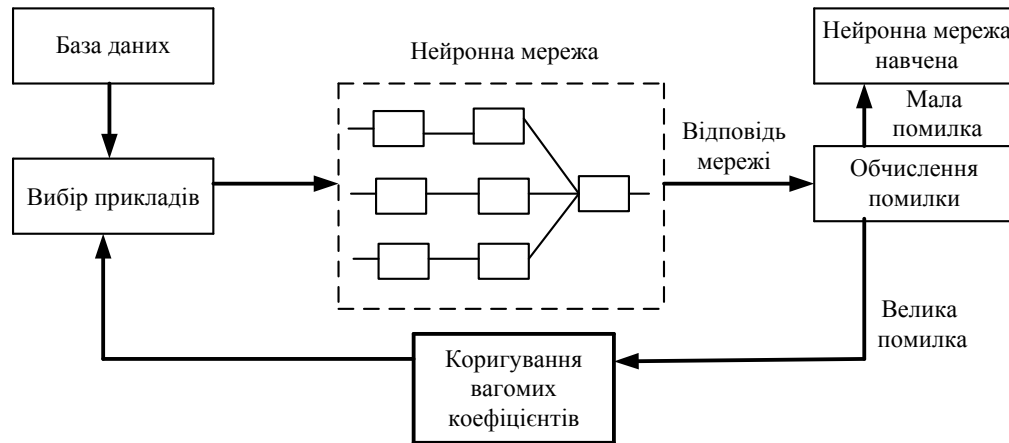


Рис. 3.8 Процедура навчання багатосарової НМ

Спочатку певним чином установлюються значення вагових коефіцієнтів міжнейронних зв'язків. Потім з бази даних по черзі вибираються приклади (пари навчальної вибірки  $X_i$ ,  $K_i$ : вхідний вектор  $X_i$  подається на вхід мережі, а бажаний  $K_i$  на вихід мережі) за виразом (3.19) обчислимо помилку мережі :

$$\varepsilon_{кл} = \frac{1}{m} \sum_i \sum_j [F_j(X_i, W_i) - K_i]. \quad (3.23)$$

де  $m$  – число прикладів у навчальній вибірці;  $K_i$  – еталонний вихідний вектор  $i$ -го прикладу.

Якщо похибка навчання велика, тобто  $\varepsilon_{нав} > \Delta$ , то здійснюється підстроювання вагових коефіцієнтів для її зменшення (рис. 3. 8). Навчання НМ проводилось по стратегії «навчання з вчителем» по алгоритму зворотнього розповсюдження помилок. В основі навчання НМ з учителем лежить використання набору тренувальних даних. Кожен набір містить вектор відомих вхідних сигналів НМ  $X=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$  і відповідний йому вектор бажаних вихідних сигналів:  $D=[d_1, d_2, \dots, d_n]^T$ . У процесі навчання на вхід НМ подаються набори з тренувальних даних:  $G=\{ \langle X, D \rangle \}, i=1, 2, \dots, N, j=1, 2, \dots, N$ , після чого обчислюється помилка між

бажаним і фактичним сигналом  $Y=[y_1, y_2, \dots, y_n]$  на виході мережі, тобто обчислюється  $E = d_i - y_i$ . Згідно з правилом перцептрона, яке використовував Розенблатт у своїх дослідженнях [81], коректування активаційних ваг проводиться таким чином:  $\Delta w_i = c[d_i - f(w_i^t x)]x$ .

Слід зазначити, що це правило використовується для мереж з дискретними нейронами і біполярною функцією активації. Для навчання безперервних (монотонних) нейронних мереж з безперервними активаційними функціями використовується правило "дельта". Навчальний сигнал в цьому правилі визначається за наступною формулою:

$$r = \delta = [d_i - f(w_i^t x)] f'(w_i^t x). \quad (3.24)$$

де  $f$  – позначаємо похідну функції активації. Налаштування активаційних ваг в такому випадку буде проводитися наступним чином:

$$\delta w_i = c(d_i - y_i) f'(w_i^t x). \quad (3.25)$$

Правило "дельта" застосували для навчання НМ вперше Румельхарт і Маклеланд (МакКлелланда, Rumelhart) і на його основі в результаті узагальнення цього правила на багат шарові НМ був розроблений алгоритм зворотного поширення помилки. Алгоритм зворотного поширення помилки є ітеративним градієнтним методом навчання мережі, який використовується для мінімізації середньоквадратичного відхилення поточного виходу від бажаного виходу в НМ. Алгоритм зворотного поширення помилки від моменту його публікації Румельхартом, Хінтон і Вільямсом [82], є по сьогоднішній день базовим, класичним алгоритмом навчання багат шарових НМ.

### **3.3 Нейромережева модель оцінки залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей**

Розглядається задача побудови моделі процесу професійного навчання авіаційних кадрів для системи моделювання ринку праці, яка дозволить аналізувати процес підготовки молодих фахівців.

Сам процес навчання, як об'єкт дослідження, є динамічним і характеризується великою інерційністю. Наслідки зміни одного з факторів можна дізнатися тільки по закінченню навчання суб'єктами. Тому актуальною як в економічному, так і в

соціальному плані, є розробка моделей, що дозволяють оптимізувати витрати на освіту і прогнозувати результати інноваційних перетворень в підготовці кадрів. Проте математично описати процес навчання неможливо, у цьому випадку доцільно розробляти імітаційні моделі на основі НМ, які можуть забезпечити проведення необхідних досліджень з цієї проблеми [83].

Метою даної задачі є розробка НМ, здатної функціонально описати залежність одержуваних суб'єктами навчання професійних знань і умінь від факторів, що впливають на повноту цих знань. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розглянути процес навчання суб'єктів, як систему з розподіленим інтелектом;
- визначити зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на якість засвоєння знань і навичок;
- розробити структуру НМ та алгоритм її навчання;
- досліджувати трудомісткість настроювання моделі і адекватність її процесу.

Для побудови НММ оцінки залишкових знань суб'єктами навчання від їх індивідуальних здібностей необхідно врахувати всі фактори, які впливають на суб'єктів навчання а також визначити ступінь їх впливу. Так як кожний окремий суб'єкт є, насамперед особистістю то необхідно перш за все аналізувати його особистісні характеристики.

В роботі були проаналізовані всі чинники, що впливають на ментальний портрет суб'єктів навчання. Були використані популярні психологічні методи їх аналізу [84]. В результаті для всебічного аналізу особистості були виділені наступні типи чинників: мотивація суб'єктів до навчання, інтелектуальні здібності суб'єктів навчання, психологічні особливості суб'єктів навчання, фізичні чинники, що впливають на процес їх підготовки. Кожен з цих типів розбивається на кілька показників, які можна визначити за результатами тестових опитувань [85]. На наш погляд чинники, що впливають на засвоєння суб'єктами навчання навчального матеріалу, можна систематизувати так, як це показано на рис. 3.9.



Рис. 3.9 Чинники, які впливають на рівень запам'ятовування навчального матеріалу суб'єктами навчання

Аналіз цих чинників дозволить вивчити особистість суб'єктів навчання з різних сторін, виявити найбільш важливі ментальні особливості, що впливають на успішність навчання [86]. Результати по оцінці кожного із перерахованих вище параметрів були систематизовані та стандартизовані. Дані параметри створюють систему, яка визначає ментальний портрет суб'єктів навчання. В (табл.3.2) представлена дана систематизація. Після проходження тестування був визначений багатопрофільний портрет суб'єктів навчання. Оскільки процес навчання полягає в передачі знань і навичок від викладачів. Якість навчання фіксується в екзаменаційній відомості. НММ процесу навчання повинна формувати на виході залишкові знання суб'єктів по окремій дисципліні, з якими він виходить на ринок праці, а роботодавці вирішують питання про працевлаштування кандидатів на вакантні посади. Зв'язок залишкових знання суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей формалізувати математично складно, у таких випадках доцільно використовувати НМ [87], яка дозволить виявити існуючий зв'язок шляхом її навчання. Для навчання НМ є в розпорядженні наступна об'єктивна інформація:

- психологічний портрет, що характеризує ментальність суб'єктів навчання;
- навчальна програма дисципліни;
- критерії оцінки знань;
- екзаменаційна відомість, яка відображає успішність суб'єктів навчання.

Прогноз залишкових знань по одній конкретно взятій дисципліні для одного суб'єкта здійснюється у два етапи. На першому етапі прогнозується екзаменаційна



оцінка на підставі індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. На другому етапі, виходячи з прогнозованої оцінки, формується усереднений набір залишкових знань і вмінь, що відповідає даній оцінці.

Таблиця 3.2

### Систематизація характеристик суб'єктів навчання

Характеристика ментальності	Спосіб визначення	Оригінальна градація
Рівень інтелекта	Тест на IQ Айзенка	від 0 до 25 балів
Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Вміння працювати в команді	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Етична оцінка	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Перспектива посісти позицію лідера колективу	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів
Інтегральний рейтинг	Самостійно розроблений тест	від 0 до 100 балів

Кожен з цих етапів неможливо формалізувати математично, тому будуть використані дві НМ. Перша НМ буде навчатися на підставі індивідуальних здібностей групи суб'єктів і екзаменаційної відомості [88].

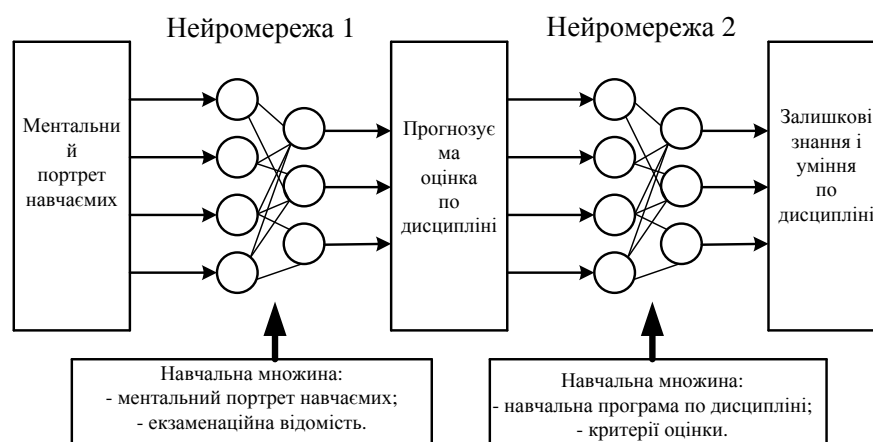


Рис. 3.10 Структура нейронної мережі

Друга НМ буде навчатись на підставі критеріїв оцінки та навчальної програми дисципліни, в якій міститься перелік знань і умінь.

Таблиця 3.3.

### Вхідні дані першої НМ

Тип ментальної характеристики	Вхідний сигнал нейромережі	Код
Інтелектуальні здібності	Рівень IQ	x1
	Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	x2
Психологічні здібності	Уміння працювати в команді	x3
	Етична оцінка	x4
	Перспектива посісти лідера колективу	x5
Інтегральний рейтинг суб'єкта		x6

Схема описаної двохкаскадної моделі представлена на (рис. 3.10). Нейроалгоритм моделювання залежності екзаменаційної оцінки від індивідуальних здібностей суб'єктів навчання реалізується першою НМ.

Таблиця 3.4

### Вихідні дані для другої нейромережі

№	Знання і вміння	Код	
1	Знання 1 (Наприклад, знання методів, алгоритмів)	$y_1$	Список знань
2	Знання 2	$y_2$	
3	Знання 2	$y_3$	
...	...	...	
$k$	Знання $k$	$y_k$	
$k + 1$	Вміння 1 (Вміння застосовувати методи, алгоритми)	$y_{k+1}$	Список вмінь
...	...	...	
$n$	Вміння $m$	$y_n$	

Вхідними сигналами першої НМ є індивідуальні здібності суб'єктів навчання, отримані в процесі їх тестування (табл.3.2). Вхідні сигнали утворюють вектор  $X = (x_1, x_2, \dots, x_{10})$ , компоненти якого описані в (табл.3.3). На виході НМ повинна формувати сигнали, що визначають прогностну екзаменаційну оцінку, відповідного суб'єкта з певним рівнем індивідуальних здібностей, яка подається на її вхід. Оцінка виставляється за п'ятибальною шкалою. НМ формування екзаменаційної оцінки будується на базі багат шарового персептрона з нелінійною функцією активації (табл.3.1). Досить використовувати 2-3 шари, щоб забезпечити реалізацію будь-якої нелінійної залежності між виходом і входом.

Розмір вектора визначається сумарною кількістю знань і умінь, передбачених навчальною програмою дисципліни. Вони позначені вектором:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n). \quad (3.26)$$

де  $y$  – кількість знань і умінь;  $y_i \in [0,1]$ . Вихідні сигнали знань та вмінь для другої нейромережі показані в табл.3.5.

Таблиця 3.5

**Знання та вміння для даної дисципліни при  $n_i$  оцінці**

№п/п	Оцінка	Знати					Вміти					
1	2	1					6					
2	3	1		3			6			9		
3	4	1		3		3	6		8	9	10	
4	5	1	2	3		5	6	7	8	9	10	11

Де в (табл.3.5) позначені знання і вміння для певної оцінки з дисципліни.

Структури обох нейромереж відносяться до класу однорідних багат шарових персептронів з повними послідовними зв'язками і з сигмоїдальною функцією активації [89]. Навчання НМ проводилося зі стратегії «навчання з учителем» за алгоритмом зворотного поширення помилки. Навчальну множину для другої НМ формує викладач-професіонал (експерт) зі своєї дисципліни, використовуючи затверджені критерії оцінки та навчальну програму дисципліни, яка містить перелік знань і вмінь, табл.3.6

### Вилучення знань для навчання НМ

$x_1$	Знання					Вміння					
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$x_2$	Знання					Вміння					
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
$x_3$	Знання					Вміння					
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
$x_4$	Знання					Вміння					
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$	$y_{11}$
	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

### 3.4 Навчання та аналіз адекватності нейромережевої моделі

В якості середовища моделювання ШНМ використовувався пакет Neural Network Toolbox, який входить в стандартну поставку MATLAB [89]. Пакет Neural Network Toolbox забезпечує всебічну підтримку типових НМ парадигм і має відкриту модульну архітектуру.

Пакет містить функції командного рядка і графічний інтерфейс користувача для швидкого покрокового створення різних програмних моделей НМ [87]. При побудові навчальної множини для першої НМ були обрані 10 суб'єктів, які прослухали навчальний курс «Автоматика та автоматизація на транспорті» і вже отримали екзаменаційні оцінки. Для тестування суб'єкти навчання були обрані таким чином, щоб у навчальній множині були представлені всі екзаменаційні оцінки. Де в (табл. 3.7) приведені результати анкетування та тестування суб'єктів навчання та їх екзаменаційні оцінки.

## Результати тестування суб'єктів навчання

Характеристика	Студенти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рівень інтелекту	18	23	16	15	19	15	14	18	21	24
Рівень спеціальних здібностей (в даному випадку фундаментальних)	40	75	30	40	40	20	75	70	95	90
Вміння працювати в команді	15	80	30	50	40	40	40	40	70	50
Етична оцінка	10	90	70	50	40	40	70	50	70	60
Перспектива посісти лідера колективу	10	85	10	10	10	10	30	30	50	40
Інтегральний рейтинг	15	90	90	70	30	15	50	100	100	95
Стать	ч	ж	ч	ч	ч	ч	ч	ж	ч	ж
Отримана оцінка	3	5	4	2	3	2	5	3	5	5

Для навчаючої множини були взяті дані перших дев'яти суб'єктів. Результати суб'єкта під номером 10 будуть використовуватись для перевірки НМ. Як видно із (рис. 3.11) для навчання двухшарової НМ достатньо було 5 епох.

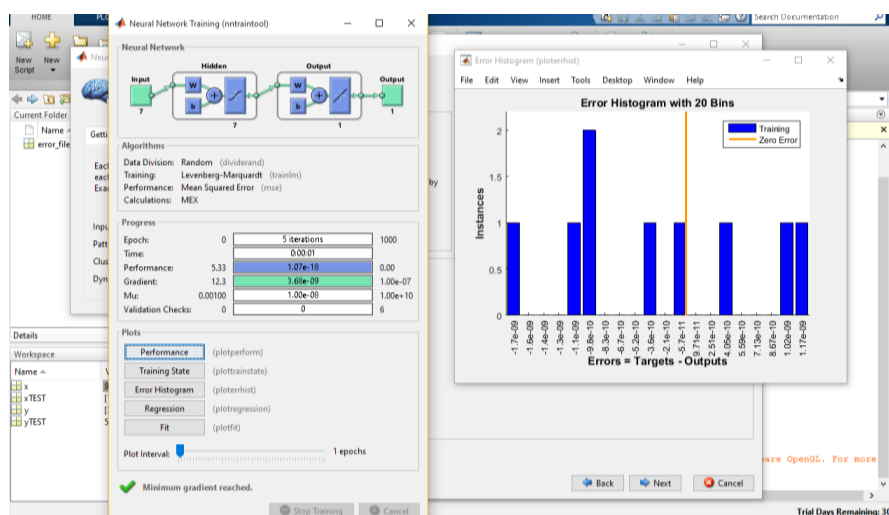


Рис. 3.11 Тестування та гістограма похибок нейронної мережі

Навчаючу множину для другої НМ готував викладач, який викладав суб'єктам дану дисципліну. Із початкової програми по даній дисципліні були взяті знання та вміння якими суб'єкти повинні володіти після вивчення дисципліни, і для цього викладачем була сформована таблиця, яка показує за які знання та вміння ставиться

певна оцінка. На (рис.3.12) представлено тестування та гістограма помилок для 10 суб'єкта, значення якого використовувались для перевірки НМ.

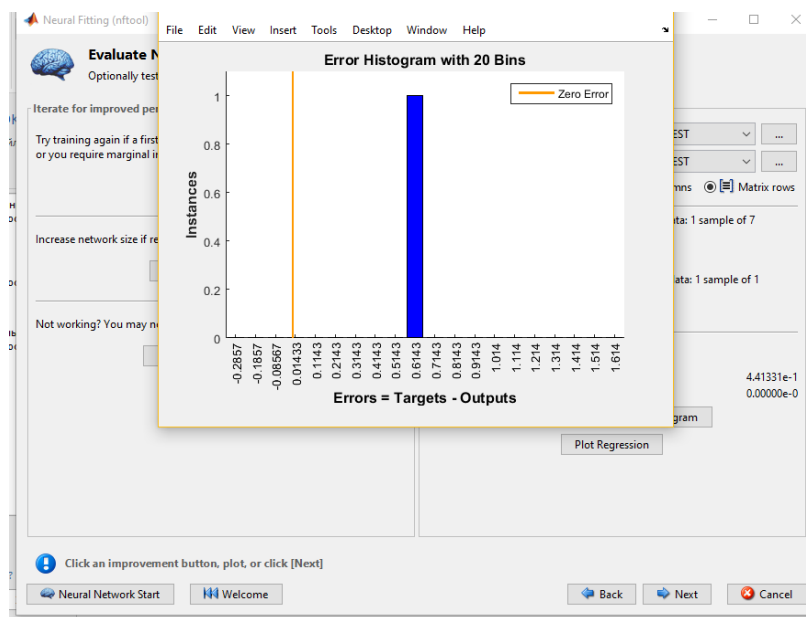


Рис. 3.12 Гістограма похибок тестуючої множини

На (рис. 3.13) представлені результати моделювання першої НМ.

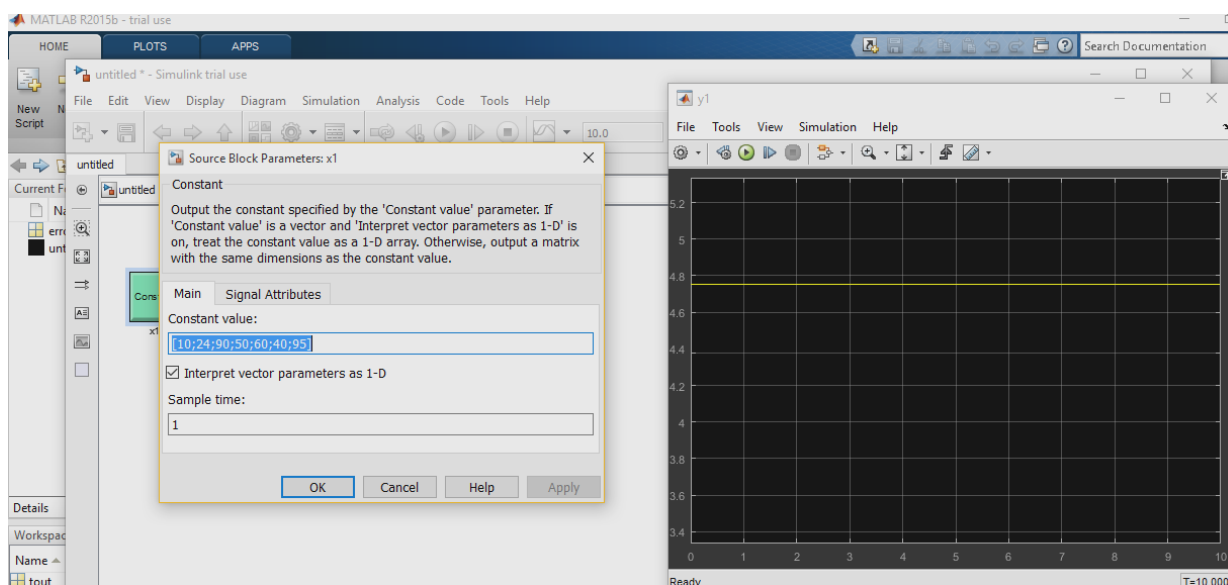


Рис. 3.13 Результати моделювання першої нейронної мережі

Представлений результат (рис.3.13) співпадає з тією оцінкою яку дійсно отримав 10 суб'єкт з дисципліни (табл. 3.7). В (табл.3.8) представлені вихідні дані з першої НМ. По аналогії з попередньою НМ була побудована модель другої трьохшарової НМ. Вхідні сигнали НМ – це вектор оцінок, а вихідні – вектор усереднених знань та вмінь, які готував викладач, який викладає суб'єктам дану дисципліну.

**Вихідні дані з першої НМ**

Студент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оцінка	3	5	3	3	3	2	5	3	5	4,78

Сумісна робота двох навчаємих НМ оцінювалась на характеристиках ментальності суб'єктів навчання з номером 10 (табл. 3.7), який не приймав участі в навчанні. Аналіз роботи першого каскаду показав, що значення компонент вихідного сигналу наближені до коду (1110111111). Це кодування відповідає екзаменаційній оцінці «відмінно», яку дійсно отримав даний суб'єкт на екзамені (табл. 3.6). Розглянемо як змінилась похибка при моделюванні другої НМ рис. 3.14.

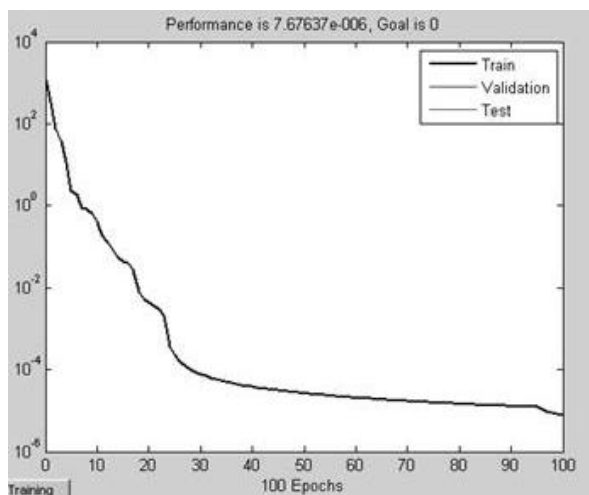


Рис. 3.14 Зміна похибки при моделюванні другої нейронної мережі

Прогнозована оцінка виходу першої НМ (табл.3.7) подавалась на вхід другої НМ, яка формувала результативні вектори  $Y$  кінцевих знань та вмінь даних суб'єктів (табл.3.9). Де складову вектора  $Y$  можна трактувати, як ступінь упевненості в тому що, у даного суб'єкта навчання зберігаються в його паняті відповідні знання та вміння. Якщо спів ставити отриманий результат з критеріями оцінки по даній дисципліни, то представлена в (табл.3.9) сукупність зпрогнозованих знань та вмінь відповідає оцінці «відмінно» (табл.3.7).

**Результат моделювання другої НМ**

y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Що підтверджує правильність запропонованих ідей по вирішенню поставленої задачі [79,80].



### **ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3**

1. Дістав подальшого розвитку алгоритм параметричного та структурного синтезу НМ, що відрізняється від відомих врахуванням індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.

2. Розроблено нейроалгоритм побудови двухкаскадної НМ, яка імітує результат професійного навчання авіаційних кадрів шляхом виявлення кінцевих знань та вмінь суб'єктів навчання в залежності від їх індивідуальних здібностей. За допомогою яких можна оцінити рівень залишкових знань та вмінь які отримали суб'єкти в процесі навчання та з якими вони виходить на ринок праці.

3. Запропонований підхід до НММ тяжкоформалізованого процесу професійної підготовки авіаційних кадрів, заснований на імітації процесу передачі професійний знань та вмінь в залежності від індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. Результати даного НММ на програмних моделях показали правильність запропонованих ідей, щодо вирішення поставленої задачі.

## РОЗДІЛ 4

### МЕТОДИКА ВИБОРУ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ПІДГОТОВКОЮ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ

Забезпечення необхідного рівня показників успішності й якості процесу підготовки фахівців у ВНЗ є актуальним питанням сучасності та вимагає нагального рішення. Шляхи вирішення вказаної задачі тісно пов'язані з проблемою керування якістю НП [90,91] з урахуванням психофізіологічних і соціально-психологічних властивостей суб'єктів: забування, інерції, сприйняття та осмислення та реакція на нову інформацію тощо. При цьому вважається, що підвищення ефективності НП можна досягти лише удосконаленням методик та засобів керування ним. Такий підхід не в повній мірі забезпечує необхідний результат без розробки відповідних положень теорії керування. Врахування особливостей та складності НП, як об'єкта керування вимагає його структуризації у вигляді відповідних методик і математичних моделей об'єкта управління.

Аналіз процесу проведення НП дозволяє виявити «вузькі місця» і тим самим виявити необхідність проводити його коригування, тобто управляти процесом. Поряд з цим статистичний аналіз дозволяє давати більш об'єктивну оцінку якості НП, як вихідної інформації управління в порівнянні з традиційними методами. Одним із інструментів вирішення проблем управління якістю НП являється розробка методичних прийомів для його моніторингу тобто оцінки.

Запропонована методика підвищення якості та визначення ефективності управління НП розглядається у відповідності до того, що НП є окремим випадком складного технологічного процесу і йому повинні бути властиві такі ж методи аналізу та синтезу, які прийняті для виробничих процесів. Перенести подібні методики однозначно не можливо, особливо це стосується змістовного аналізу процесу навчання.

Для того щоб проаналізувати якість НП потрібно мати, по-перше, критерій оцінки якості процесу підготовки фахівців, а, по-друге, провести аналіз його зміни за часом. За найбільш інформативний критерій якості НП обрано ступінь навченості

суб'єктів. Цей критерій розроблено на основі статистичних даних отриманих оцінок суб'єктами протягом навчального року. В якості такого «типового» розподілу використано стандартний розподіл Гаусса з параметрами: середнє значення оцінки, стандартне відхилення. Для підвищення рівня підготовки фахівців та якісного НП в роботі запропоновано та розроблено алгоритм керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання і алгоритм планування розподілу операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку дисциплін навчального плану.

Розроблені алгоритми надають можливість особі, що приймає рішення, та яка планує НП управляти часовою структурою навчальних дисциплін в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання та виду інформаційного зв'язку між блоками навчальної інформації.

#### **4.1 Алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання**

Визначення експериментальних значень розподілу операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів представлено графіками (рис.4.1- 4.2) залежності критерію оптимальності від часу засвоєння навчальної інформації, які будувались за виразами (2.24-2.25).

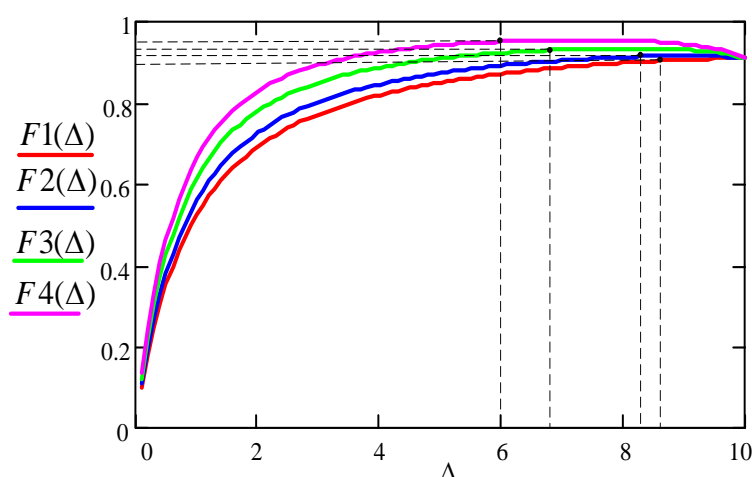


Рис.4.1 Графік залежності критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами інформації при різних рівнях індивідуальних здібностей

Аналіз даної залежностей (рис.4.1) дозволяє зробити висновок, що при:

$\eta_1 = 0,29$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 9 навчальних годин;

$\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 8 навчальних годин;

$\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 7 навчальних годин;

$\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6 навчальних годин.

Отже отриманий результат вказує на закономірність, що зі зменшенням рівня індивідуальних здібностей суб'єктів  $\eta$ , збільшується час засвоєння навчальної

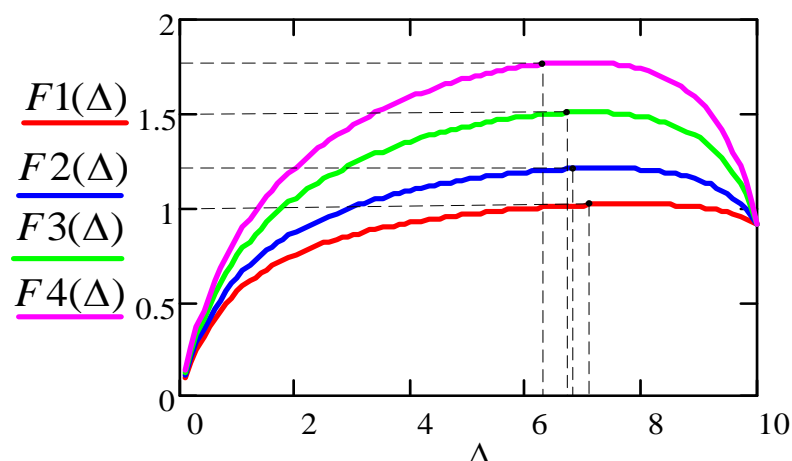


Рис.4.2 Залежність критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами інформації при різних рівнях індивідуальних здібностей

Отримана залежності (рис.4.2) свідчать про те, що при:  $\eta_1 = 0,29$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 7 навчальних годин;  $\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,8 навчальних годин;  $\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,7 навчальних годин;  $\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,5 навчальних годин.

В (табл.4.1) наведені рівні індивідуальних здібностей суб'єктів, які отримані експериментальним шляхом.

Таблиця 4.1

Рівні індивідуальних здібностей суб'єктів навчання

$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$
0,29	0,45	0,62	0,74

Розглянемо наступні залежності (рис.4.3-4.4) критерію оптимальності від часу засвоєння інформації, які будувались за виразами (2.26-2.27).

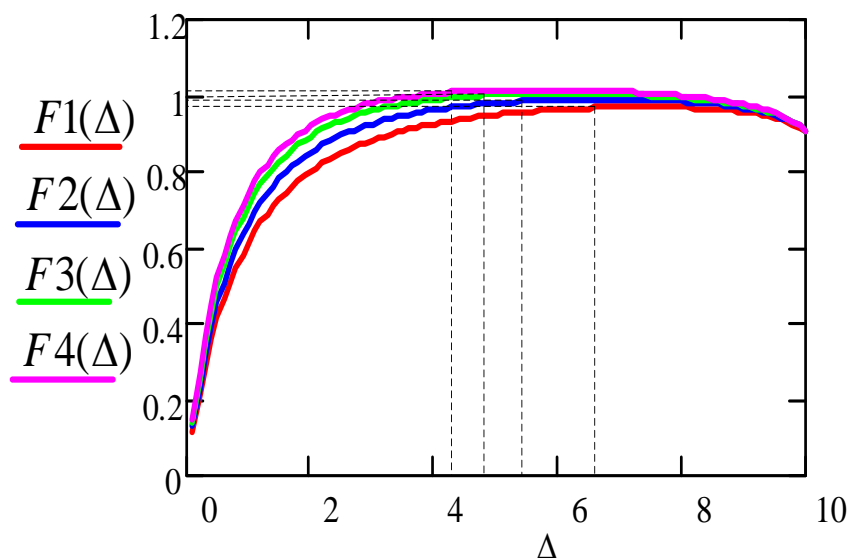


Рис.4.3 Залежність критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами інформації при різних рівнях індивідуальних здібностей

Наведені на (рис.4.3) дані кривих показують, що при:  $\eta_1 = 0,29$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,5 навчальних годин;  $\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6 навчальних годин;  $\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 5 навчальних годин;  $\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 4,5 навчальних годин.

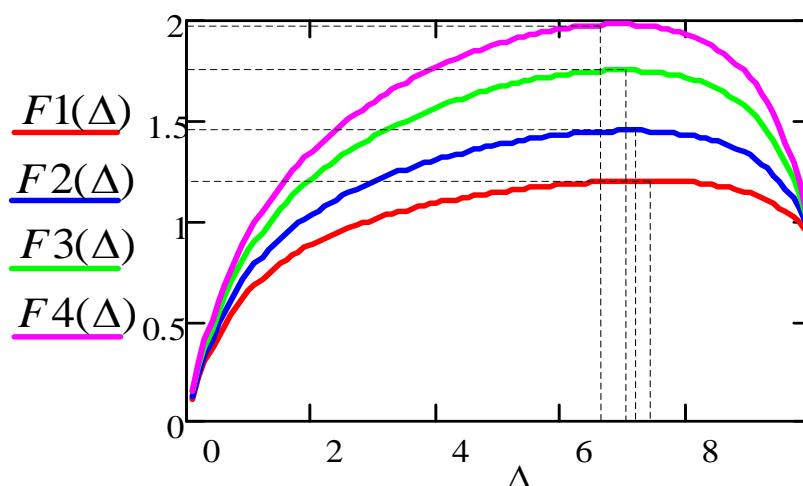


Рис.4.4 Залежність критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами інформації при різних рівнях індивідуальних здібностей

Графік (рис.4.4) характеризує залежність критерію оптимальності від часу засвоєння суб'єктами порції навчальної інформації а саме:  $\eta_1 = 0,29$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,7 навчальних годин;  $\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,5 навчальних годин;  $\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,4 навчальних годин;  $\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 6,3 навчальних годин.

Аналіз отриманих результатів залежностей (рис.4.1-4.4.) вказує на наступну закономірність: зі зменшенням рівня індивідуальних здібностей суб'єктів  $\eta$ , збільшується час засвоєння навчальної інформації та зменшується критерій оптимальності. Дані залежності надають можливість визначити оптимальний час засвоєння навчальної інформації в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.

Залежність рівня засвоєння інформації від швидкості її передачі описана моделлю (2.29) й представлена графіком (рис.4.5).

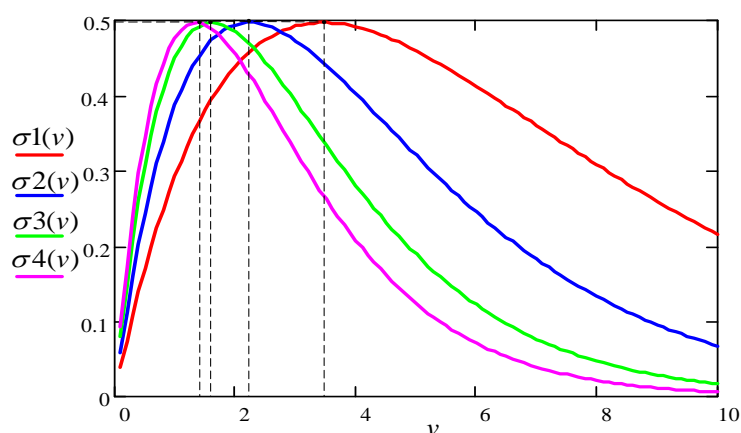


Рис.4.5 Залежність рівня засвоєння інформації від швидкості її передачі

Наведені криві показують що при:  $\eta_1 = 0,29$  – засвоєння інформації здійснюється зі швидкістю її передачі 3,8;  $\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється зі швидкістю її передачі 2,1;  $\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється зі швидкістю її передачі 1,8;  $\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється зі швидкістю її передачі 1,5.

Аналіз характеру кривих залежності (рис.4.5) дозволяє зробити висновок про те, що чим менший рівень індивідуальних здібностей суб'єктів, тим менша

необхідна швидкість для передачі інформації. Цей висновок дозволяє визначати для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів існує різна оптимальна швидкість передачі інформації, щоб її засвоєння було якісним. Залежність ступеню засвоєння інформації від часу її передачі при різних рівнях індивідуальних здібностей суб'єктів, що описана моделлю (2.30) наведена у вигляді графіка на (рис.4.6).

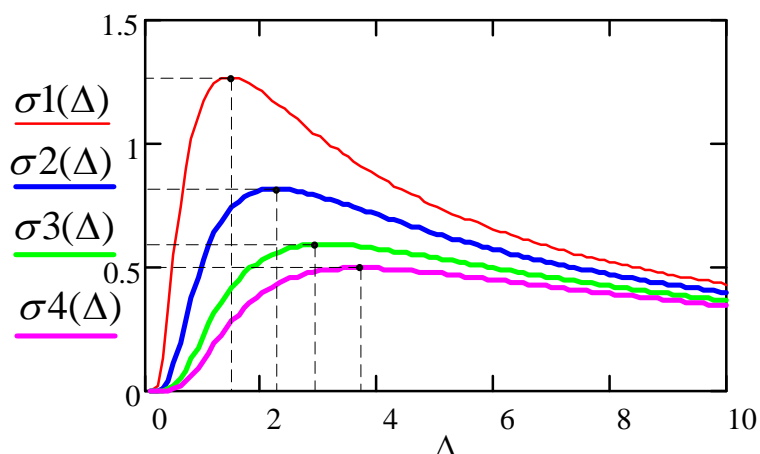


Рис.4.6 Залежність ступеню засвоєння інформації від часу її передачі при різних рівнях індивідуальних здібностей суб'єктів навчання

Характер кривих свідчить, що при:  $\eta_1 = 0,29$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 1,8 навчальних годин;  $\eta_2 = 0,45$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 2,1 навчальних годин;  $\eta_3 = 0,62$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 2,4 навчальних годин;  $\eta_4 = 0,74$  – час засвоєння інформації здійснюється протягом 3,9 навчальних годин.

Аналіз характеру залежностей (рис.4.6) вказує на те, що при зміні індивідуальних здібностей суб'єктів змінюється, як час передачі інформації так і ступінь її засвоєння. На підставі отриманих результатів розроблено алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу структури навчальних дисциплін для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. (Додаток А).

#### 4.2 Алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку між блоками інформації

Результати ймовірнісної оптимізації часової структури навчальних дисциплін отримані на прикладі дисципліни «Автоматика та автоматизація на транспорті», яка

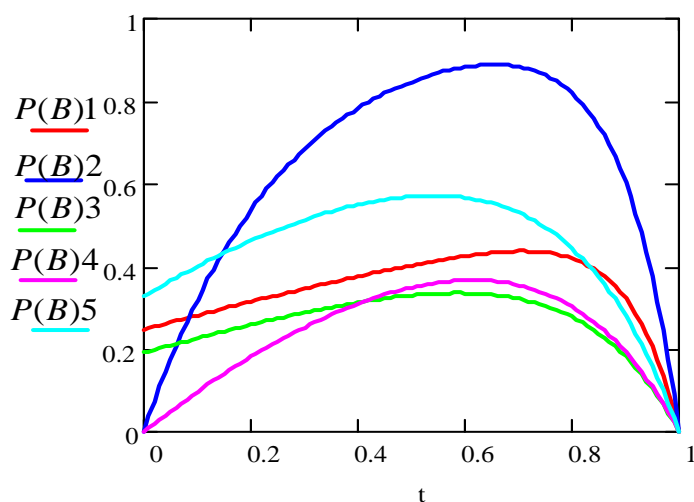
вивчалася на Аерокосмічному інституті НАУ. Для двох видів зв'язку отримано експериментальним шляхом і описані виразами (2.38-2.45). В (табл. 4.3.) наведено порівняльний аналіз оптимального часу засвоєння двох блоків навчальної інформації при гнучкому зв'язку, а в (табл.4.4.) порівняльний аналіз оптимального часу засвоєння двох блоків навчальної інформації при жорсткому зв'язку.

Таблиця 4.3

**Порівняльний аналіз оптимального часу при гнучкому зв'язку**

Група	$t_{np}$ по програмі	$t_{opt}$ експериментальне	Імовірність засвоєння порції інформації $\Delta P(B)$ %	Тижні по програмі	Тижні експериментальні
101	0,53	0,76	7,5	9	12
102		0,65	3		11
103		0,59	3		10
104		0,61	3		10
105		0,61	5		10

В (табл.4.3) наведений практичний час  $t_{np}$  при гнучкому зв'язку засвоєння двох блоків навчальної інформації, який передбачений навчальною програмою для вивчення даної дисципліни. Та оптимальний час  $t_{opt}$ , який отриманий експериментальним шляхом на основі ймовірностей засвоєння навчальної інформації (рис.4.8) в результаті застосування якого ймовірність засвоєння інформації збільшиться в залежності від групи від 3 до 7.5 %.

Рис. 4.8 Ймовірність засвоєння інформації  $B$  від часу при гнучкому зв'язку



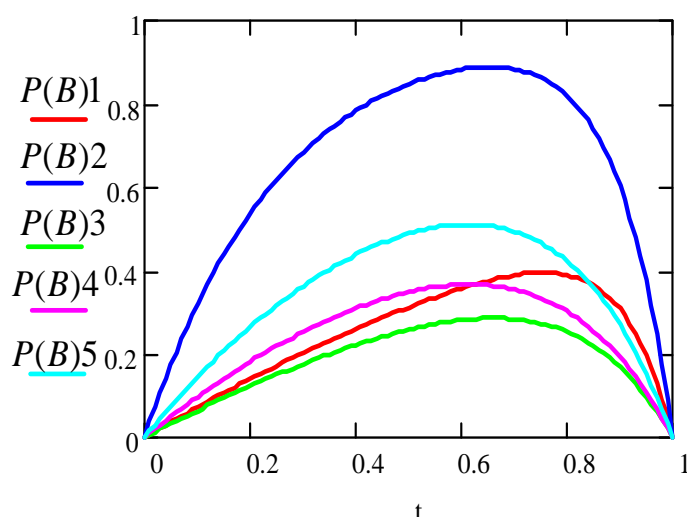
Зміна часу засвоєння навчальної інформації при жорсткому зв'язку представлена в (табл.4.4).

Таблиця 4.4

### Порівняльний аналіз оптимального часу при жорсткому зв'язку

Група	$t_{пр}$ по програмі	$t_{орт}$ експериментальне	Імовірність засвоєння порції інформації $\Delta P(B)$ %	Тижні по програмі	Тижні експериментальні
101	0,53	0,71	7	9	12
102		0,65	3		11
103		0,66	7		11
104		0,61	3		10
105		0,61	2		10

В (табл.4.3) наведений практичний час при жорсткому зв'язку між двома блоками навчальної інформації  $t_{пр}$ , який передбачений навчальною програмою для вивчення даної дисципліни. Та оптимальний час  $t_{орт}$ , який отриманий експериментальним шляхом на основі ймовірностей засвоєння навчальної інформації (рис.4.9) в результаті застосування якого ймовірність засвоєння інформації збільшиться в залежності від групи від 2 до 7 %.

Рис. 4.9 Ймовірність засвоєння інформації  $B$  від часу при жорсткому зв'язку

Із аналізу даних (табл.4.3-4.4) робимо висновок, що дані залежності (рис.4.8-4.9) мають оптимальні рішення, отже є реальна можливість підвищення ефективності управління НП в результаті застосування даного підходу [92].

Для автоматизацiованого керування розподiло операцiйного часу в залежностi вiд iнформацiйного зв'язку мiж блоками навчальних дисциплiн розроблено алгоритм (Додаток В).

Результати даного алгоритму, який розроблений для методики автоматизованого процесу керування розподiлом операцiйного часу в залежностi вiд iнформацiйного зв'язку навчальних дисциплiн можуть бути запропонованi в якостi методичного посiбника при розробцi програмних продуктiв для автоматизованих систем навчання i контролю знань i багаторiвневої пiдготовки у вищих i середнiх навчальних закладах.

#### **4.3 Автоматизована iнформацiйна система складання iндивiдуальних навчальних планiв пiдготовки авiацiйних кадрiв**

На основi проведеного аналізу засвоєння iнформацiї в залежностi вiд рiвня iндивiдуальних здiбностей суб'єктiв навчання встановлено, що для кожного рiвня: високого, середнього, малого необхіднiй рiзний час для засвоєння навчальних дисциплiн.

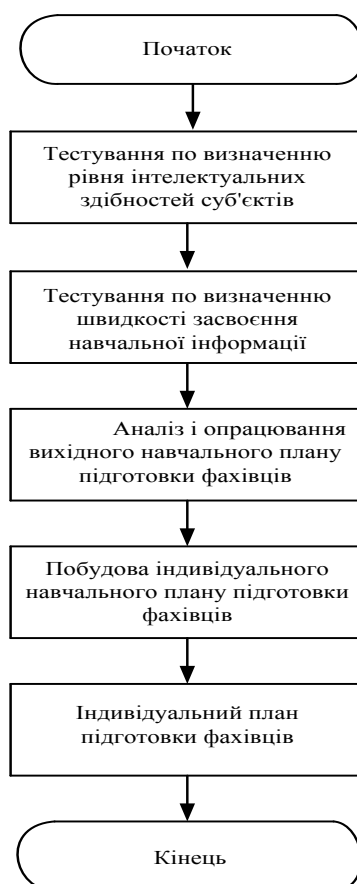


Рис. 4.10 Алгоритм складання iндивiдуальних навчальних планiв пiдготовки фахiвцiв

Тому для підвищення якості процесу підготовки авіаційних фахівців запропоновано формування індивідуальних навчальних планів. Де на (рис.4.10) представлений розроблений алгоритм складання індивідуальних навчальних планів підготовки фахівців.

.В сучасних ВНЗ складання навчальних планів здійснюється на підставі освітніх стандартів, у поєднанні з досвідом і інтуїцією викладачів, що спираються на свої суб'єктивні уявлення про місце і роль кожної дисципліни. Існувало багато спроб автоматизувати процес складання навчальних планів (наприклад, автоматизована система проектування змісту навчання В.А.Роменцева [93], алгоритми прийняття рішення в управлінні навчальним процесом Л.В.Найхановой [94]. Однак всі ці методики направлені саме на складання навчальних планів у жорсткій відповідності з державним стандартом і не вирішують завдання індивідуального планування. Тому актуальним завданням являється розробка інформаційної системи автоматизованого складання індивідуальних планів. рис.4.11.

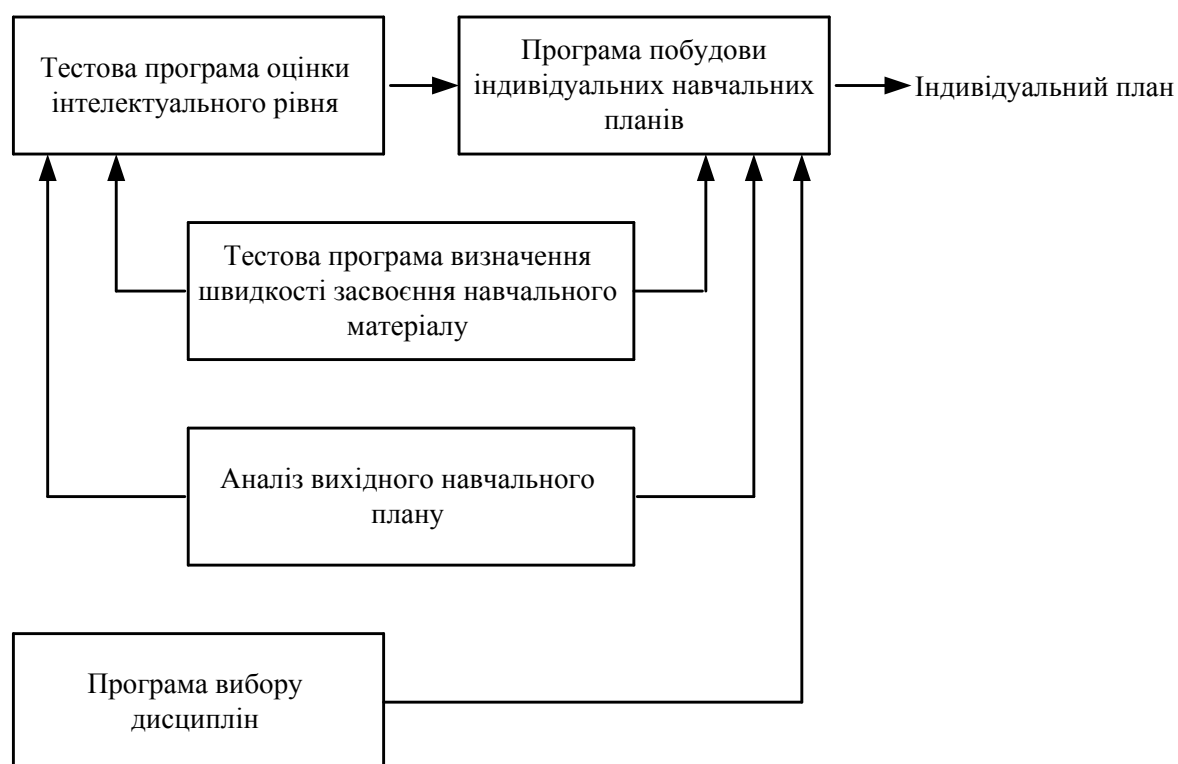


Рис.4.11 Функціональна схема інформаційної системи автоматизованого складання індивідуальних навчальних планів

Розглянемо болоки функціональної схеми детально. Тестова програма оцінки інтелектуального рівня знань в даному випадку рівня IQ, передбачає його визначення за спеціально розробленими формами тестів. Визначення оптимальної швидкості засвоєння навчальної інформації для різних рівнів інтелектуальних здібностей суб'єктів здійснювалось на основі розроблених моделей, які розглянуті в розділі 2 роботи.

Аналіз і обробка вихідного навчального плану. В цьому блоці містяться вихідний навчальний план по даній спеціальності. Який складається у відповідності до державних стандартів. В ньому вказані дисципліни їх розташування по семестрах і кількість годин, відведених на вивчення кожної дисципліни. Проте простого поділу предметів по семестрах для складання індивідуальних планів мало. Необхідно знати, які дисципліни необхідно вивчити першими, ніж переходити до вивчення даного предмета. Вирішується ця проблема за допомогою матриці логічних зв'язків [94]. Матриця є методичним засобом відображення логічних зв'язків дисциплін по всьому навчальному плану. Під логічним зв'язком розуміється взаємозв'язок змісту даного предмета зі змістом інших дисциплін. В рядках і стовпцях матриці записуються назви дисциплін, наведених у вихідному навчальному плані. Експерти-викладачі з відповідних дисциплін проставляють 1 або 0 в стовпці з назвою свого предмета. Одиниця в полі матриці ставиться у випадку, якщо викладач вважає, що для вивчення курсу по його дисципліні необхідне знання дисципліни, записаного в рядку, на якому знаходиться дане поле матриці. В іншому випадку ставиться нуль. Розгляд таблиці по стовпцях показує, на чому базується дисципліна, розгляд таблиці по рядках показує, для чого даний предмет є основою. Така матриця при складанні індивідуального навчального плану дозволяє допускати студента до вивчення дисципліни тільки після завершення вивчення всіх дисциплін, що є основою для даної дисципліни.

Вибір студентами конкретних дисциплін з переліку дисциплін, передбачених навчальним планом, в якості дисциплін за вибором.

В навчальних планах спеціальностей крім обов'язкових дисциплін, присутній перелік дисциплін, передбачених навчальним планом, в якості дисциплін за

вибором. Тобто суб'єкт може вибрати собі дисципліну для вивчення на вибір. При проектуванні індивідуальних навчальних планів необхідно передбачати дисципліни по вибору. Зазвичай при виборі навчальних дисциплін суб'єкти користуються набором ознак таких як: «цікава дисципліна», «нецікава дисципліна», «знадобиться в послідуочій професійній діяльності», « не знадобиться в послідуочій професійній діяльності». Для того щоб оцінки суб'єктів по запропонованих дисциплінах були більш об'єктивними, йому пропонується представляти більш детальнішу інформацію про дисципліни по вибору: ціль вивчення даної дисципліни, основні теми. На підставі описаної функціональної схеми можлива побудова інформаційної системи прийняття рішень, яка дозволяє на формалізованій основі визначати рівень інтелектуальних здібностей суб'єктів, необхідну кількість часу на засвоєння навчальної інформації та оптимальну швидкість подачі інформації і на підставі цих даних здійснювати складання індивідуального навчального плану підготовки фахівців. Така інформаційна система дозволяє привести обґрунтування того чи іншого вибору при складанні навчальних планів, зменшити трудомісткість складання таких планів.

#### **4.4 Вплив якості підготовки авіаційних кадрів на безпеку польотів**

Сучасна авіаційна транспортна система (АТС) являє собою складну ієрархічну людино-машинну структуру з різними інформаційними рівнями і підсистемами, що призначена здійснювати безпечні повітряні перевезення.

Безпека польотів (БП) є головною проблемою цивільної авіації (ЦА) будь-якої країни і розглядається як властивість АТС здійснювати повітряні перевезення без загрози для життя і здоров'я людей. Аналіз стану БП за даними Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) показує, що переважна більшість авіаційних подій відбувається з причин, пов'язаних з "особистісним" або "людським" фактором (ЛФ).

Поняття ЛФ включає в себе сукупність усіх вроджених і набутих фізичних і психологічних властивостей особистості, які можуть бути поставлені в зв'язок з причинами виникнення, характером течії і результатом авіаційної події.

Роль ЛФ в забезпеченні БП в істотній мірі визначається рівнем професійної підготовки авіаційних фахівців. Істотну роль у структурі професійної підготовки авіаційного персоналу, особливо льотного та інженерно-технічного складу, відіграє їх освітня підготовка. Недостатній рівень професійної підготовки авіаційних фахівців є причиною більш ніж 60-80% від кількості авіаційних подій.

Оскільки процес підготовки фахівців технічного профілю вимагає залучення значно більших ресурсів ніж в інших галузях знань, то для досягнення необхідного рівня підготовки потрібні високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових тощо. Вирішення такої складної задачі вимагає впровадження математичних методів підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного корегування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов, динаміки рівня знань, зміни цілей та пріоритетів навчання. Основним інструментом при цьому повинні стати методи моделювання та оптимізації, які дозволять прогнозувати розвиток подій, наслідки тих чи інших управлінських рішень, а головне, дозволять знайти найкращі рішення щодо підвищення рівня кваліфікації фахівців. Аналіз стану БП спонукає до висновку про необхідність реформування існуючої системи підготовки авіаційного персоналу. До 80% авіаційних подій відбувається з вини персоналу, основні фактори помилкових дій якого прямо або опосередковано пов'язані з рівнем його професійної підготовки. При цьому до 40% причин сприятливих ситуацій виникає у сфері відновлення льотної придатності авіаційної техніки та контролю її стану [95,96]. Основні фактори, які стали причиною помилок льотного складу [3]:

- професійний (прийняття невірних рішень, неадекватного ситуації, помилкові дії при реалізації рішення);
- психологічний (низька здатність прогнозування подій, прийняття рішень, які не відповідають можливостям);
- психофізіологічний (недостатнє врахування фізіологічних особливостей);
- відсутність оптимальної системи взаємодії членів екіпажу;
- обмеженість ресурсів підтримки і виконання прийнятого рішення;

- неповна психологічна сумісність членів екіпажу, що є одним з важливих якостей для взаємодії між членами екіпажу;
- знижена стресостійкість.[95].

На існуючій статистиці авіаційних подій була проведена вибірка 441 – випадку помилок екіпажу (162 АП з літаками і 279 – з гелікоптерами). За матеріалами розслідування авіаційних подій були проаналізовані фактори пригод у відповідності з вказаними вище аспектами. Їх розподіл наведено на рис.4.10.

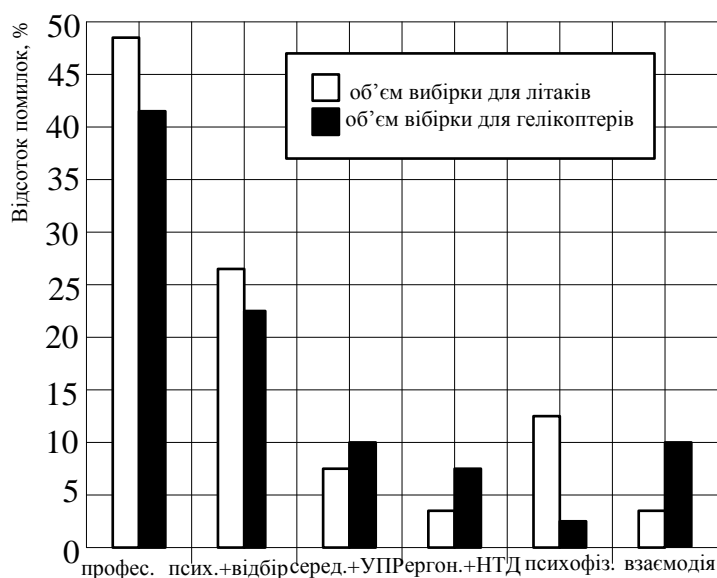


Рис.4.10 Розподіл факторів помилок екіпажів літаків та гелікоптерів

З наведеної діаграми видно що, переважаючими факторами в "помилках екіпажу" є рівень професійної підготовки та психологічні характеристики членів екіпажу. Слід зауважити, що одна і таж подія найчастіше містить кілька факторів, пов'язаних з перерахованими аспектами. Тому в діаграмі одна і таж подія знайшла відображення у декількох стовпцях. Так, помилки в ухваленні рішення можуть бути наслідком практично всіх зазначених аспектів:

- недостатня професійна підготовленість членів екіпажу;
- неповна відповідність психологічних характеристик членів екіпажу, недостатня взаємодій між ними;
- психофізіологічні.

Відсутність повної впевненості в успішності виконання майбутньої дії, сумніви в можливості досягнення мети діяльності породжують емоційну напруженість, яка

проявляється як надмірне хвилювання, інтенсивне переживання людиною процесу діяльності і очікуваних результатів [96]. Причому у вирішенні завдань, щодо «безаварійної льотної роботи» беруть участь кілька груп авіаційних фахівців. Інженерно-технічна служба забезпечує підготовку ПС до польоту. Її головне завдання – своєчасна і якісна підготовка ПС до польоту .

Льотний склад це група авіаційних працівників, що виконують свої функції в замкнутому просторі за швидкозмінних умов діяльності. Від злагодженості їх дій, уміння виконувати складні завдання в умовах гострого дефіциту часу залежить успішність вирішення поставленого завдання економічність, безпека, комфортність польоту і регулярність перевезень [97]. Тільки розкривши своєрідність особистості кожного члена колективу, можна судити про його діяльність. Це необхідно враховувати при формуванні знань і умінь авіаційного фахівця, тобто під час відбору молоді в авіаційні навчальні заклади. Головна рушійна сила розвитку індивідуальності її програмувальні властивості: спрямованість, інтелект і самосвідомість. При формуванні груп студентів необхідно враховувати спрямованість студента, тобто його інтереси, схильність, мотивацію поведінки.

В цей же період можна визначити інтелектуальні особливості тих, що навчаються їхню здатність приймати рішення, оцінювати ситуації, відповідно регулювати своє поведіння. Про це також говорить проведене тестування серед студентів, усереднені результати якого наведені в розділі 2 даної роботи. Проведене дослідження вказує на те, що в залежності від рівня інтелектуальних здібностей студентів необхідний різний час для засвоєння інформації, тому необхідно було б формувати групи в залежності від рівня інтелектуальних здібностей суб'єктів. Розвиток індивідуальності авіапрацівника – це процес, що триває все його активне життя: розвитку у ВНЗ й удосконалення в процесі виконання робочих завдань в авіаційному колективі. Також на прийняття рішень суб'єктом велику роль відіграє емоційна напруженість, щодо прийняття рішень, яка веде до погіршення організації діяльності, перезбудження або загальної загальмованості і скутості в поведінці, зростанні ймовірності помилкових дій. Ступінь емоційної напруженості залежить від оцінки людиною своєї готовності до дій в даних обставинах і відповідальності за



їх результати. Поява нервової напруженості сама по собі є тонким індикатором стану нервово-психічної сфери. Як не парадоксально це звучить, подолання критичної ситуації з дефіцитом інформації пов'язане з інформаційним перевантаженням.

Ступінь перевантаження посилюється ще, по-перше, тим, що в більшості критичних ситуацій люди на змушена вирішувати кілька різнопланових завдань одночасно, по-друге, на подолання ситуації що склалася відводиться жорсткий ліміт часу, що припускає інтенсивність переробки інформації. Тому при підготовці авіаційних фахівців необхідно створювати штучні ситуації, щодо прийняття рішень з обмеженим часом, тобто впроваджувати для підготовки авіаційних фахівців проблемне навчання. Розглядається два види навчання підготовки авіаційних фахівців:

- безальтернативне навчання – коли при підготовці фахівців не розглядається багато альтернативна ситуація;
- багато альтернативне навчання (проблемне навчання) – при такому навчанні суб'єкт постійно ставиться перед вибором .

Проблемне навчання – організований викладачем спосіб активної взаємодії суб'єкта з проблемно-представленим змістом навчання, в ході якого він долучається до об'єктивних протиріч наукового знання і способів їх вирішення. Вчиться мислити, творчо засвоювати знання і швидко приймати рішення. Схеми проблемного навчання, представляється як послідовність процедур, що включають: постановку викладачем навчально-проблемної задачі, створення для суб'єктів навчання проблемної ситуації, усвідомлення, прийняття і дозвіл виниклої проблеми, в процесі якого вони опановують узагальненими способами набуття нових знань, застосування даних способів для вирішення конкретних систем задач. В результаті даного навчання суб'єкт набуває навиків порівнювати існуючі альтернативи та приймати рішення. Розумова діяльність підрозділяється на відтворюючу (репродуктивну) – рішення типових завдань відомими способами і пошукову (продуктивну) – розгорнутий розумовий процес, спрямований на вирішення

нестандартної пізнавальної задачі. Розумова діяльність при вирішенні нестандартних завдань здійснюється у вигляді послідовного ряду етапів (рис. 4.11).

Початковий етап пошукової пізнавальної діяльності – усвідомлення індивідом проблемної ситуації, яка виникла. Такі ситуації пов'язані з незвичністю обставин, що склалися та раптовим виникненням труднощів у вирішенні тих чи інших питань.

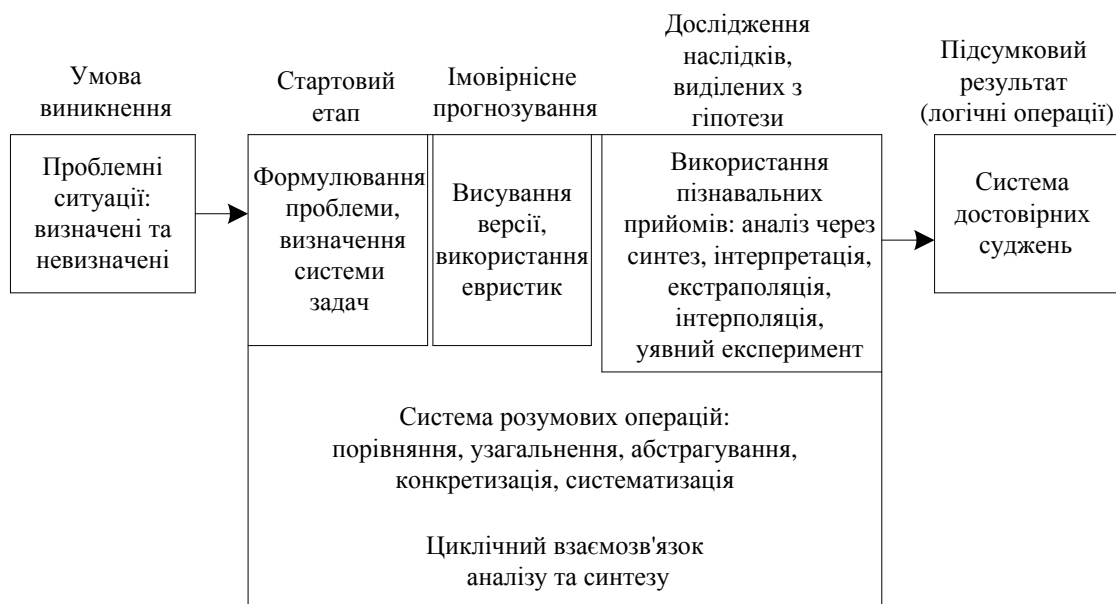


Рис. 4.11 Структура вирішення нестандартних розумових задач пілота

Акт мислення при цьому починається з усвідомлення суперечливості, неоднозначності вихідних умов діяльності, необхідності пізнавального пошуку. Усвідомлення проблеми породжує прагнення до заповнення інформаційного дефіциту. Насамперед формується об'єктивізація невідомого – починається пошук формулювання пізнавального питання, з'ясування того, що необхідно знати або вміти, щоб вийти з проблемної ситуації. Проблема ситуація, як би наштовхує суб'єкта на відповідну сферу пізнання —формулюється пізнавальна проблема. Кожна людина має унікальні уподобаннями, які складаються під впливом його індивідуальних психічних властивостей, виховання, навчання і життєвого досвіду. Уподобання присутні всередині кожного з нас, вони приховані в глибинах людської психіки і спрацьовують лише тоді, коли перед людиною постає проблема вибору. Тому дані уподобання, щодо прийняття рішення на множині існуючих альтернатив необхідно розвивати при підготовці авіаційних фахівців [97].

#### **4.5 Влив оптимізації часової структури процесу підготовки авіаційних кадрів на показники безпеки польотів**

У роботі в якості основної задачі досліджується вплив розподілення активного наявного часу (операційного часу) суб'єктів навчання (студентів) на показники якості навчання при цьому якість навчання визначається на основі результатів тестування. Певний вплив на удосконалення процесу підготовки авіаційних фахівців і на показники якості виробничої діяльності випускників вузів є більш складним завданням з точки зору отримання будь-якої статистичної інформації. Такі результати повинні проявлятися з великим запізненням і збір статистичних даних повинен відбуватися в умовах статистичної неоднорідності випадкових процесів пов'язаних з безпекою активної системи (в даному випадку з безпекою польотів). З іншого боку видно що такий зв'язок існує. Ми спробували дати теоретичну схему аналізу проблеми ґрунтуючись на самих загальних передумовах. Отримана модель дозволяє проводити параметричний аналіз [98]. Під якісною структурою мається на увазі наступне: передбачається, що в такому випадку навчання містить три компоненти:

- інформаційної складової навчаємого;
- модифікації інтелекту навчаємого;
- покращення етичного базису.

Існує два основні методи навчання:

- пасивне навчання;
- проблемне навчання.

Пасивне навчання – полягає в передачі запланованого обсягу та змісту інформації. Даний метод навчання не надає можливості сприяти розвитку здатності приймати рішення та сприяти активності навчаємого.

Хоча більш глибоке розуміння фізичної сутності ситуацій, що описуються, сприяє більш надійному прийняттю рішення (вибору альтернатив).

Проблемне навчання – передбачає створення в процесі управління процесом підготовки фахівців проблемних ситуацій, коли навчаємий ставиться в умови

необхідності приймати рішення: здійснювати вибір (стратегії)  $\sigma_i \in S_a$  де  $-S_a$  безліч допустимих альтернатив.

Здатність до прийняття рішення на  $S_a$  обумовлюється, по-перше: здатністю розпізнавати, ідентифікувати альтернативу (альтернативи), оцінити пов'язані з ними наслідки – витрати ресурсів  $R^{req}(\sigma_i)$  очікувані ресурси і по-друге: здатністю здійснювати вибір на  $S_a$  в умовах невизначеності.

Ця здатність залежить від накопиченого досвіду, навичок прийняття рішень і базується на характеристиці волі тих хто навчається. Створення необхідної основи того, що ми охарактеризували, забезпечується інформаційної компонентою навчання [48]. Створення необхідної основи забезпечується в процесі проблемного навчання.

Нехай  $T$  – є загальний ресурс операційного часу навчання,  $\bar{t}_{inf} = \frac{t_{inf}}{T}$  – відносний операційний час інформаційної складової,  $\bar{t}_{pr} = \frac{t_{pr}}{T}$  – відносний час проблемного навчання звідси:

$$\bar{t}_{inf} + \bar{t}_{pr} = 1. \quad (4.1)$$

Очевидно, що чим більше  $\bar{t}_{inf}$ , тим більш надійне і глибоке усвідомлення (розуміння) проблемних ситуацій створюється у навчаємих, ну тим меншу кількість різних ситуацій вдається охопити.

Навпаки чим більше  $\bar{t}_{pr}$ , тим на більшій множині  $S_a$  і з більшою швидкістю може бути прийнято рішення. Таким чином, утворюються явні «ваги» при плануванні стратегії навчання. Тому пропонується розділити навчальний час на дві частини:  $t_{inf}^*$  – інформаційний час,  $t_{pr}^*$  – проблемний час, де зірочкою позначається оптимальний вибір. Нижче ми розглянемо окремий випадок фіксованого числа альтернатив:  $N = 2$ ,  $\sigma_1, \sigma_2 \in \sigma_n$ , отже ми будемо орієнтуватись на використанні в якості критерію оптимізації часу, прийняття рішення. Останнє ми пов'яжемо з так званими ентропійними порогами [99,100]. Визначимо суб'єктивну ентропію на  $S_a$  наступним чином:

$$H_{\pi} = -\sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) \ln \pi(\sigma_i). \quad (4.2)$$

де  $\pi(\sigma_i)$  – показник уподобання альтернативи  $\sigma_i$ .

Величини  $\pi(\sigma_i)$  не є ймовірностями але задовольняють деякі умови нормування, у рамках теорії когнітивної міри:

$$\sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) = 1. \quad (4.3)$$

В умовах невизначеності може бути використана будь-яка неадитивна міра, наприклад міра Сугено [101,102] або так звана неадитивна Н-міра, де умова нормування приймається у вигляді:

$$\sum_{i=1}^N \pi_i(\sigma_i) + \lambda H_{\pi} = 1, \quad (4.4)$$

або:

$$\sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) \cdot (1 - \lambda \ln \pi(\sigma_i)) = 1. \quad (4.5)$$

Для отримання моделі функції  $\pi(\sigma_i)$  використовуються переваги, або «психіка» при генерації переваг. Найбільш доцільнішим для реалізації даної задачі є ІЕМ який за формою збігається з принципом Джеймса [103,104], ну має суттєві відмінності і тому може рахуватись самостійним принципом. В якості критерію оптимальності приймається величина:

$$\Phi_{\pi} = \alpha(\lambda) \sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) \ln \pi(\sigma_i) \pm \beta \sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) F(\sigma_i) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i). \quad (4.6)$$

де  $\beta$  – ендogenous структурний параметр, що розглядається, як характеристика емоційної напруги та внутрішня особливість суб'єкта при формуванні функцій переваг;  $F(\sigma_i)$  – «когнітивна» функція.

Обчисливши похідну від  $\Phi_{\pi}$  по  $\pi(\sigma_i)$  знаходимо:

$$\alpha(\lambda, \gamma)(\ln \pi(\sigma_i) + 1) \pm \beta F_i(\sigma_i) + \gamma = 0, \quad (4.7)$$

звідси

$$\pi(\sigma_i) = \frac{\exp(\pm \frac{\beta}{\alpha(\lambda, \gamma)} \cdot F_i(\sigma_i))}{\sum_{q=1}^N \exp(\pm \frac{\beta}{\alpha(\lambda, \gamma)} \cdot F_q(\sigma_a))} . \quad (4.8)$$

Вводиться припущення про існування суб'єктивних ентропійних порогів:

$H_\pi^*$  – поріг рішення;

$H_\pi^{**}$  – верхній поріг психологічної невизначеності;

$H_{\pi^*}$  – поріг еволюційного «неповернення».

Необхідна умова прийняття рішення має вигляд:

$$H_\pi \langle H_\pi^* . \quad (4.9)$$

Якщо  $H_\pi \geq H_\pi^*$  – рішення на  $S_a$  не може бути прийнято. Якщо  $H_\pi \langle H_\pi^*$  – прийняте рішення не може бути змінено. Якщо  $H_\pi \rangle H_\pi^{**}$  – психіка перебуває у стані глибокого стресу і ніяка розумна діяльність неможлива. Розподіл (4.8) за формою збігається з розподілом Бальцмана-Гіббса у фізичній кінетиці, а коефіцієнт  $\beta' = \pm \frac{\beta}{\alpha(\lambda, \gamma)}$  – відіграє роль зворотної «психічної» температури  $\beta' = \frac{1}{T}$  рис.4.12.

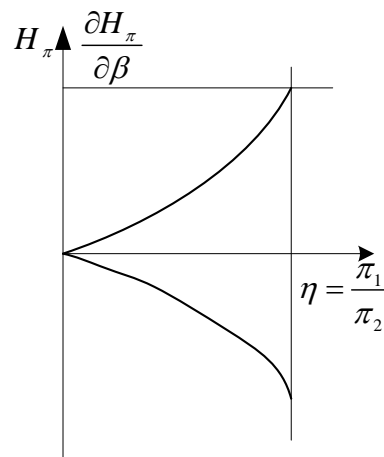


Рис. 4.12 Залежність суб'єктивної ентропії  $H_\pi$  від  $\pi_1$  і  $\pi_2$

На (рис.4.12) показано залежність  $H_\pi$  від  $\beta = T$  при рівних умовах і з наявністю тільки двох альтернатив ( $N = 2$ ). Так як, при цьому:  $H_\pi = -\pi_1 \ln \pi_1 - \pi_2 \ln \pi_2$ , то

$\frac{\partial H_\pi}{\partial \beta} = \pi_1 \cdot \pi_2 \ln \pi_1 \cdot \pi_2$ , і очевидно  $H_\pi$  залежить від відношення  $\pi_1$  і  $\pi_2$  (для ймовірнісного нормування).

На (рис.4.13) показана характерна залежність  $H_\pi$  від часу при виникненні проблемної ситуації.

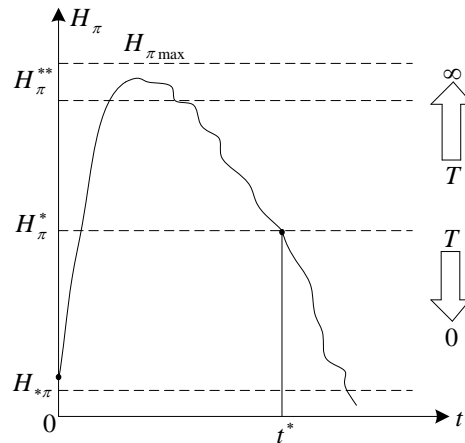


Рис.4.13 Залежність суб'єктивної ентропії  $H_\pi$  від часу

При виникненні особливої проблемної ситуації суб'єктивна ентропія  $H_\pi$  швидко зростає і суб'єкт потрапляє в область «стресу»  $H_\pi \in [H_\pi^*, H_\pi^{**}]$ , потім суб'єкт поступово заспокоюється. Ентропія падає в момент  $t=t^*$  викликаній необхідною умовою для прийняття рішення [48]. Динаміка ентропії залежить від  $\beta$  і від когнітивної функції  $F(\sigma_i)$ . Передбачається що  $\beta$  є функцією  $\bar{t}_{pr}$  і ця залежність може бути показана логістичною кривою.

Нехай:

$$\bar{\beta}(T_p) = \bar{\beta}_{\min} + (\bar{\beta}_{\max} - \bar{\beta}_{\min})e^{-h\tau_p^2}. \quad (4.10)$$

де  $\tau_p = \frac{T-t_p}{t_p}$  видно, що якщо:

$$t_p \rightarrow 0, \text{ то } \tau_p \rightarrow \infty \Rightarrow \bar{\beta} \rightarrow \bar{\beta}_{\max},$$

$$t_p \rightarrow T, \tau_p \rightarrow 0 \Rightarrow \bar{\beta} \rightarrow \bar{\beta}_{\min}.$$

Коефіцієнт  $\bar{\beta}$  представимо у вигляді  $\beta = k \cdot \bar{\beta}$ . Будемо вважати, що коефіцієнт  $k$  відображає залежність  $\beta$  від всіх інших обставин, тоді як  $\bar{\beta}$  залежить від

відносного часу відведеного на проблемне навчання. Когнітивну функцію  $F_i(\sigma_i)$  представимо у вигляді:

$$F_i(\sigma_i) = \bar{F}_i(\sigma_i) \cdot m. \quad (4.11)$$

де  $\bar{F}_i(\sigma_i)$  – залежить в основному від інших обставин, а  $m$  в основному залежить від

$$T_{\text{inf}} = \frac{T - t_{\text{inf}}}{t_{\text{inf}}}.$$

Тоді:

$$m_i(\tau_{\text{inf}}) = m_{\text{min}} + (m_{i\text{max}} - m_{i\text{min}}) \cdot e^{-g_i \tau_{\text{inf}}^2}, \quad (4.12)$$

де  $\tau_{\text{inf}} = \frac{T - t_{\text{inf}}}{t_{\text{inf}}}$ , тоді при:

$$t_{\text{inf}} \rightarrow 0, \tau_{\text{inf}} \rightarrow \infty \Rightarrow m_i(\sigma_{\text{inf}}) \Rightarrow m_{i\text{min}},$$

$$t_{\text{inf}} \rightarrow T, \tau_{\text{inf}} \rightarrow 0 \Rightarrow m_i(\bar{\tau}_{\text{inf}}) \Rightarrow m_{i\text{max}}.$$

Розглянемо випадок двох альтернатив:  $N = 2$ . Орієнтовний хід залежності  $H_\pi$  показаний на рис.4.14.

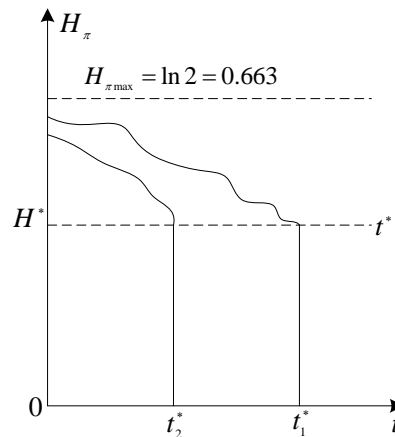


Рис.4.14 Залежність  $H_\pi$  від часу для двох альтернатив

Момент прийняття рішення (вибору) залежить від  $t_{pr}$  і  $t_{\text{inf}}$  та від співвідношень між ними. Зменшення  $t^*$  веде до прискорення часу на прийняття рішення в особливій ситуації і цим самим сприяє збільшенню безпеки польотів. Це однак, не точна характеристика. Необхідно додатково оцінити величину суб'єктивного ризику та об'єктивного ризику. Нехай у просторі параметра  $a$  об'єкта (системи) виділено два об'єкти  $A_1$  і  $A_2$ , тоді  $a \in A_1$  – має місце успішний результат польотної ситуації,



якщо  $a \in A_2$  – то має неуспішний результат. Запишемо об'єктивний Байєсівський ризик:

$$R_{obj} = c_{11}p(\sigma_1) \cdot P(a \in A_1 | \sigma_1) + c_{12}p(\sigma_2) \cdot P(a \in A_1 | \sigma_2) + c_{21}p(\sigma_1) \cdot P(a \in A_2 | \sigma_1) + c_{22}p(\sigma_2) \cdot P(a \in A_2 | \sigma_2). \quad (4.13)$$

У гібридній моделі передбачається що апіорні ймовірності можуть бути записані величинами відповідних переваг. Тому введемо суб'єктивний Байєсівський ризик:

$$R_{subj} = c_{11}\pi(\sigma_1) \cdot \hat{P}(a \in A_1 | \sigma_1) + c_{12}\pi(\sigma_2) \cdot \hat{P}(a \in A_1 | \sigma_2) + c_{21}\pi(\sigma_1) \cdot \hat{P}(a \in A_2 | \sigma_1) + c_{22}\pi(\sigma_2) \cdot \hat{P}(a \in A_2 | \sigma_2). \quad (4.14)$$

суб'єктивний Байєсівський ризик, тоді функціонал прийме вигляд:

$$\Phi_\pi = -\alpha(\lambda, \gamma) \sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i) \ln \pi(\sigma_i) \pm \beta \sum_{i=1}^N R_{subj}(\pi(\sigma_1), \pi(\sigma_2), \dots, \pi(\sigma_N)) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi(\sigma_i). \quad (4.15)$$

і канонічний розподіл буде експоненціальним:

$$\pi(\sigma_i) = \exp \left[ \frac{\frac{+\beta}{\alpha(\lambda, \gamma)} (c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_2 | \sigma_1) + c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_2 | \sigma_1))}{\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \exp \left[ \frac{+\beta}{\alpha(\lambda, \gamma)} \cdot (c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_j | \sigma_i)) \right]} \right]. \quad (4.16)$$

тут  $\hat{P}(a \in A_j | \sigma_i)$  – суб'єктивна ймовірність в термінології Гроота [105,106]. Ще один ефект який повинен враховуватися – дозволом ентропійних порогів. Висота порога  $H^*$  залежить від часу. Чим вище поріг, тим швидше буде прийнято рішення, ну тим вище буде ймовірність прийняття рішення не найкращого з точки зору безпеки. Величина  $t_{inf}$  – інформаційного часу впливає на якість і глибину ідентифікації польотних ситуацій і альтернатив в тому числі його збільшення сприяє більш чіткій диференціації альтернатив, зростанню абсолютної різниці когнітивних функцій:

$$\delta F_{ij} = (F(\sigma_i) - F(\sigma_j)). \quad (4.17)$$

Існує задача вибору оптимальної програми в поділі навчального часу на дві частини:

$t_{inf}$  – інформаційний час;

$t_{pr}^*$  – проблемний час.

В результаті цього поділу формуються необхідні вольові якості суб'єктів навчання. Рішення даної задачі має виключне значення при практичному навчанні авіаційних кадрів.

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4

1. Розроблено алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. Алгоритм надає можливість управляти часовою структурою навчальних дисциплін в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів.

2. Розроблено алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційних зв'язків між блоками інформації. Даний підхід дозволяє використовувати накопичену статистичну інформацію успішності суб'єктів в результаті дії Болонської системи навчання. Результати розробленого алгоритму можуть бути запропоновані в якості методичного посібника при розробці програмних продуктів для автоматизованих систем навчання і контролю знань і багаторівневої підготовки у вищих і середніх навчальних закладах.

3. Розроблено алгоритм складання індивідуальних навчальних планів підготовки фахівців на підставі якого розроблена функціональна схема інформаційної системи автоматизованого складання індивідуальних навчальних планів. Така автоматизована інформаційна система дозволяє привести обґрунтування того чи іншого вибору при складанні навчальних планів та зменшити трудомісткість складання таких планів.

4. Запропоновано підхід до кількісної оцінки впливу оптимізації часової структури процесу підготовки авіаційних кадрів до завдань безпеки польотів у багатоальтернативних ситуаціях. Впровадження даного підходу до процесу підготовки фахівців дозволить підвищити рівень їх підготовки.

## ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Аналіз публікацій за темою досліджень дозволив визначити основні чинники, які впливають на ефективність керування. Із урахуванням цього розроблено математичні моделі оптимізації розподілу операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання, що дало змогу отримати залежності ступеня засвоєння суб'єктами інформації та набуття необхідних практичних навичок від операційного часу при різних рівнях їх індивідуальних здібностей.

2. Розроблено критерій оцінки якості засвоєння інформації та набуття практичних навичок при керованому процесі підготовки авіаційних кадрів. За допомогою даного критерію було визначено експериментальні показники найбільш ефективного засвоєння суб'єктами інформації та набуття необхідних практичних навичок.

3. Обґрунтовано і розроблено структуру та алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу залежно від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів, що дозволило автоматизувати процес керування часовою структурою програм навчання.

4. Розроблено алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу відповідно до інформаційних зв'язків між блоками інформації, що дозволило використовувати накопичену статистичну інформацію успішності навчання суб'єктів для формування бази підказувань пілоту в потрібних діях в особливих ситуаціях під час польоту.

5. За результатами моделювання процесу навчання виявлено існування оптимальних значень операційного часу, на базі яких є реальна можливість підвищення глибини засвоєння інформації та набуття суб'єктами необхідних практичних навичок при автоматизованому процесі керування підготовкою авіаційних кадрів. На вибірках, на яких проводився статистичний аналіз, показано, що ефект від оптимізації розподілу операційного часу може становити від 12 до 17,5 %.

6. У дисертаційній роботі на основі проведених досліджень розв'язано актуальне завдання – розроблено та обґрунтовано нейромережеву модель оцінки

залишкових знань та вмінь суб'єктів навчання від їх особистісних здібностей, а також алгоритм параметричного та структурного синтезу НМ для автоматизованого процесу оцінки рівня знань суб'єктів навчання, з якими вони виходять на ринок праці. Результати виконаного моделювання на програмних моделях показали дієздатність запропонованої НМ щодо вирішення поставленого завдання.

7. Розроблені структура та алгоритм можуть бути використані як методичне забезпечення розробки програмних продуктів автоматизованих систем керування процесом підготовки пілотів. Крім того, результати дисертаційних досліджень упроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних дисциплін «Автоматизація управління ресурсами» та «Автоматизація проектування систем і засобів керування» спеціальності 05020203 «Автоматика та автоматизація на транспорті».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жулев В. И. Безопасность полетов летательных аппаратов [Текст] / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224с.
2. Овчаров В. Е. Человеческий фактор в авиационных происшествиях [Текст] / В.Е. Овчаров. – М.: МАК, 2005. – 80с.
3. Морозов А. Н. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств – участников «Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного транспорта» в 2008 году [Текст] / А. Н. Морозов. Труды общества независимых исследований авиационных происшествий. – М.: – 2009. – № 21. – С. 7–28.
4. Савінов О. М. Моделювання та управління якістю підготовки авіаційних фахівців: монографія [Текст] / О. М. Савінов. – К.: Вид-во Нац.авіац.ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 172 с.
5. Беспалько В. П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) [Текст] / В. П. Беспалько. – М.: МПСИ, 2002. – 352с.
6. Мазурок, Т. Л. Актуальные направления интеллектуализации системы управления процессом обучения [Текст] / Т. Л. Мазурок, Ю. К. Тодорцев // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — 2007. — № 1. — С. 93 – 97.
7. Румянцев А. А. Эффективное управление: принятие обоснованных и оптимальных решений, интеллект и логика. Часть 1. Тесты [Текст] / А. А Румянцев. – ООО «Контраст», Краматорск, 2003. – 32 с.
8. Архангельский С. И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе [Текст] / С. И. Архангельский. – М.: Высшая школа, 1976. – 200 с.
9. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний [Текст] / Н. Ф. Талызина. – М.: МГУ, 1975. – 343 с.
10. Артюх С. Ф. Порівняльний аналіз європейської системи інженерної педагогіки і системи інженерно-педагогічної підготовки на Україні [Текст] / С. Ф.

Артюх, О. Е. Коваленко // Проблемы инженерно-педагогической освіти. Зб. наукових праць. – Х.: УПА, 2001 №1. – С. 6 –13.

11. Безрукова В. С. Учебное пособие для инженерно-педагогических институтов и индустриально-педагогических техникумов [Текст] / В. С. Безрукова. – Екатеринбург.: Деловая книга, 1996. – 342с.

12. Дмитренко Т. О. Сучасний стан вирішення проблеми оптимізації педагогічного процесу [Текст] / Т. О. Дмитренко // Проблемы инженерно-педагогической освіти. Зб. наукових праць. – Х.: УПА, 2001. – №1. – С. 14–18.

13. Мазурок Т. Л. Модель формирования знаний автоматизированной системы управления обучением [Текст] / Т. Л. Мазурок // Образовательные технологии и общество. – 2013. – № 1. Т16. – С. –734–761.

14. Храмов В. О. Основи управління персоналом : навч.-метод. посіб. [Текст] / В. О. Храмов, А. П. Бовтрук. – К. : МАУП, 2001. – 112 с.

15. Тищенко В. А. Средства информационно-коммуникационных технологий как часть педагогической системы [Текст] / В.А. Тищенко // Международный электронный журнал «Образовательные Технологии и Общество» – 2012. – V.15. — №2. – С. 565–580.

16. Растринин Л.А. Обучение как управление [Текст] / Л.А. Растринин // Журн.техническая кибернетика. – 1993. – №2. – С.40 – 46.

17. Пупков К. А., Интеллектуальные системы [Текст] / К. А. Пупков, В.Г. Коньков. – М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана.– 2003. – 348 С.

18. Мазурок Т. Л. Нейромережева реалізація інтелектуальної підтримки прийняття рішень в автоматизованому управлінні навчанням [Текст] / Т. Л. Мазурок, Ю. К. Тодорцев // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2011. – №3. – С. 88 –101.

19. Касьянов В. А. Элементы субъективного анализа: Монография [Текст] / В. А. Касьянов. – К.: НАУ, 2003. – 224 с.

20. Поташник М. М. Качество образования; проблемы и технологии управления. [Текст] / М. М. Поташник. – М.: Пед. об-во России, 2002. – 351с.

21. Пригожин И. Предок из хаоса. Новый диалог человека с природой. [Текст] / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Едиториал УССР, 2003. – 312 с.
22. Бурков В. Н., Основы теории активных систем. [Текст] / В. Н. Бурков. – М.: Наука, 1977. – 255 с.
23. Бурков В. Н. Введение в теорию активных систем. [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 1996. – 125 с.
24. Бурков В. Н. Модели и механизмы теории активных систем в управлении качеством подготовки специалистов. [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: ИЦ, 1998. – 158 с.
25. Бурков В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.,
26. Новиков Д. А. Курс теории активных систем [Текст] / Д. А. Новиков, С. Н. Петраков. – М.: Синтег, 1999. – 104 с.
27. Соколова И. Ю. Качество подготовки специалистов в техническом вузе и технологии обучения [Текст] / И. Ю. Соколова, Г. П. Кабанов. – Томск.: ТПУ, 2003. – 203 с.
28. Беспалько В. П. Основы теории педагогических систем [Текст] / В. П. Беспалько — М.: Воронеж, 1977 С. – 40 – 86.
29. Каган В. М. Основы оптимизации процесса обучения в высшей школе [Текст] : науч. метод. пособие / В. М. Каган, И. А. Сычеников. — М.: Высш. шк., 1987. — 143 с. ,
30. Леонтьев Л. П. Проблемы управления учебным процессом [Текст] / Л. П. Леонтьев, О. Г. Гохман. – Рига, 1984. – 239 с. 48., Целевая интенсивная подготовка специалистов [Текст] : учеб. пособ./ под ред. В. А. Карповой. – Ленинград, 1987. – 184 с.
31. Hunt, R. R. The concept of distinctiveness in memory research [Text] R. R. Hunt. J.B. Worthen. – New York.: Oxford University Press. – 2006.– P. 3– 25.
32. Koriat, A. Predicting one's own forgetting: The role of experience-based and theory-based processes. [Text] / A. Journal, R. A. Bjork, L. Sheffer, S. Bar // Journal of Experimental Psychology. – 2004. – P. – 643 – 656.



33. Roediger H. I, Karpicke J.D. In: Successful Remembering and Successful Forgetting: A Festschrift in Honor of Robert A. Bjork. Benjamin A.S [Text] / H. I. Roediger, J. D. Karpicke // New York: Psychology Press. – 2011. – P. 23 – 48.
34. Wozniak P. A Optimization of repetition spacing in the practice of learning [Text] / P.A. Wozniak , E. J. Gorzelanczyk. – Acta Neurobiol Exp, 1994.– P. 59–62.
35. Воронцов, А. Б. Набор методик для работы учителя и психолога с показателями развития учащихся [Текст] / Воронцов А. Б. // Начальная школа. – 1999. – № 7. – С. 77 – 87.
36. Дьяченко, М. И. Психология высшей школы [Текст] / М. И. Дьяченко. – Мн.: Тесей, 2003. – 352 с.
37. Иванников В. А. Психологические механизмы волевой регуляции [Текст] / В. А. Иванников. – СПб. , 2006. – 208 с.
38. Dweck C. S. Self-theories: Their role in motivation, personality and development [Text] / C. S. Dweck. – Philadelphia, 1999. – 195 p.
39. Прохоренко І. В. Теоретичні проблеми підготовки фахівців. Проблемно-ресурсна інтерпретація [Текст] / І.В. Прохоренко // Зб. наук. проблеми інформатизації та управління. – 2009. – № 4 (28). — С. 116 – 119.
40. Євтух М. Б. Інноваційні методи оцінювання навчальних досягнень: монографія [Текст] / М. Б. Євтух, Е. В. Лузік, Л. М. Дибкова. – К.: КНЕУ, 2010. – 248 с.
41. Кудрявцев В. Т. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы [Текст] / В. Т. Кудрявцев. – М.: Знание, 1991. – 80 с.
42. Махмутов М. И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории. [Текст] / М. И. Махмутов .– М.: Педагогика, 1995. – 230 с.
43. Вилькеев Д. В. Познавательная деятельность учащихся при проблемном характере обучения основам наук в школе [Текст] / Д. В. Вилькеев. – Казань, 1967. – 130с.
44. Лернер И. Я. Вопросы проблемного обучения на Всесоюзных педагогических чтениях [Текст] / И. Я. Лернер // Журн. советская педагогика. – 1968. – № 7.– 37с.

45. Кудрявцев Т. В. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы [Текст] / Т. В. Кудрявцев. – М.: Знание, 1991. – 80 с.
46. Басова Н. В. Педагогика и практическая психология [Текст] / Н. В. Басова. – Ростов-на-Дону.: Феникс – 1999. – 416 с.
47. Басова Н. В. Педагогика и практическая психология [Текст] / Н. В. Басова. – Ростов-на-Дону.: Феникс – 1999. – 416 с.
48. Касьянов В. А. Субъективный анализ: Монография [Текст] / В. А. Касьянов. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.
49. Скаткин М. Н. Методология и методика педагогических исследований. [Текст] / М. Н. Скаткин. – М.: Педагогика, 1986. – 150 с.
50. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения. [Текст] / В. В. Краевский. – М.: Педагогика, 1977. – 263 с.
51. Оцінка знань студентів та якості підготовки фахівців (методичні та методологічні аспекти): Навч. посібник / кол. авторів. – К.: ІЗМН, 1997. – 216 с.
52. Підласий І. П. Діагностика та експертиза педагогічних проектів [Текст] / І. П. Підласий. – К.: Україна, 1998. – 343 с.
53. Ebbinghaus H. Memory: a contribution to experimental psychology [Text] / H. Ebbinghaus. – New York.: Dover, 1964.
54. Касьянов В. О. Використання проблемно-ресурсного методу в начальному процесі [Текст] / В. О. Касьянов, Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Вісник НАУ. – 2008. – №1(35). – С.51–57.
55. Корнилова Т. В. Экспериментальная психология [Текст] / Т. В. Корнилова. — М.: Аспект Пресс, 2002. — 381 с.
56. Стратанович Р. Л. Теория информации [Текст] / Р.Л.Стратановича. – М.: Сов.Радио, 1975. – 424 с.
57. Прохоренко І. В. Формалізація задач навчального процесу з контролем і забуванням навчальної інформації / І. В. Прохоренко, Ю. Т. Гуз // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2010 №3/6(45). – С.54 – 56. *Наукометрична база: РІНЦ.*

58. Прохоренко І. В. Моделі формалізації задач навчання з контролем і забуванням інформації [Текст] / І. В. Прохоренко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2011 №2/2(50). – С.35 – 39. *Наукометрична база: РІНЦ.*

59. Прохоренко І. В. Навчання як об'єкт суб'єктивного аналізу [Текст] / І.В.Прохоренко // ПОЛІТ-2010: VI міжнародна наукова конференція молодих вчених і студентів, 7-9 квітня 2010 р.: тези доповіді. – К., 2010. – С.23.

60. Гуз Ю .Т. Формалізація задач навчання з контролем і забуванням навчальної інформації / Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Авіа-2011: X міжнародна науково-технічна конференція, 19-21 квітня 2009 р.: тези доповіді. – К., 2011. – Т.ІІ. – С.42–45.

61. Стратанович Р. Л. Теория информации [Текст] / Р.Л.Стратановича. – М.: Сов.Радио, 1975. – 424 с.

62. Вища освіта України і Болонський процес: навчальний посібник [Текст] / В. Г. Кремень, М. Ф. Степка, Я. Я. Болюбаш, В. Д. Шинкарук, В. В. Грубінка, І. І. Бабин. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2004. – 384 с.

63. Овчинников А. А. Сетевые методы планирования и организации учебного процесса [Текст] : учеб, пособие / А. А. Овчинников, В. С. Пучинский, Г. Ф. Петров.– М.: «Высшая школа», 1972.– 157с.

64. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике [Текст] : пер. с англ. – М.: ИЛ, 1963. – 830 с.

65. Яглом А. М. Вероятность и информация [Текст] / А. М. Яглом, И. М. Яглом. – Издание 3-е, переработанное и дополненное. – М.: Наука, 1973. – 512с.

66. Касьянов В. О. Інформаційна зв'язність блоків навчальної інформації [Текст] / В.О. Касьянов, І. В. Прохоренко, Т. В. Шипитяк // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 1/2 (55). – С. 7–11. *Наукометрична база: РІНЦ.*

67. Ярушкіна Н. Г. Нечёткие нейронные сети [Текст] / Н. Г. Ярушкіна // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – №3. – С.47–51.

68. Францкевич Г. И. Нейросетевые и генетические модели и методы анализа данных [Текст] / Г.И. Францкевич, А.А. Букарев, В.П. Костюк // <http://www.neuroproject.ru/index.html>.— 2001.

69. Головкин В. А. «Нейронные сети: обучение, организация и применение.» [Текст] В. А. Головкин. – М.: ИПРЖР, 2001. – 256 с.

70. Kohonen T. “Self-organizing maps,” 3. ed. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo [Text] / T. Kohonen.: Springer, 2001. – 501 p.

71. Kung S.Y. “Synergistic Modeling and Applications of Hierarchical Fuzzy Neural Networks” [Text] / S.Y. Kung, J. Taur, S.H. Lin // Proceedings of the IEEE 9 september 1999. – № 87. – P.1551–1574.

72. Ярушкина Н. Г. Нечёткие нейронные сети [Текст] / Н. Г. Ярушкина // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – №3. – С.47–51.

73. Driankov D. Fuzzy Logic and Fuzzy Control / D. Driankov, P.W. Eklund, A. L. Ralescu (ed.) // Proc. IJCAI'91 Workshops on Fuzzy Logic and Fuzzy Control. – Sydney.– Berlin, Heidelberg.: Springer–Verlag. – 1991. – P. 157.

74. Ивахненко А. Г. Самоорганизующиеся системы распознавания и автоматического управления [Текст] / А. Г. Ивахненко. – К.: Техніка, 1969. – 392с.

75. Kohonen T. Self–organizing Maps [Text] / T. Kohonen // Proc. IEEE. – 1990.– V.78.– №9.– P. 1464–1480.

76. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2–е издание [Текст] / С. Хайкин ; пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006 – 1104 с.

77. Короткий С. Нейронные сети Хопфилда и Хемминга [Текст] / С. Короткий // <http://www.neuropower.de/rus/books/index.html>.

78. Тимофеев А. В. Роботы и искусственный интеллект [Текст] /А. В. Тимофеев. – М.: "Наука", 1978. – 192 с.

79. Казак В. М. Застосування моделей нейронних мереж штучного інтелекту при підготовці авіаційних фахівців [Текст] / В. М. Казак, Д. О. Шевчук, Н. А. Тимошенко, І. В. Прохоренко // ScienceRise. – 2016. – №2/2(19). – С.43 – 49.

80. Прохоренко І. В. Застосування нейронних мереж штучного інтелекту для моделювання процесу підготовки авіаційних кадрів / І. В. Прохоренко // Політ. Сучасні проблеми науки: XVI міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 6-8 квітня 2016 р.: тези доповіді. – К., 2016. – С.10.

81. Rosenblatt F. The Perceptron: A Probabilistic Model for information storage and organization in the brain [Text] / F. Rosenblatt // Psychological Review.–1958.– №65.– P.386 – 408.

82. Rumelhart D.E. Learning representation by back-propagating errors [Text] / D.E. Rumelhart, G.E. Hinton, R.J. Williams // Nature.–1986.– Vol.323.– P.533–536.

83. Федяев О.И. Анализ и прогнозирование процесса трудоустройства молодых специалистов с помощью мультиагентной модели [Текст] / О.И. Федяев, Ю.Ю. Лукина, А.С. Стропалов // Труды конференции ИАИ-2013, КИП, Киев, 2013. – С.47–53

84. Ильин Е. П. Психология творчества, креативности одаренности [Текст] / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2004. – 537 с.

85. Айзенк Г. Новые тесты IQ [Текст] / Г. Айзенк. – М.: Изд-во «Эскмо», 2003. –189 с.

86. Дейнека А. В. Современные тенденции в управлении персоналом. Учебное пособие [Текст] / А. В. Дейнека. – М.: Изд-во «Академия естествознания». 2009. – 294 с.

87. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети [Текст] / В. В. Круглов [ и др. ]. – М.:Физматлит, 2001. – 224 с.

88. Федяев О. И. Нейросетевая модель процесса профессионального обучения молодых специалистов / О. И. Федяев // материалы V международной научно-технической конференции 19-21 февраля 2015 г. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 357 – 363.

89. Дьяконов В. П. Математические пакеты расширения MATLAB [Текст] / В.П. Дьяконов, Круглов В.В. – СПб.: Питер, 2001. – 268 с.

90. Потеев М. И. Практикум по методике обучения во вузах [Текст] / М. И. Потеев. – М.: Высшая школа, 1990. – 94 с.

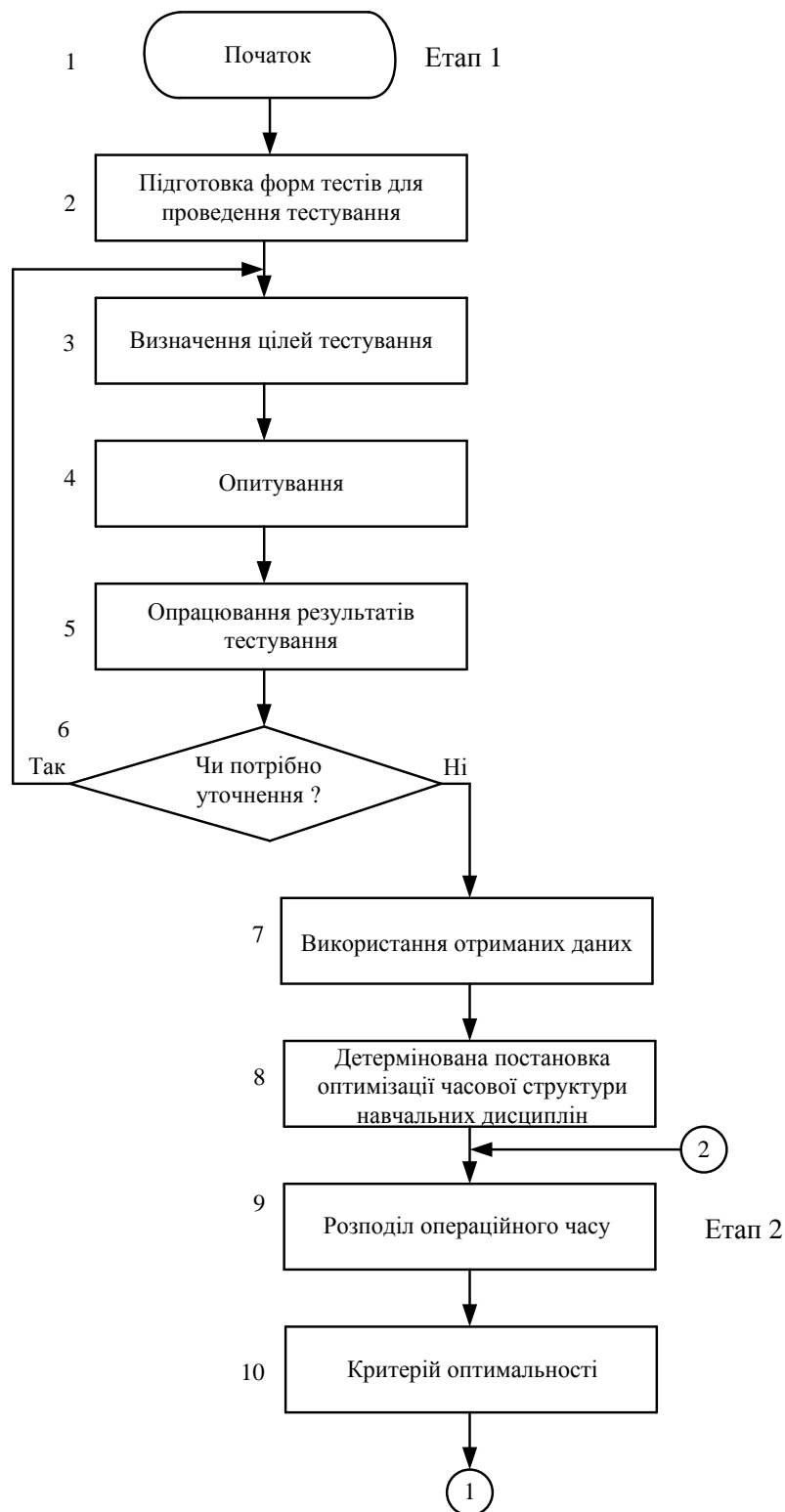
91. Плотнинский Ю. М. Математическое моделирование динамики социальных процессов [Текст] / Ю. М. Плотнинский. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 133 с.
92. Prohorenko I. Optimizing distribution operational time during the preparation of engineering aviation training [Text] / I. Prohorenko // Selected problems of air transport. – 2013. – №228. – P.22–27.
93. Роменцев В. А. Автоматизированная система проектирования содержания обучения по специальностям вузов [Текст] / В. А. Роменцев, И. Б. Моргунов, Т. В. Нерсетов. Учеб.-метод. Пособие. – М.: исследовательский центр проблем качества підготовки специалистов. 2004. – 148 С.
94. Найханова В. А. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процесом в условиях неопределенности [Текст] / В. А. Найханова, С. В. Дамбаева. Монография. – Улан-Удэ.: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 164 с.
95. Жулев В. И. Безопасность полетов летательных аппаратов [Текст] / В. И. Жулев, В. С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.
96. Овчаров В. Е. Человеческий фактор в авиационных происшествиях [Текст] / В. Е. Овчаров. – М.: МАК, 2005. – 80 с.
97. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті [Текст] / В. М. Казак. – К.: НАУ, 2010. – 284 с.
98. Касьянов В. О. Модель віртуального суб'єкта / В. О. Касьянов, Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Авіа-2009: ІХ міжнародна науково-технічна конференція, 21-23 вересня 2009 р.: тези доповіді. – К., 2009. – Т.ІІ. – С.1–4.
99. Kasyanov V. O. The elements of the subjective analysis, the possibility of the training process problems application / Kasyanov V. O. Prohorenko I. V. Pakhnenko V. V. Guz Y. T. // Proceedings the third world Congress “Aviation in the XXI Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, Kyiv, September 21-23, 2008, Vol. 2. Pp. 6.16 – 6.23.
100. Касьянов В. О. Використання ентропійного принципу оптимальності в оцінці теорії навчального процесу [Текст] / В. О. Касьянов, Ю. Т. Гуз, І. В. Прохоренко // Зб. наук. проблеми інформатизації та управління. – 2009. – № 2 (26). – С. 63–67

101. Sugeno M. Fuzzy Measure and Fuzzy Integral [Text] / M. Sugeno // Transaction of the Society of Instrument and Control Engineers. – 1972, – T.8, № 2. – P. 85 – 90.,
102. Sugeno M. Fuzzy Measure and Fuzzy Integral [Text] / M. Sugeno // Transaction of the Society of Instrument and Control Engineers. – 1975, – T.7, № 6. – P. 218 – 226.
103. Jaynes E.T. Information theory and statistical mechanics [Text] / E.T. Jaynes // Phys. Rev. – 1957.– T.1, №1. – P.171 – 190.
104. Jaynes E.T. On the Rationale of Maximum-Entropy Methods [Text] / E.T. Jaynes. – 1982. – 939 p.
105. Kasyanov V. O. Principle of the subjective entropy maximum and safety of active systems / Kasyanov V. O. Prohorenko I.V. Perzhynskaya T.V. // Proceedings the fourth world Congress “Aviation in the XXI Century”, “Safety in Aviation and Space Technologies”, Kyiv, September 21-23, 2010, Vol. 2. Pp. 71.17–71.20.
106. Гроот М. Оптимальные статистические решения [Текст] / М. Гроот. – М.: Мир, 1974. – 491с.

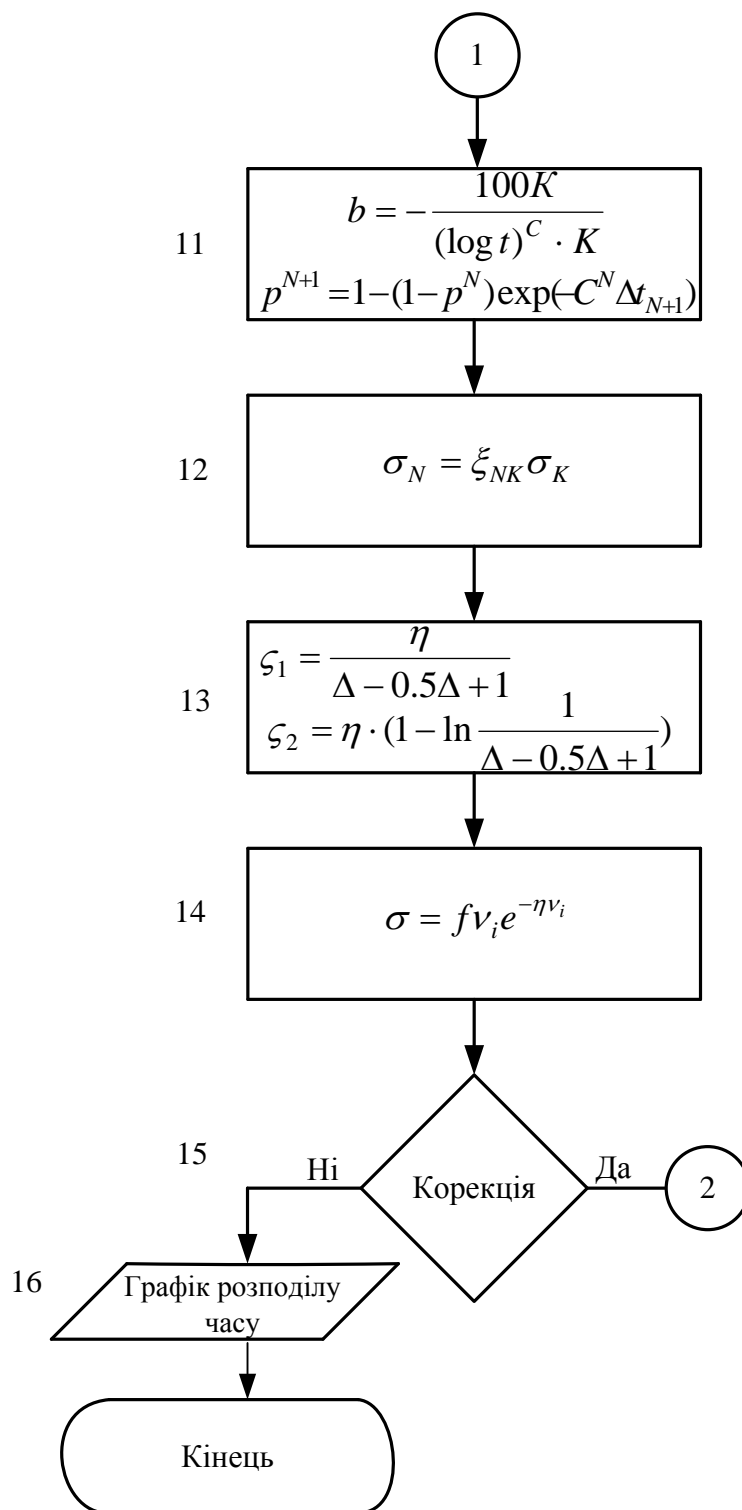
## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### А.1 Алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання







**А.2 Покрокове пояснення алгоритму автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання.**

Крок 1. Початок алгоритма.

Крок 2. Виконання процесу підготовки форм тесту.

Крок 3. Визначення рівня  $\eta$  – інтелектуальних здібностей суб'єктів.

Крок 4. Отримання результатів тестування.

Крок 5. Опрацювання отриманих даних за допомогою класичної теорії тестування.

Крок 6. Аналіз отриманих даних. Якщо так то виконується крок 7, якщо ні то здійснюється корекція.

Крок 7. Використання отриманих даних для детермінованих моделей засвоєння навчальної інформації.

Крок 8. Детермінована постановка оптимізації часової структури навчальної дисципліни «Автоматика та автоматизація на транспорті».

Крок 9. Розподіл операційного часу.

Крок 10. Застосування критерію оптимальності  $F(\Delta) = \frac{\Delta_1}{1 + \Delta_1} + \frac{\Delta_2}{1 + \Delta_2} \cdot \sigma_{1надл.}$ , для

визначення оптимального часу засвоєння навчальної інформації.

Крок 11. Застосування існуючих моделей засвоєння навчальної інформації.

Модель засвоєння навчальної інформації Еббінгауза  $-b = \frac{K}{\log t + C}$  та Растригіна –

$$p^{N+1} = 1 - (1 - p^N) \exp(-c^N \Delta t_{N+1}).$$

Крок 12. Розроблення на підставі моделей Еббінгауза та Растригіна більш простіших моделей засвоєння навчальної інформації для різних рівнів інтелектуальних здібностей суб'єктів. Дана модель має наступний вигляд:  $\sigma_N = \xi_{NK} \sigma_K$ , де:  $\sigma_K$  – ступінь володіння даним фрагментом навчальної інформації в момент часу;  $t_K, \xi_{NK}$  – коефіцієнти втрати інформації за час  $t_N - t_K$  за рахунок її забування.

Крок 13. Визначення необхідно часу для засвоєння навчальної інформації в залежності від рівня інтелектуальних здібностей суб'єктів за допомогою наступних моделей:

$$\xi_1 = \frac{\eta}{\Delta - 0.5\Delta + 1}$$

$$\xi_2 = \eta \cdot \left(1 - \ln \frac{1}{\Delta - 0.5\Delta + 1}\right);$$

$$\xi_3 = \frac{1}{\eta \cdot (\Delta - 0.5\Delta) + 1};$$

$$\xi_4 = 1 - \ln \frac{1}{\eta \cdot \Delta - 0.5\Delta + 1}.$$

Крок 14. Використання моделі  $\sigma(v) = \sigma_1 \cdot \frac{v}{v_1} \cdot e^{\frac{v_1 - v}{v_1}}$  для визначення оптимального

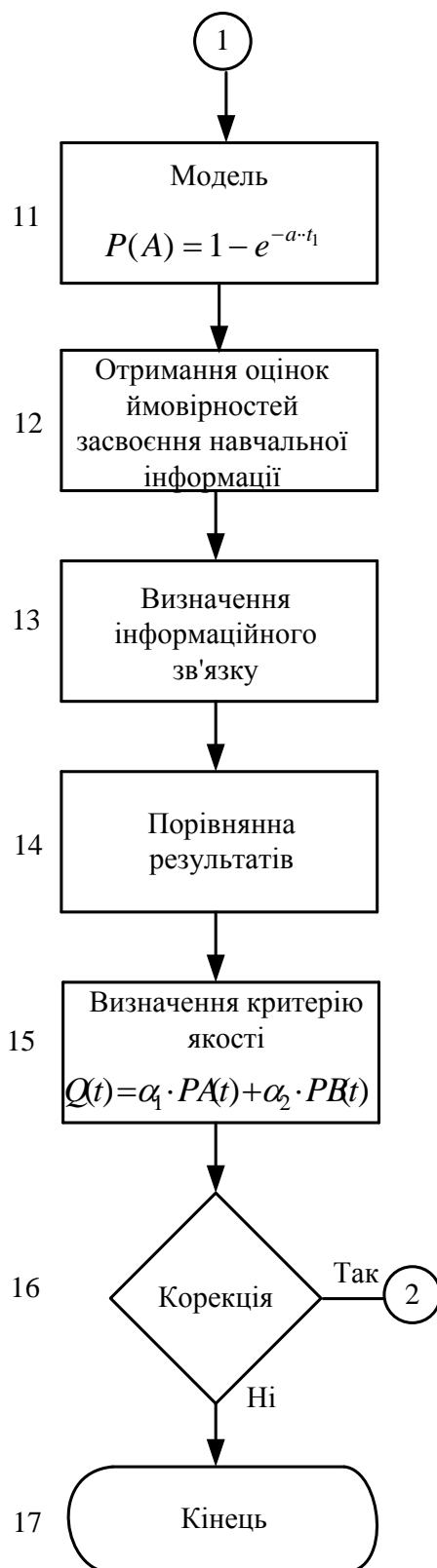
часу засвоєння навчальної інформації для різних рівнів інтелектуальних здібностей суб'єктів враховуючи швидкість її передачі .

Крок 15. Якщо потрібно то здійснюється корекція.

Крок 16 Закінчення алгоритму.

## ДОДАТОК В

**В.1 Алгоритм автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку блоків навчальних дисциплін**



## В.2 Покрокове пояснення алгоритму автоматизованого процесу керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційного зв'язку блоків навчальних дисциплін.

Крок 1. Початок алгоритма.

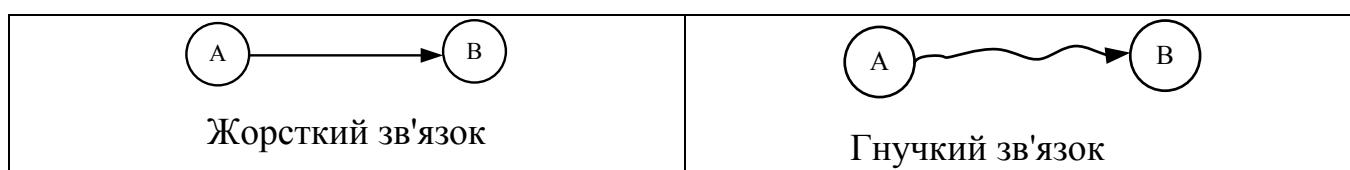
Крок 2. Аналіз навчального плану.

Крок 3. Визначення семестру.

Крок 4. Аналіз навчальних дисциплін.

Крок 5. Засвоєння навчальних модулів дисциплін.

Крок 6. Визначення виду зв'язку між модулями:



При жорсткому зв'язку (рис. 2.18 а) засвоєння порції інформації  $B$  не можливе без засвоєння порції інформації  $A$ . При гнучкому зв'язку порцію інформації  $B$  можна засвоювати без засвоєння порції інформації  $\bar{A}$ .

Крок 7. Планування структури розподілу навчального часу.

Крок 8. Опрацювання відомостей модульного контролю студентів 1-го курсу НАУ МЕФ з дисципліни «Автоматика та автоматизація на транспорті», яка складається з 2 модулів.

Крок 9. Визначення оцінок  $P(A)$  та  $P(B)$  ймовірностей засвоєння порцій навчальної інформації із статистичних даних, якими є відомості модульного контролю.

$$P(A) = \left(\frac{4,5}{N}\right), P(B) = \left(\frac{4,5}{N}\right) \text{ – для жорсткого зв'язку.}$$

$$P(\bar{A}) = \left(\frac{2,3}{N}\right), P(\bar{B}) = \left(\frac{2,3}{N}\right) \text{ – для гнучкого зв'язку.}$$

Крок 10. Проведення ідентифікації параметрів  $a, b_1, b_2$ , які характеризують складність порцій навчальної інформації.

$$\alpha = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{1}{\ln(1 - P(A))}\right), \quad b = \frac{1}{t} \cdot \left(\frac{1}{\ln(1 - P(B/A))}\right).$$

Крок 11. Визначення оцінок ймовірностей засвоєння порції інформації  $B$  при умові, що  $A$  вже засвоєно, становить скористаємося моделлю  $P(B/A) = 1 - e^{-b \cdot t_2}$ .

Крок 12. Отримання оцінок ймовірностей засвоєння навчальної інформації (табл. 2.1, п.2.7).

Крок 13. Визначення інформаційного зв'язку між модулями навчальних дисциплін.

Крок 14. Порівняльний аналіз оптимального часу розподілу навчальної дисципліни на модулі при жорсткому зв'язку та гнучкому зв'язку (табл.4.3,4.4, п.4.2) роботи.

Крок 15. Визначення критерію оцінки якості засвоєння інформації  $Q(t) = \alpha_1 \cdot PA(t) + \alpha_2 \cdot PB(t)$ , де:  $\alpha_1, \alpha_2 = 1$  – параметри, які характеризують цінність порції інформації;  $P(A), P(B)$  – оцінки ймовірності засвоєння інформації, взяті відповідно до оптимального часу засвоєння інформації.

Крок 16. Якщо потрібно то здійснюється корекція.


Крок 17. Закінчення алгоритму.

## ДОДАТОК Г

# Акт про впровадження у навчально-виховний процес результатів дисертаційної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної та методичної роботи  
Національного авіаційного університету  
Т.В.Іванова  
"25" 02 2016 р.



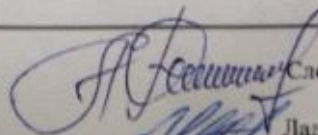
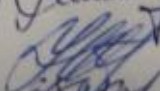
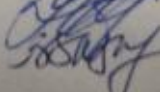
**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
**результатів науково-дослідної роботи Прохоренко І.В., в навчальний процес**  
**Національного авіаційного університету**

назва закладу

Ми, що нижче підписались, начальник навчального відділу Слободян О.П., декан механіко-енергетичного факультету Ладугубець Н.В., завідувач кафедри автоматизації та енергоменеджменту Захарченко В.П., склали цей акт про те, що результати наукових досліджень Прохоренко Ірини Володимирівни за темою "Автоматизоване керування процесом підготовки авіаційних кадрів на основі інтелектуальних методів" використовуються в навчальному процесі Національного авіаційного університету, механіко-енергетичного факультету, на кафедрі автоматизації та енергоменеджменту.

Найменування впровадженого результату	Ефект від впровадження
1. Структура та алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу для різних рівнів індивідуальних здібностей суб'єктів навчання. 2. Алгоритм автоматизованого керування розподілом операційного часу в залежності від інформаційних зв'язків між блоками інформації. 3. Нейроалгоритм побудиви двухкаскадної нейромоделі залежності залишкових знань суб'єктів навчання від їх індивідуальних здібностей.	1. Розроблена структура та алгоритм дозволяють визначити оптимальний час засвоєння інформації в залежності від рівня індивідуальних здібностей суб'єктів навчання, що сприяє підвищенню якості процесу підготовки інженерних кадрів. 2. Розроблений алгоритм надає можливість використовувати накопичену статистику в результаті Болонської системи навчання, та дозволяє визначити оптимальний час засвоєння навчальної інформації для двох видів інформаційного зв'язку між блоками інформації. 3. Розроблений нейроалгоритм двухкаскадної нейромоделі дозволяє з достатньо високою точністю прогнозувати рівень професійної підготовки фахівців в залежності від їх індивідуальних здібностей.

Начальник навчального відділу  
Декан механіко-енергетичного факультету  
Завідувач кафедри автоматизації та енергоменеджменту

 Слободян О.П.  
 Ладугубець Н.В.  
 Захарченко В.П.