

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ГРІБОВА В. В.**

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІЦНОСТІ  
ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У СИСТЕМІ ОЦІНКИ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РОЗВИТКУ  
ПІДПРИЄМСТВА**

Монографія

Одеса 2026

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних технологій.

Протокол № 1 від 28.08.2025 року.

**Рецензенти:**

**Вікулін І.В.** – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізико-математичних наук ДУІТЗ .

**Жигулін О.А.** – доктор економічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій МУ.

Грібова В.В. Математичне моделювання міцності тонкостінних елементів у системі оцінки ефективності та безпеки розвитку підприємства: Монографія. [Електронне видання]. Одеса, 2026. 251 с.

В монографії досліджується проблема оцінювання міцності та залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій, які широко застосовуються в енергетичному, машинобудівному, агропромисловому, транспортному та будівельному комплексах. Пошкодження таких елементів у вигляді тріщин, включень, корозійних дефектів та локальних деформацій призводить до суттєвого зниження експлуатаційної надійності обладнання, що, у свою чергу, безпосередньо впливає на економічні втрати підприємств, зростання аварійності та зниження конкурентоспроможності. У цих умовах особливої актуальності набуває розвиток математичного моделювання як інструменту інтеграції технічних і економічних аспектів управління підприємством.

## ЗМІСТ

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| АВТОРСЬКА ДОВІДКА .....                                                                  | 6  |
| ВСТУП .....                                                                              | 7  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ                                                   |    |
| ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА                                            | 11 |
| 1.1. Економічна сутність ефективності розвитку підприємства                              | 11 |
| 1.2. Технічна безпека як складова сталого розвитку виробничих систем                     | 13 |
| 1.3. Вплив технічного стану обладнання на економічні показники діяльності підприємства   | 16 |
| 1.4. Сучасні підходи до оцінювання надійності та залишкового ресурсу конструкцій         | 18 |
| 1.5. Роль математичного моделювання в управлінні виробничими ризиками                    | 21 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ МІЦНОСТІ ТА РУЙНУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ               |    |
| 2.1. Основні положення механіки руйнування тонкостінних конструкцій                      | 24 |
| 2.2. Математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів із дефектами        | 26 |
| 2.3. Крайові задачі для тонкостінних елементів з включеннями та тріщинами                | 32 |
| 2.4. Енергетичні критерії міцності та стійкості конструкцій                              | 38 |
| 2.5. Метод мінімізації енергетичної похибки в задачах механіки руйнування                | 47 |
| РОЗДІЛ 3. ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ДЕФЕКТАМИ   |    |
| 3.1. Чисельні методи розв'язання задач механіки руйнування                               | 51 |
| 3.2. Моделювання впливу дефектів на міцність і довговічність елементів                   | 54 |
| 3.3. Аналіз стійкості тонкостінних конструкцій за наявності локальних пошкоджень         | 56 |
| 3.4. Оцінювання залишкового ресурсу обладнання                                           | 58 |
| 3.5. Верифікація математичних моделей та аналіз результатів розрахунків                  | 61 |
| РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ |    |
| 4.1. Системи неперервного моніторингу структурної цілісності конструкцій                 | 64 |
| 4.2. Методи діагностики дефектів тонкостінних елементів                                  | 66 |
| 4.3. Інформаційно-аналітичні технології обробки діагностичних даних                      | 69 |
| 4.4. Прогнозування розвитку дефектів та ризиків відмов                                   | 71 |
| 4.5. Цифрові технології підтримки прийняття рішень щодо експлуатації                     |    |

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| обладнання                                                                                                                              | 95  |
| 4.6. Результативність управління конкурентоспроможністю суб'єктів бізнесу                                                               | 101 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ                                                                                    |     |
| ПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОСНОВНИХ                                                                                    |     |
| ЗАСОБІВ                                                                                                                                 | 105 |
| 5.1. Моделі оцінювання ефективності виробничих підприємств на основі показників надійності                                              | 106 |
| 5.2. Аналіз впливу технічного стану обладнання на економічні результати діяльності підприємства                                         | 107 |
| 5.3. Оптимізація інвестиційних програм оновлення основних засобів                                                                       | 110 |
| 5.4. Управління ризиками експлуатації обладнання на основі результатів діагностики                                                      | 111 |
| 5.5. Формування стратегії безпечного та ефективного розвитку підприємства ...                                                           | 113 |
| 5.6. Оптимізація логістичних систем як чинник підвищення конкурентоспроможності підприємств                                             | 115 |
| 5.7. Цифрові бізнес-моделі та результативність управління конкурентоспроможністю                                                        | 128 |
| 5.8. Концепція механізму оцінки та управління конкурентоспроможністю бізнесу                                                            | 131 |
| 5.9. Модель-піраміда механізму управління конкурентоспроможністю бізнесу                                                                | 135 |
| 5.10. Механізм оцінки й реалізації процесів управління відновленням і розвитком конкурентоспроможності підприємницьких структур бізнесу | 137 |
| 5.11. Особливості управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу з базовою конкурентною стратегією «висока якість»           | 161 |
| 5.12. Вплив на результативність управління конкурентоспроможністю                                                                       | 171 |
| 5.13. Управління конкурентоспроможністю підприємств бізнесу з конкурентною стратегією інноваційно-диференційованого розвитку            | 181 |
| РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНІ ГУРТКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ                                                                                         |     |
| САМООРГАНІЗАЦІЇ, САМОНАВЧАННЯ ТА ПУБЛІКАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ                                                                               |     |
| ЗАКЛАДУ ОСВІТИ В УМОВАХ КРИЗОВОЇ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ                                                                                         |     |
| СУСПІЛЬСТВА                                                                                                                             | 196 |
| 6.1. Проектування механізмів самоорганізації та самонавчання в антикризовому управлінні ІТ-компаніями.                                  | 198 |
| 6.2. Трансформація освітнього менеджменту в умовах інформатизації та кризових викликів.                                                 | 204 |
| 6.3. Організаційне навчання як фактор антикризового управління сучасним закладом освіти.                                                | 209 |

|                                                                                                                       |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6.4. Критеріально-діагностичний інструментарій оцінювання потенціалу<br>самонавчання закладу освіти.                  | 211     |
| 6.5. Функція гуртків у процесі самоорганізації закладу освіти                                                         | 215     |
| 6.6. Використання наукових профілів гуртка та його учасників для підвищення<br>цитованості результатів досліджень     | 219     |
| 6.7. Патенти, авторські свідоцтва та методичні розробки як результат діяльності<br>гуртка в умовах кризових викликів  | 220     |
| 6.8. Логіка публікаційної роботи наукового гуртка                                                                     | 222     |
| 6.9. Сфера та логіка публікаційної діяльності науково-дослідних гуртків як<br>інструмент самонавчання закладу освіти  | 224     |
| 6.10. Науково-дослідні гуртки в системі самоорганізації та самонавчання закладів<br>освіти                            | 225     |
| 6.11. Трансформація публікаційного простору науково-дослідних гуртків в умовах<br>кризової інформатизації суспільства | 227     |
| 6.12. Сфера публікаційної роботи науково-дослідних гуртків                                                            | 230     |
| <br>ВИСНОВКИ                                                                                                          | <br>234 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                                | 237     |

## АВТОРСЬКА ДОВІДКА



### **Грібова Вікторія Володимирівна**

Доцент кафедри Інформаційних технологій Міжнародного університету.

Кандидат фізико-математичних наук.

Кандидатська дисертація – 1994 р. на тему " Дослідження деформації пластин при наявності тонких включень і опор ".

Напрями наукових досліджень: Математичне моделювання процесів деформації пластин із тонкими включеннями. Чисельні методи аналізу міцності та стійкості технічних систем. Інформаційно-аналітичне забезпечення процесів управління ефективністю та безпекою розвитку підприємств. Самоорганізація та самонавчання організацій в умовах кризових викликів. Науково-дослідні гуртки як інструмент розвитку дослідницького потенціалу закладів освіти.

Автор більше 30 публікацій, з них: 5 авторських свідоцтв про право на твір, 6 навчально-методичних посібників, 10 статей, більше 10 тез доповідей та матеріалів міжнародних конференцій.

## ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності та безпеки функціонування сучасних виробничих систем в умовах зростання технічної складності обладнання, прискорення фізичного зносу основних засобів та посилення впливу виробничих ризиків на економічні результати діяльності підприємств. У сучасній економіці підприємство розглядається як складна динамічна система, стійкість якої визначається не лише фінансовими показниками, а й технічним станом матеріально-технічної бази, надійністю конструктивних елементів та здатністю до адаптації в умовах невизначеності.

Особливого значення набуває проблема оцінювання міцності та залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій, які широко застосовуються в енергетичному, машинобудівному, агропромисловому, транспортному та будівельному комплексах. Пошкодження таких елементів у вигляді тріщин, включень, корозійних дефектів та локальних деформацій призводить до суттєвого зниження експлуатаційної надійності обладнання, що, у свою чергу, безпосередньо впливає на економічні втрати підприємств, зростання аварійності та зниження конкурентоспроможності.

У цих умовах особливої актуальності набуває розвиток математичного моделювання як інструменту інтеграції технічних і економічних аспектів управління підприємством. Сучасні підходи до аналізу ефективності розвитку підприємства потребують врахування взаємозв'язку між фізичною деградацією виробничих систем, ризиками технічних відмов та фінансово-економічними результатами діяльності. Це обумовлює необхідність формування комплексних економіко-математичних моделей, які дозволяють кількісно оцінювати вплив технічного стану обладнання на стійкість розвитку підприємства.

У контексті цифрової трансформації економіки та розвитку індустрії значно розширюються можливості інформаційних технологій, моніторингу

технічного стану обладнання. Системи діагностики, прогнозування залишкового ресурсу та підтримки прийняття рішень стають невід'ємною складовою сучасного управління виробничими активами. Водночас виникає потреба у створенні єдиної методологічної основи, яка поєднує механіку руйнування, чисельні методи аналізу, інформаційні технології та економічне моделювання.

Додатковим чинником актуальності є необхідність підвищення рівня самоорганізації та самонавчання закладів освіти як ключових інституцій формування інноваційного потенціалу суспільства. Умови кризової інформатизації вимагають нових моделей освітнього менеджменту, розвитку науково-дослідних гуртків, посилення публікаційної активності та інтеграції результатів досліджень у практику управління як освітніми, так і виробничими системами. Таким чином, освітня складова дослідження виступає важливим елементом формування інноваційної екосистеми.

Зв'язок між технічною надійністю конструкцій і економічною ефективністю підприємства визначає міждисциплінарний характер роботи, яка об'єднує положення механіки руйнування, теорії надійності, математичного моделювання, економіки підприємства та інформаційних технологій.

**Метою дослідження** є розроблення теоретико-методологічних основ і математичних моделей оцінювання міцності тонкостінних елементів та їх інтеграція в систему аналізу ефективності й безпеки розвитку підприємства.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачається послідовне вирішення комплексу взаємопов'язаних наукових завдань, спрямованих на формування цілісної методології оцінювання ефективності та безпеки розвитку підприємства. Зокрема, здійснюється аналіз теоретичних підходів до оцінювання ефективності та безпеки розвитку підприємств з урахуванням сучасних вимог до стійкості економічних систем. Досліджуються сучасні концепції надійності та залишкового ресурсу конструкцій як основи технічної складової виробничої безпеки.



У межах роботи формуються математичні моделі напружено-деформованого стану тонкостінних елементів із наявними дефектами, що дозволяє враховувати реальні умови експлуатації виробничого обладнання. Розробляються чисельно-аналітичні методи оцінювання міцності та стійкості конструкцій, які забезпечують можливість кількісного аналізу процесів руйнування та деградації матеріалів.

Окрему увагу приділено обґрунтуванню підходів до моніторингу та діагностики технічного стану обладнання, що є важливою складовою системи управління виробничими ризиками. Запропоновано економіко-математичні моделі, які описують вплив технічного стану основних засобів на результати діяльності підприємства та дозволяють інтегрувати технічні параметри в систему економічного аналізу й прийняття управлінських рішень.

Крім того, досліджується роль науково-дослідних гуртків як інструменту самоорганізації та самонавчання закладів освіти в умовах кризової інформатизації суспільства, що забезпечує розвиток інноваційного потенціалу та підвищення ефективності трансферу наукових результатів у практичну діяльність.

**Об'єктом дослідження** є процеси функціонування та розвитку виробничих підприємств у взаємозв'язку з технічним станом їх основних засобів.

**Предметом дослідження** є математичні моделі міцності тонкостінних елементів, методи оцінювання їх надійності та економічні механізми врахування технічного стану обладнання в системі управління розвитком підприємства.

**Методи дослідження** базуються на положеннях механіки деформівного твердого тіла, теорії міцності та руйнування, математичного моделювання, чисельних методах розв'язання крайових задач, методах системного аналізу, економіко-математичного моделювання та інформаційних технологіях обробки даних.

**Наукова новизна** полягає у розробленні інтегрованого підходу до оцінювання ефективності розвитку підприємства, який поєднує моделі міцності

тонкостінних конструкцій із економічними показниками діяльності підприємства та дозволяє враховувати вплив дефектів і деградаційних процесів на стійкість його функціонування.

**Практичне значення** полягає у можливості використання розроблених моделей для прогнозування залишкового ресурсу обладнання, оптимізації інвестиційних рішень щодо оновлення основних засобів, зниження виробничих ризиків та підвищення економічної ефективності підприємств різних галузей.

Структура монографії включає шість розділів, у яких послідовно розкриваються теоретичні основи оцінювання ефективності та безпеки підприємства, математичні моделі міцності тонкостінних елементів, чисельно-аналітичні методи їх дослідження, інформаційні технології моніторингу технічного стану, економіко-математичні моделі розвитку підприємства, а також роль науково-дослідних гуртків у забезпеченні самоорганізації та самонавчання в умовах кризової інформатизації суспільства.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА**

У розділі розглянуто теоретичні основи оцінювання ефективності та безпеки розвитку підприємства як складної соціально-економічної та виробничої системи. Узагальнено підходи до трактування економічної ефективності, технічної безпеки та сталого розвитку підприємств в умовах сучасного ринкового середовища.

Особливу увагу приділено взаємозв'язку між економічними результатами діяльності підприємства та технічним станом його виробничих засобів. Показано, що надійність обладнання, рівень його зношеності та ризики відмов безпосередньо впливають на продуктивність, витрати виробництва та загальну конкурентоспроможність підприємства.

Проаналізовано роль технічної безпеки як невід'ємної складової сталого розвитку виробничих систем, що забезпечує мінімізацію аварійних ситуацій та підвищення стабільності функціонування підприємства. Розглянуто сучасні підходи до оцінювання надійності та залишкового ресурсу конструкцій, які є основою для прогнозування їх подальшої експлуатації.

Окремо висвітлено значення математичного моделювання у процесах управління виробничими ризиками та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Узагальнено, що інтеграція економічних, технічних та математичних підходів дозволяє формувати комплексну систему оцінювання ефективності та безпеки розвитку підприємства.

### **1.1. Економічна сутність ефективності розвитку підприємства**

Ефективність розвитку підприємства є однією з ключових економічних категорій, що характеризує рівень досягнення стратегічних цілей суб'єкта

господарювання за умови раціонального використання наявних ресурсів. У сучасних умовах функціонування економіки поняття ефективності розвитку набуває комплексного характеру та охоплює не лише фінансово-економічні результати діяльності підприємства, але й технічні, технологічні, інноваційні, екологічні та соціальні аспекти його функціонування.

Розвиток підприємства являє собою процес якісних і кількісних змін, спрямованих на забезпечення довгострокового зростання конкурентоспроможності, підвищення результативності виробничої діяльності та адаптацію до змін зовнішнього середовища. Ефективність розвитку відображає співвідношення між досягнутими результатами та витратами ресурсів, необхідних для реалізації відповідних заходів щодо модернізації виробництва, оновлення основних фондів, впровадження інноваційних технологій і підвищення рівня безпеки функціонування виробничих систем.

У науковій літературі [155 – 158] ефективність розвитку підприємства розглядається як інтегральна характеристика, що поєднує економічну, технічну та організаційну складові. Економічна складова визначається показниками прибутковості, рентабельності, продуктивності праці, фондівіддачі та фінансової стійкості. Технічна складова характеризує рівень надійності обладнання, ступінь його фізичного та морального зносу, ефективність використання виробничих потужностей та рівень технологічного розвитку підприємства. Організаційна складова відображає якість управлінських рішень, ефективність системи менеджменту та здатність підприємства адаптуватися до змін ринкового середовища.

Особливого значення в оцінюванні ефективності розвитку виробничих підприємств набуває технічний стан основних засобів, оскільки саме він значною мірою визначає надійність виробничих процесів, рівень безпеки експлуатації обладнання та величину виробничих ризиків. Наявність дефектів у конструктивних елементах технологічного обладнання може призводити до зниження його працездатності, зростання експлуатаційних витрат, збільшення кількості аварійних ситуацій та суттєвих економічних втрат. У зв'язку з цим

оцінювання ефективності розвитку підприємства повинно враховувати показники технічної надійності та залишкового ресурсу виробничих систем.

Важливим напрямом сучасних досліджень [142] є інтеграція економічних та технічних критеріїв оцінювання ефективності розвитку підприємства. Такий підхід передбачає використання математичних моделей, які дозволяють враховувати взаємозв'язок між технічним станом обладнання, ризиком виникнення відмов, витратами на ремонт і модернізацію та економічними результатами діяльності підприємства. Застосування методів математичного моделювання створює можливість прогнозування наслідків деградації конструкцій, визначення оптимальних строків оновлення основних засобів та обґрунтування інвестиційних рішень щодо розвитку виробництва.

У сучасних умовах цифровізації промисловості ефективність розвитку підприємства все частіше пов'язується із впровадженням систем моніторингу технічного стану обладнання, технологій прогнозової діагностики та концепцій управління життєвим циклом виробничих об'єктів. Використання інформаційних технологій дозволяє своєчасно виявляти дефекти, оцінювати рівень ризику руйнування конструкцій та формувати обґрунтовані управлінські рішення щодо забезпечення безпечної експлуатації обладнання.

Таким чином, економічна сутність ефективності розвитку підприємства полягає у забезпеченні стійкого зростання його економічних результатів на основі раціонального використання ресурсів, підвищення технічної надійності виробничих систем та впровадження інноваційних технологій управління. Комплексне врахування економічних і технічних факторів створює передумови для підвищення конкурентоспроможності підприємства, забезпечення його довгострокового розвитку та мінімізації ризиків, пов'язаних з експлуатацією складних технічних систем.

## **1.2. Технічна безпека як складова сталого розвитку виробничих систем**

У сучасних умовах функціонування промислових підприємств технічна безпека набуває особливого значення як один із ключових чинників забезпечення сталого розвитку виробничих систем. Під технічною безпекою розуміють стан виробничого обладнання, технологічних процесів та інженерної інфраструктури, за якого забезпечується їх надійне функціонування протягом заданого періоду часу без виникнення аварійних ситуацій, відмов, руйнувань або інших подій, що можуть призвести до економічних втрат, порушення виробничого циклу чи створення загрози для персоналу та навколишнього середовища.

Сталий розвиток виробничих систем передбачає досягнення балансу між економічною ефективністю, соціальною відповідальністю та екологічною безпекою. У цьому контексті технічна безпека виступає важливим інструментом забезпечення безперервності виробничих процесів, підтримання належного рівня продуктивності та зниження ризиків виникнення техногенних аварій. Від рівня надійності технічних систем безпосередньо залежить стабільність функціонування підприємства, його конкурентоспроможність та можливість реалізації довгострокових стратегічних цілей.

Особливого значення проблема технічної безпеки набуває для підприємств, які експлуатують складні технічні об'єкти та тонкостінні конструкції. Такі елементи широко використовуються в енергетичній, хімічній, транспортній, машинобудівній та нафтогазовій галузях. У процесі експлуатації вони зазнають впливу механічних навантажень, температурних коливань, корозійних процесів та інших факторів, що призводять до накопичення пошкоджень, виникнення дефектів і поступового зниження несучої здатності конструкцій.

Сучасні концепції управління виробничими системами [140] базуються на ризик-орієнтованому підході, відповідно до якого рішення щодо експлуатації, ремонту або модернізації обладнання приймаються на основі оцінювання

технічного стану об'єктів та прогнозування ймовірності їх відмови. Такий підхід дозволяє не лише підвищити рівень безпеки, а й забезпечити раціональне використання фінансових ресурсів підприємства. Важливим елементом реалізації ризик-орієнтованого управління є використання математичних моделей для аналізу напружено-деформованого стану конструкцій, оцінювання залишкового ресурсу та прогнозування процесів руйнування.

Технічна безпека має безпосередній вплив на економічні результати діяльності підприємства. Аварійні зупинки обладнання, незаплановані ремонти, втрата продукції та витрати на ліквідацію наслідків відмов призводять до суттєвого зниження ефективності виробництва. У багатьох випадках економічні збитки від техногенних аварій можуть значно перевищувати витрати на проведення профілактичних заходів, моніторинг технічного стану та впровадження сучасних систем діагностики.

Одним із перспективних напрямів забезпечення технічної безпеки є створення інтегрованих систем моніторингу технічного стану обладнання, які поєднують методи математичного моделювання, засоби неруйнівного контролю, цифрові технології збору даних та алгоритми інтелектуального аналізу інформації. Такі системи дозволяють своєчасно виявляти дефекти, прогнозувати розвиток пошкоджень і формувати рекомендації щодо подальшої експлуатації об'єктів.

Таким чином, технічна безпека є невід'ємною складовою сталого розвитку виробничих систем, оскільки забезпечує надійність функціонування обладнання, мінімізацію виробничих ризиків та підвищення економічної ефективності діяльності підприємства. Застосування сучасних методів математичного моделювання, механіки руйнування та інформаційних технологій створює наукове підґрунтя для підвищення рівня безпеки складних технічних систем і формування ефективної стратегії розвитку підприємства в умовах зростаючих вимог до надійності та конкурентоспроможності виробництва.

### **1.3. Вплив технічного стану обладнання на економічні показники діяльності підприємства**

Ефективність функціонування сучасного виробничого підприємства значною мірою залежить від технічного стану його основних засобів, зокрема технологічного обладнання, виробничих машин, механізмів і конструктивних елементів промислових систем. Надійність та працездатність обладнання безпосередньо впливають на обсяги виробництва, якість продукції, рівень виробничих витрат, конкурентоспроможність підприємства та його фінансові результати. У зв'язку з цим оцінювання технічного стану обладнання набуває особливого значення як складова системи управління ефективністю розвитку підприємства.

У процесі експлуатації обладнання зазнає впливу механічних навантажень, температурних коливань, корозійних процесів, втомного руйнування матеріалів та інших деструктивних факторів. Наслідком цього є поступове накопичення дефектів, зниження міцності конструкцій та збільшення ймовірності виникнення відмов. Поява тріщин, включень, корозійних пошкоджень або інших дефектів у тонкостінних елементах обладнання призводить до погіршення технічних характеристик і скорочення залишкового ресурсу конструкцій.

Незадовільний технічний стан виробничого обладнання спричиняє зростання експлуатаційних витрат підприємства. Передусім це пов'язано зі збільшенням витрат на технічне обслуговування та ремонтні роботи, необхідністю заміни окремих вузлів і агрегатів, а також зростанням витрат на енергетичні ресурси внаслідок зниження ефективності роботи обладнання. Крім того, виникнення аварійних ситуацій та позапланових простоїв призводить до недовиконання виробничих програм, порушення договірних зобов'язань перед замовниками та втрати частини прибутку.

Особливо вагомими є економічні наслідки відмов обладнання у галузях з безперервним виробничим циклом, де навіть короточасна зупинка



технологічного процесу може спричинити значні фінансові втрати. У таких випадках витрати підприємства формуються не лише за рахунок ремонту або заміни пошкодженого обладнання, але й через втрату виробничих потужностей, зниження продуктивності праці, погіршення якості продукції та збільшення ризику виникнення техногенних аварій.

Важливим економічним показником є коефіцієнт готовності обладнання, який характеризує частку часу його працездатного стану протягом певного періоду експлуатації. Зниження рівня готовності призводить до скорочення обсягів виробництва та погіршення фінансових результатів діяльності підприємства. Тому підвищення надійності обладнання розглядається як один із ключових резервів зростання економічної ефективності виробництва.

Сучасні підходи до управління виробничими активами передбачають перехід від планово-попереджувальних ремонтів до систем прогнозного обслуговування, які базуються на оцінюванні фактичного технічного стану обладнання. Такі системи використовують результати моніторингу, математичного моделювання та аналізу діагностичних параметрів для прогнозування моменту виникнення відмов і визначення оптимальних термінів проведення ремонтних робіт. Це дозволяє мінімізувати експлуатаційні витрати та підвищити ефективність використання основних виробничих фондів.

Особливе значення для оцінювання економічної ефективності мають методи математичного моделювання процесів деградації конструкцій[ ]. Використання моделей механіки руйнування дає можливість визначати критичні параметри дефектів, прогнозувати швидкість поширення тріщин і оцінювати залишковий ресурс обладнання. Отримані результати можуть бути використані під час прийняття управлінських рішень щодо ремонту, модернізації або заміни окремих елементів виробничих систем.

Таким чином, технічний стан обладнання є одним із визначальних чинників економічної ефективності діяльності підприємства. Своєчасне виявлення дефектів, оцінювання надійності конструкцій та прогнозування їх

залишкового ресурсу забезпечують зниження виробничих ризиків, підвищення рівня безпеки експлуатації та створюють передумови для сталого розвитку підприємства в умовах сучасної економіки. Математичне моделювання міцності та надійності тонкостінних елементів дозволяє обґрунтовано управляти процесами оновлення виробничих активів і підвищувати ефективність використання ресурсного потенціалу підприємства.

#### **1.4. Сучасні підходи до оцінювання надійності та залишкового ресурсу конструкцій**

Надійність технічних систем і конструкцій є однією з ключових характеристик, що визначає безпеку, ефективність та економічну доцільність їх експлуатації[161]. В умовах сучасного виробництва особливого значення набуває проблема оцінювання технічного стану конструкцій протягом усього життєвого циклу, оскільки від своєчасного виявлення дефектів і прогнозування залишкового ресурсу залежить рівень промислової безпеки, безперервність технологічних процесів та величина експлуатаційних витрат. Особливо актуальним це питання є для тонкостінних елементів машин, апаратів і споруд, які працюють під дією складних механічних, теплових та корозійних навантажень.

Під надійністю конструкції розуміють її здатність зберігати задані функціональні характеристики протягом визначеного часу за встановлених умов експлуатації. Основними складовими надійності є безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережуваність. Для кількісного оцінювання надійності використовуються показники ймовірності безвідмовної роботи, інтенсивності відмов, середнього напрацювання до відмови та коефіцієнта готовності системи.

Традиційні підходи до оцінювання надійності базуються на статистичному аналізі результатів експлуатації та випробувань технічних об'єктів. Такі методи дозволяють визначати закономірності виникнення відмов на основі накопичених

експериментальних даних та будувати ймовірнісні моделі деградації конструкцій. Найбільш поширеними є моделі експоненціального, нормального, логнормального та Вейбуллівського розподілів[133], які використовуються для прогнозування строків служби обладнання та оцінювання ризику відмов.

Однак статистичні методи не завжди забезпечують достатню точність прогнозування для унікальних або відповідальних конструкцій, особливо за наявності складних дефектів і обмеженої кількості експлуатаційних даних. У зв'язку з цим значного поширення набули методи механіки руйнування, які дозволяють досліджувати процеси зародження та розвитку дефектів безпосередньо на основі фізичних закономірностей деформування та руйнування матеріалів.

У межах механіки руйнування залишковий ресурс конструкції визначається як проміжок часу або кількість циклів навантаження до досягнення дефектом критичних розмірів, за яких подальша експлуатація стає небезпечною. Для розв'язання таких задач використовуються параметри напружено-деформованого стану, коефіцієнти інтенсивності напружень, енергетичні критерії руйнування та інші характеристики, що дозволяють оцінювати умови поширення тріщин і втрати несучої здатності елементів конструкцій.

Важливим напрямом сучасних досліджень є застосування чисельних методів моделювання[26,27]. Найбільшого поширення набув метод скінченних елементів, який забезпечує можливість детального аналізу напружено-деформованого стану конструкцій складної геометрії з урахуванням різноманітних дефектів, неоднорідностей матеріалу та реальних умов навантаження. Використання чисельного моделювання дозволяє отримувати інформацію про локальні концентрації напружень, визначати критичні ділянки конструкцій та прогнозувати їх поведінку в процесі експлуатації.

Перспективним напрямом є також використання енергетичних методів механіки руйнування[28]. В основу цих підходів покладено аналіз енергетичного стану конструкції та оцінювання зміни потенціальної енергії

деформації внаслідок розвитку дефектів. Енергетичні критерії дозволяють ефективно досліджувати тонкостінні елементи з тріщинами, включеннями та іншими концентраторами напружень, що особливо важливо для складних інженерних систем.

Сучасний розвиток інформаційних технологій сприяв активному впровадженню систем структурного моніторингу технічного стану конструкцій. Такі системи забезпечують безперервне спостереження за параметрами функціонування об'єкта за допомогою датчиків, вимірювальних комплексів та засобів передачі даних. Отримана інформація використовується для оцінювання поточного технічного стану конструкції, виявлення ознак деградації та прогнозування залишкового ресурсу в режимі реального часу.

Останніми роками значного розвитку набули методи штучного інтелекту та машинного навчання для оцінювання надійності технічних систем[113]. Нейронні мережі, алгоритми кластеризації, дерева рішень та інші інтелектуальні методи дозволяють аналізувати великі обсяги експлуатаційних даних, виявляти приховані закономірності розвитку дефектів та прогнозувати ймовірність виникнення відмов. Поєднання таких методів із класичними моделями механіки руйнування створює передумови для побудови інтелектуальних систем прогнозування технічного стану обладнання.

Таким чином, сучасні підходи до оцінювання надійності та залишкового ресурсу конструкцій базуються на комплексному використанні статистичних методів, механіки руйнування, чисельного моделювання, технологій структурного моніторингу та інструментів штучного інтелекту. Інтеграція цих підходів забезпечує підвищення точності прогнозування технічного стану конструкцій, своєчасне виявлення небезпечних дефектів та прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшої експлуатації, ремонту або модернізації обладнання. Це сприяє підвищенню рівня безпеки виробничих систем, зниженню експлуатаційних витрат та забезпеченню сталого розвитку підприємств.

## **1.5. Роль математичного моделювання в управлінні виробничими ризиками**

В умовах сучасного промислового виробництва управління виробничими ризиками є одним із ключових напрямів забезпечення безпеки, надійності та ефективності функціонування підприємств. Зростання складності технічних систем, підвищення вимог до якості продукції, необхідність мінімізації витрат і забезпечення безперервності виробничих процесів зумовлюють потребу у використанні науково обґрунтованих методів аналізу та прогнозування можливих небезпек. Одним із найбільш ефективних інструментів дослідження ризиків є математичне моделювання [161], яке дозволяє формалізувати складні виробничі процеси, оцінювати вплив різних факторів на стан технічних систем та прогнозувати наслідки реалізації потенційних загроз.

Виробничий ризик являє собою ймовірність виникнення небажаних подій, що можуть призвести до порушення функціонування обладнання, зниження продуктивності праці, погіршення якості продукції, виникнення аварійних ситуацій або економічних втрат. Основними джерелами ризиків є технічні відмови обладнання, дефекти конструкцій, помилки персоналу, несприятливі умови експлуатації та зовнішні впливи. Для ефективного управління такими ризиками необхідно не лише виявляти потенційно небезпечні фактори, а й оцінювати ймовірність їх виникнення та можливі наслідки.

Математичне моделювання забезпечує можливість кількісного аналізу виробничих ризиків шляхом побудови формалізованих моделей функціонування технічних систем. На відміну від традиційних експериментальних досліджень, математичні моделі дозволяють досліджувати широкий спектр сценаріїв розвитку подій без необхідності проведення дорогих і тривалих натурних випробувань. Це особливо важливо для складних виробничих об'єктів, де

експериментальна перевірка аварійних режимів є практично неможливою або економічно недоцільною.

Одним із найважливіших напрямів математичного моделювання є оцінювання надійності технічних систем. Для цього використовуються ймовірнісні моделі, які дозволяють визначати характеристики безвідмовності обладнання, прогнозувати терміни його експлуатації та оцінювати ризик виникнення відмов. Застосування статистичних методів дає можливість аналізувати накопичені експлуатаційні дані та виявляти закономірності деградації конструкцій у процесі їх функціонування.

Особливе значення для управління виробничими ризиками мають моделі механіки руйнування, які дозволяють досліджувати поведінку конструкцій за наявності тріщин, включень та інших дефектів. Використання таких моделей забезпечує можливість визначення критичних параметрів пошкоджень, оцінювання залишкового ресурсу обладнання та прогнозування моменту досягнення небезпечного стану. Це створює передумови для своєчасного проведення ремонтних або профілактичних заходів і зменшення ймовірності аварійних ситуацій.

Важливу роль у сучасних системах управління ризиками відіграють чисельні методи математичного моделювання[28]. Зокрема, метод скінченних елементів дозволяє виконувати детальний аналіз напружено-деформованого стану конструкцій складної геометрії, враховувати особливості навантаження та визначати найбільш небезпечні ділянки, де можуть виникати дефекти або руйнування. Результати таких розрахунків використовуються для оптимізації конструктивних рішень і підвищення надійності технічних систем.

У сучасних умовах дедалі більшого поширення набувають методи цифрового моделювання та створення цифрових двійників виробничих об'єктів. Цифровий двійник являє собою математичну модель реального об'єкта, яка постійно оновлюється на основі даних моніторингу та дозволяє в режимі реального часу оцінювати технічний стан обладнання, прогнозувати можливі

відмови та аналізувати наслідки різних сценаріїв експлуатації. Використання таких технологій значно підвищує ефективність управління виробничими ризиками та сприяє переходу до концепції прогнозного обслуговування.

Перспективним напрямом розвитку математичного моделювання є інтеграція класичних методів із технологіями штучного інтелекту та машинного навчання[113]. Інтелектуальні алгоритми дозволяють аналізувати великі обсяги виробничих даних, виявляти приховані закономірності функціонування обладнання та формувати прогнози щодо його подальшого технічного стану. Поєднання математичних моделей із засобами інтелектуального аналізу даних забезпечує підвищення точності оцінювання ризиків і ефективності прийняття управлінських рішень.

Особливого значення математичне моделювання набуває під час управління ризиками, пов'язаними з експлуатацією тонкостінних конструкцій. Такі елементи широко використовуються в енергетичному, транспортному, хімічному та машинобудівному обладнанні, а їх руйнування може спричинити значні економічні збитки та загрозу для безпеки персоналу. Використання моделей механіки руйнування, методів оцінювання залишкового ресурсу та чисельно-аналітичних підходів дозволяє своєчасно виявляти небезпечні дефекти та обґрунтовувати рішення щодо модернізації або заміни конструктивних елементів.

Таким чином, математичне моделювання є важливим інструментом управління виробничими ризиками, що забезпечує можливість комплексного аналізу технічного стану обладнання, прогнозування розвитку дефектів, оцінювання надійності та підтримки процесів прийняття управлінських рішень. Використання сучасних математичних моделей сприяє підвищенню рівня промислової безпеки, зниженню експлуатаційних витрат, оптимізації інвестицій у технічне переоснащення підприємств та забезпеченню їх сталого розвитку в довгостроковій перспективі.

## **РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ МІЦНОСТІ ТА РУЙНУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

У розділі подано узагальнення математичних моделей, що описують процеси міцності та руйнування тонкостінних елементів у складі інженерних конструкцій. Розглянуто базові положення механіки руйнування, які дозволяють враховувати розвиток дефектів матеріалу та їх вплив на несучу здатність елементів.

Висвітлено підходи до моделювання напружено-деформованого стану конструкцій із наявними дефектами, що забезпечує можливість оцінювання критичних режимів їх роботи та прогнозування моменту втрати стійкості. Особливу увагу приділено аналізу впливу локальних пошкоджень на міцність і довговічність тонкостінних елементів.

Узагальнено, що математичні моделі є важливим інструментом для кількісного опису процесів деградації конструкцій та формують теоретичну основу для подальшого застосування чисельно-аналітичних методів оцінювання їх надійності та безпеки експлуатації.

### **2.1. Основні положення механіки руйнування тонкостінних конструкцій**

Широке використання конструкцій у вигляді пластин і оболонок у машинобудуванні, суднобудуванні, приладобудуванні та інших галузях народного господарства робить актуальними дослідження міцності та жорсткості елементів цих конструкцій. Наявність у конструкціях підкріплювальних стрижнів, опор, прямолінійних дефектів типу тріщин і включень або інших неоднорідностей значно ускладнює їх розрахунок, оскільки перелічені елементи є концентраторами напружень. Таким чином, актуальним є



також створення нових і вдосконалення наявних методів дослідження концентрації напружень у пружних тілах.

Сучасна механіка деформівного твердого тіла має широкий набір математичних моделей для опису згину оболонок і пластин[135]. Серед різних моделей контакту пластини з ребром жорсткості найпростішою є модель, у якій припускається, що ребро жорсткості не має товщини, а контакт здійснюється вздовж лінії. Контакт по розіркненій лінії також має місце у випадку наявності лінійної опори або коли на пластину тисне гостролінійний штамп. Усі перелічені випадки (ребро жорсткості, опора, гостролінійний штамп) математично еквівалентні, тому надалі, для стислості, будемо говорити про наявність у пластині лінійного (одновимірного) включення, що моделюється лінією, при переході через яку можуть зазнавати розриву основні фізичні величини: прогини, кути повороту, згинальні моменти, узагальнені перерізувальні сили.

Математична формулювання перелічених випадків приводить до змішаних задач теорії пластин і оболонок, які можуть розглядатися як змішані задачі двовимірної теорії пружності.

Найбільш вагомий внесок у розробку теорії та методів розв'язання змішаних задач належить В.М. Александрову, Ю.П. Артюжину, В.Х. Арутюняну, Р.Д. Банцурі, Н.М. Бородачову, І.І. Воровичу, Л.А. Галіну, Д.В. Грилицькому, Е.І. Григолюку, Г.С. Киту, А.С. Космодаміанському, М.Д. Мартиненку, В.І. Моссаковському, Н.І. Кусхелішвілі, О.В. Онищуку, В.А. Осадчуку, В.В. Панасюку, Я.С. Підстригачу, Г.Я. Попову, І.А. Прусову, М.П. Савруку, В.М. Толкачову, А.Ф. Улітку, Я.С. Уфлянду, М.А. Фільштинському, М.В. Хаву, А.А. Храпкову, Г.П. Черепанову, Г.Н. Чернишову, В.П. Шевченку та багатьом іншим.

Під час реалізації задач на ЕОМ виникає необхідність у великих обсягах обчислень. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми полягає в розпаралелюванні алгоритмів і застосуванні багатопроцесорних ЕОМ. Значний внесок у розв'язання цієї проблеми зробили Б.А. Бабаян, Б.А. Головнін, С.М.

Змішані задачі теорії оболонок і пластин, підкріплених на внутрішніх розімкнених кривих або на частинах межі ребрами жорсткості, були виділені останніми роками в новий науковий напрям теорії контактних задач. Цей науковий напрям ґрунтується на новому методі розв'язання задач, який полягає у зведенні їх до інтегральних рівнянь в класі функцій з неінтегрованими особливостями з притягненням апарату регуляризації розбіжних інтегралів.

## **2.2. Математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів із дефектами**

Математичне моделювання напружено-деформованого стану є одним із ключових інструментів дослідження міцності, стійкості та довговічності тонкостінних конструкцій. Для елементів, що містять дефекти у вигляді тріщин, включень, порожнин або локальних пошкоджень, побудова адекватних математичних моделей має вирішальне значення для оцінювання їх працездатності та прогнозування процесів руйнування. Особливу актуальність такі задачі мають для промислового обладнання, трубопроводів, резервуарів, оболонок та інших тонкостінних конструкцій, які експлуатуються в умовах складного напруженого стану.

Основою математичного моделювання є рівняння теорії пружності, що описують взаємозв'язок між зовнішніми навантаженнями, переміщеннями, деформаціями та напруженнями в конструкції. Для ізотропного пружного матеріалу система рівнянь рівноваги в декартовій системі координат має вигляд:

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} + X = 0,$$

$$\frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} + Y = 0,$$

$$\frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + Z = 0,$$

де  $\sigma_{i,j}$  – компоненти тензора напружень, а  $X, Y, Z$  – об’ємні сили.

Дефекти в конструкції призводять до локального порушення однорідності поля напружень та виникнення їх концентрації. Для опису деформацій використовується тензор деформацій:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right),$$

де  $u_i$  – компоненти вектора переміщень.

Зв’язок між напруженнями та деформаціями визначається законом Гука:

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \varepsilon_{kk} + 2G \varepsilon_{ij},$$

де  $\lambda$  і  $G$  – параметри Ламе.

Для тонкостінних елементів із тріщинами особливе значення має аналіз поведінки матеріалу поблизу вершини дефекту. У лінійній механіці руйнування напруження в околі вершини тріщини визначаються співвідношенням:

$$\sigma_{ij}(r, \theta) = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta),$$

де  $K_I$  – коефіцієнт інтенсивності напружень першого режиму навантаження,  $r$  – відстань від вершини тріщини,  $\theta$  – полярний кут, а  $f_{ij}(\theta)$  – функції розподілу напружень.

Наявність включень або неоднорідностей матеріалу змінює розподіл напружень у конструкції. Для моделювання таких систем використовуються задачі взаємодії дефектів, у межах яких визначаються поля напружень та деформацій з урахуванням геометрії, розташування та механічних властивостей

включень. Аналітичні розв'язки можливі лише для обмеженого класу задач, тому в більшості практичних випадків застосовуються чисельні методи.

Найбільш поширеним чисельним методом є метод скінченних елементів[27], який дозволяє дискретизувати конструкцію на окремі елементи та розв'язати систему алгебраїчних рівнянь:

$$[K](u) = (F),$$

де  $[K]$  – матриця жорсткості системи,  $(u)$  – вектор вузлових переміщень, а  $(F)$  – вектор зовнішніх навантажень.

Для оцінювання міцності конструкцій із дефектами широкр застосовуються енергетичні критерії. Швидкість вивільнення енергії під час поширення тріщини визначається як:

$$G = -\frac{d\Pi}{da}$$

де  $\Pi$  – потенціальна енергія системи, а  $a$  – довжина тріщини.

У роботі особлива увага приділяється тонкостінним елементам зі складними дефектами, для яких пропонується використання комбінованих чисельно-аналітичних підходів та енергетичних методів механіки руйнування. Такий підхід дозволяє враховувати реальні умови навантаження, складну геометрію конструкцій та взаємодію декількох дефектів одночасно.

Таким чином, математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів із дефектами створює наукове підґрунтя для оцінювання міцності, надійності та залишкового ресурсу тонкостінних конструкцій, а також забезпечує можливість обґрунтованого прийняття рішень щодо їх подальшої експлуатації, ремонту або модернізації.

У розділі розглянуто математичні моделі міцності та руйнування тонкостінних елементів, що застосовуються для опису їх поведінки під дією зовнішніх навантажень та наявності дефектів[136]. Основну увагу приділено положенням механіки руйнування, які дозволяють враховувати процеси зародження та розвитку тріщин у конструкційних матеріалах.

Досліджено підходи до математичного моделювання напружено-деформованого стану елементів із дефектами, що забезпечує можливість більш точного прогнозування критичних режимів роботи конструкцій. Розглянуто вплив локальних пошкоджень на загальну міцність і довговічність елементів, а також умови переходу системи до граничного стану руйнування.

Узагальнено, що використання математичних моделей дозволяє підвищити обґрунтованість оцінювання надійності тонкостінних конструкцій та створює теоретичну основу для подальшого застосування чисельних методів і інженерних розрахунків у задачах забезпечення безпеки експлуатації.

Механіка руйнування є одним із фундаментальних напрямів сучасної механіки деформівного твердого тіла, який досліджує закономірності виникнення, розвитку та поширення дефектів у конструкційних елементах під дією зовнішніх навантажень. Основною метою механіки руйнування є оцінювання міцності конструкцій, визначення умов втрати їх працездатності та прогнозування залишкового ресурсу в процесі експлуатації. Особливого значення ці завдання набувають для тонкостінних конструкцій, які широко застосовуються в машинобудуванні, авіаційній та космічній техніці, енергетиці, транспортних системах і промисловому обладнанні.

Тонкостінними вважають конструкції, товщина яких значно менша порівняно з іншими геометричними розмірами. До таких елементів належать пластини, оболонки, резервуари, трубопроводи, корпуси машин і апаратів. Характерною особливістю тонкостінних конструкцій є підвищена чутливість до локальних дефектів, зокрема тріщин, включень, корозійних пошкоджень,

порожнин та інших концентраторів напружень. Навіть незначні дефекти можуть істотно впливати на напружено-деформований стан конструкції та спричиняти її передчасне руйнування.

Основним об'єктом дослідження механіки руйнування є тріщина як найбільш небезпечний вид дефекту. Наявність тріщини призводить до локального перерозподілу напружень та виникнення їх концентрації поблизу вершини дефекту. У класичній лінійній механіці руйнування поведінка матеріалу поблизу вершини тріщини описується за допомогою коефіцієнтів інтенсивності напружень, які характеризують рівень концентрації напружень у критичній зоні. Якщо значення коефіцієнта інтенсивності напружень досягає критичного рівня, відбувається нестійке поширення тріщини та руйнування конструкції.

Для оцінювання умов руйнування використовуються три основні режими навантаження тріщини. Перший режим характеризується розкриттям берегів тріщини під дією нормальних розтягувальних напружень. Другий режим пов'язаний зі зсувом берегів тріщини в площині її розташування, а третій – із позаплощинним зсувом. У реальних конструкціях найчастіше спостерігається комбінована дія кількох режимів навантаження, що ускладнює аналіз процесів руйнування та потребує застосування комплексних математичних моделей.

Важливе місце в механіці руйнування займають енергетичні підходи[133], відповідно до яких розвиток тріщини розглядається як процес перетворення енергії системи. Згідно з енергетичним критерієм руйнування, поширення тріщини відбувається тоді, коли швидкість вивільнення потенціальної енергії деформації досягає критичного значення, необхідного для утворення нової поверхні руйнування. Енергетичні методи є особливо ефективними під час аналізу складних тонкостінних конструкцій із дефектами довільної форми та конфігурації.

Для опису процесів руйнування широко використовуються параметри тріщиностійкості матеріалів. Одним із найважливіших показників є критичний

коефіцієнт інтенсивності напружень, який характеризує здатність матеріалу чинити опір поширенню тріщин. Чим вищим є значення цього параметра, тим більшою є тріщиностійкість конструкційного матеріалу та його здатність працювати в умовах наявності дефектів.

Особливу роль у дослідженні тонкостінних конструкцій відіграють математичні моделі, що дозволяють враховувати вплив геометричних особливостей, умов навантаження та характеристик матеріалу на процеси деформування і руйнування. Аналітичні методи забезпечують можливість отримання точних розв'язків для окремих класів задач, однак у більшості практичних випадків застосовуються чисельні методи, зокрема метод скінченних елементів, граничних елементів та варіаційні підходи.

Значний інтерес становлять задачі механіки руйнування для тонкостінних елементів із включеннями та неоднорідностями матеріалу. Наявність включень змінює розподіл напружень у конструкції та може як підвищувати, так і знижувати її міцність залежно від механічних властивостей матеріалів, форми та розташування включень. Аналіз таких систем потребує використання спеціальних математичних моделей, які враховують взаємодію дефектів між собою та їх вплив на загальний напружено-деформований стан конструкції.

Сучасний розвиток механіки руйнування пов'язаний із широким застосуванням комп'ютерного моделювання, цифрових технологій моніторингу технічного стану та методів штучного інтелекту для прогнозування розвитку дефектів. Поєднання теоретичних положень механіки руйнування з чисельними методами аналізу та сучасними інформаційними технологіями створює основу для розроблення ефективних систем оцінювання надійності та залишкового ресурсу тонкостінних конструкцій.

Таким чином, механіка руйнування забезпечує наукове підґрунтя для дослідження процесів виникнення та розвитку дефектів у тонкостінних елементах, дозволяє оцінювати їх міцність і довговічність та формує основу для побудови математичних моделей, спрямованих на підвищення безпеки та

ефективності експлуатації технічних систем. Саме ці положення є базою для подальшого розгляду математичних моделей міцності тонкостінних конструкцій із тріщинами та включеннями.

### 2.3. Крайові задачі для тонкостінних елементів з включеннями та тріщинами

Розглядається задача про вигин пластини з тонким лінійним включенням. Відомо, що наявність в конструкціях підкріплюючих стержнів, опор, прямолінійних дефектів типу тріщини і включень значно ускладнює їх розрахунок, так як перераховані елементи в конструкціях є концентраторами напружень. Традиційним методом рішення таких задач є метод, заснований на зведенні задач до інтегральних рівнянь відносно контактних зусиль. Відомі дослідження в цьому напрямку.

Мета даної роботи є подальша розробка і деталізація методів рішення задач вигину пластин з лінійними включеннями, де рішення задач відбувається у вигляді лінійної комбінації бігармонійних функцій, які враховують наявність включення для кінцевої пластини.

Розглянемо прямокутну шарнірно-оперту пластину ( $|x| < a, |y| < b$ ), всередині якої на відрізку  $y = 0, |y| \leq c$  присутнє тонке жорстке включення. Враховуючи, що поза включенням на пластину не діє розподілене навантаження, приходимо до однорідного бігармонійного рівняння відносно прогинів пластини:

$$\Delta^2 \omega(x, y) = 0, \quad |x| < a, \quad |y| < b \text{ окрім } y = 0, |x| < c, \quad (1)$$

де  $\omega(x, y)$  – прогини пластини.

Включення переміщується вертикально під дією прикладеного до нього навантаження  $P$ . В математичній постановці включення можна розглядати як розріз з межами  $y = \pm 0, |x| \leq c$ . На межі розрізу виконуються умови:

$$\omega(x, \pm 0) = W_0 \quad |x| \leq c, \quad (2)$$



$$\omega'_y(x, \pm 0) = 0 \quad |x| \leq c, \quad (3)$$

На сторонах пластины задані умови шарнірного спираання:

$$\omega(\pm a, y) = M_x(\pm a, y) = 0, \quad |y| \leq b, \quad (4)$$

$$\omega(x, \pm b) = M_y(x, \pm b) = 0, \quad |x| \leq a. \quad (5)$$

Потрібно знайти розподіл прогинів, згинальних моментів, узагальнених перериваючих сил.

З урахуванням парності задачі по  $x$  і  $y$  наближене представлення прогину  $\omega_N(x, y)$  можна записати у вигляді (6)

$$\omega_N(x, y) = \omega_\Psi(x, y) + \omega_\chi(x, y) + \omega_0(x, y), \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{де } \omega_\Psi(x, y) = & \psi_0 \operatorname{Re} \left\{ \left( z\bar{z} + \frac{1}{2} \right) \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) - \frac{3}{2} z (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} + 2iy (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right\} + \\ & + \psi_1 \operatorname{Re} \left\{ \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) - z (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} + 2iy (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right\} + \\ & + \sum_{n=2}^N \psi_n \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2(2n-2)} (z^2 - 1)^{\frac{3}{2}} P_{2n-3}^{\frac{3}{2}, \frac{3}{2}}(z) - iy (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} P_{2n-2}^{\frac{1}{2}, \frac{1}{2}}(z) \right\}; \\ \omega_\chi(x, y) = & \chi_0 \operatorname{Re} \left\{ -(1+\nu) \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) - z (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} + (1+\nu) 2iy (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right\} + \\ & + \sum_{n=2}^N \chi_n \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{4n} (1+\nu) (z^2 - 1)^{\frac{3}{2}} P_{2n-1}^{\frac{3}{2}, \frac{3}{2}}(z) + (1-\nu) iy (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} P_{2n}^{\frac{1}{2}, \frac{1}{2}}(z) \right\}; \\ \omega_0(x, y) = & \sum_{n=0}^N \left( a_n \operatorname{Re}(z^{2n}) + b_n \operatorname{Re}(\bar{z} z^{2n+1}) \right); \\ z = & x + iy \end{aligned}$$

Після заміни багаточленів Якобі  $P_n^{\frac{1}{2}, \frac{1}{2}}(z)$ ,  $P_n^{\frac{3}{2}, \frac{3}{2}}(z)$  багаточленами тих же ступенів від  $z$ , отримуємо представлення прогину

$$\omega(x, y) = \sum_{n=0}^N a_n u_n(x, y); \quad (7)$$

$$\text{де } u_0(x, y) = \operatorname{Re} \left( \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) - z (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right);$$

$$u_1(x, y) = \operatorname{Re} \left( \left( z\bar{z} - 1 \right) \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) \right);$$

$$u_{4n-2}(x, y) = \operatorname{Re} \left( z^{2n-1} (z^2 - 1)^{\frac{3}{2}} \right), \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n-1}(x, y) = \operatorname{Re} \left( 2iyz^{2n-2} (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right), \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n}(x, y) = \operatorname{Re} z^{2n-2}, \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n+1}(x, y) = \operatorname{Re} \bar{z} z^{2n-1}, \quad n = \overline{1, N}.$$

Невідомі постійні коефіцієнти  $\psi_n, \chi_n, a_n, b_n$  ( $n = \overline{0, N}$ ) шукаються методом граничної колокації – наближеним методом розв’язку диференціальних рівнянь, який полягає в зведенні рішення до системи алгебраїчних рівнянь. Для знаходження невідомих постійних коефіцієнтів використовуються граничні умови, які задовольняються не на всьому контурі, а в особливих, попередньо заданих точках колокації.

Функція (6) задовольняє рівнянню (1) при будь-яких значеннях  $4(N+1)$  коефіцієнтів  $\psi_n, \chi_n, a_n, b_n$  ( $n = \overline{0, N}$ ). Легко перевірити, що функція (6) задовольняє умові (3) тотожно. В зв’язку з цим можливі два підходи до рішення задачі (1)... (5):

– шукати наближене представлення прогину у вигляді (6), тоді умова (3) задовольняється тотожно, а умови (2), (4), (5) – колокаційно;

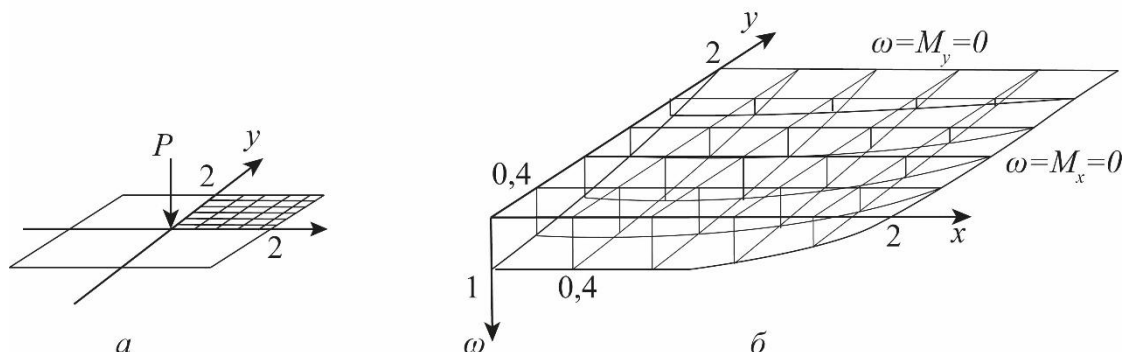
– шукати наближене представлення прогину у вигляді (7), тоді умови (2)... (5) задовольняються в точках колокаційно.

Вибираючи  $n_1$  точок колокації на включенні  $y = \pm 0, 0 \leq x \leq c$ ,  $n_2$  – на стороні  $x = a, 0 \leq y \leq b$ ,  $n_3$  – на стороні  $y = b, 0 \leq x \leq a$ , і послідовно підставляючи їх значення в (6) і (7), приходимо до системи відповідно  $n_1 + 2(n_2 + n_3)$  лінійних алгебраїчних рівнянь в першому випадку і  $2(n_1 + n_2 + n_3)$  рівнянь – в другому.

Рішення цих систем, представлене в (6) або (7), дає наближене рішення задачі (1)... (5).

Розрахунки проведені для пластин  $a = b$  при відносній довжині включення  $\varepsilon = c/a$ , що дорівнює 0,66; 0,5; 0,2; 0,1. Значення прогинів, отримані з допомогою представлень (6) і (7), добре погоджуються між собою.

Прогини для пластини з розмірами  $a=b=2, \varepsilon=0,5$  показані на рис. 1. Прогини максимальні на включенні, де вони рівні  $W_0=1$ , зменшуються до нуля на контурі пластини, що свідчить, що добре задовольняються умовам (2)... (5) обидвома методами.



**Рис. 1.** Розподіл прогинів пластини

Оптимальне з точки зору відповідності граничним умовам, розміщення точок колокації в залежності від величини  $\varepsilon = c/a$ , наведено в таблиці 1.

**Таблиця 1**

**Кількість точок колокації**

| $\varepsilon = c/a$ , | Представлення |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | (6)           |       |       | (7)   |       |       |
|                       | $n_1$         | $n_2$ | $n_3$ | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ |
| 0,66                  | 6             | 5     | 4     | 4     | 3     | 3     |
| 0,5                   | 6             | 5     | 4     | 4     | 3     | 3     |
| 0,2                   | 3             | 3     | 3     | 4     | 3     | 3     |
| 0,1                   | 3             | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |

При використанні (6) розраховувалась рівнодіюча контактних зусиль

$$D^{-1}P = \int_0^1 \Psi(\xi) d\xi = \psi_0 \int_0^1 16 \frac{d\xi}{(1-\xi^2)^{\frac{1}{2}}} + \psi_1 \int_0^1 128 \frac{P_2^{\frac{3}{2}, \frac{3}{2}}(\xi)}{(1-\xi^2)^{\frac{3}{2}}} d\xi +$$

$$+\sum_{n=2}^N 64n(2n-1)\psi_k \int_0^1 (1-\xi^2)^{-\frac{3}{2}} P_{2n}^{-\frac{3}{2},-\frac{3}{2}}(\xi) d\xi. \quad (8)$$

Для розрахунку регуляризованих значень розбіжних інтегралів в (8) скористаємось тим, що при  $\operatorname{Re} \lambda > -1$  [1, 2].

$$I_n(\lambda) = \int_0^1 (1-x^2)^\lambda P_{2n}^{\lambda,\lambda}(x) dx = 0 \quad (n \geq 0). \quad (9)$$

Відповідно в регуляризованому значенні  $I_n\left(-\frac{3}{2}\right) = 0$ , звідки  $D^{-1}P = 8\pi\psi_0$ .

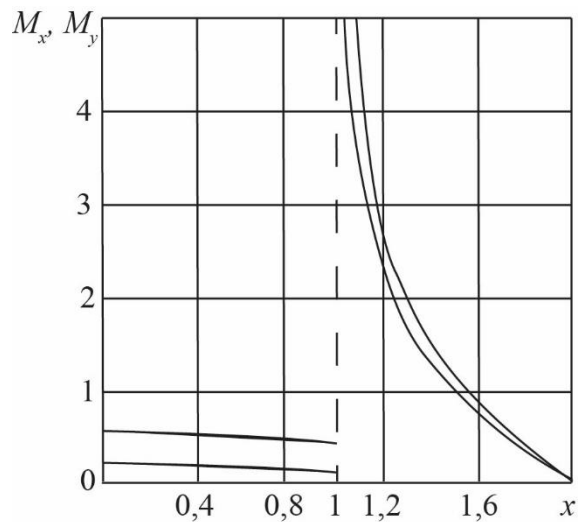
При представленні прогину у вигляді (7) рівнодіюча контактних зусиль  $D^{-1}P = 8\pi a_0$ . Ця задача методом інтегральних перетворень зведена до інтегрального рівняння відносно скачка рівнодіючої контактних зусиль [1, 2]. Порівняння отриманих значень безрозмірного коефіцієнта  $\alpha = 10^3 (Pa^2)^{-1} DW$  (6), (7) з відомими [2, 3] наведено в табл. 2.

## Таблиця 2

### Значення безрозмірного коефіцієнта $\alpha$

| $\varepsilon = c/a,$ | $\alpha = 10^3 (Pa^2)^{-1} DW$ (6), (7) |       |       |
|----------------------|-----------------------------------------|-------|-------|
|                      | [1, 2]                                  | (6)   | (7)   |
| 0,66                 | 2,16                                    | 2,29  | 2,13  |
| 0,5                  | 4,40                                    | 4,64  | 4,68  |
| 0,2                  | 9,60                                    | 9,63  | 9,17  |
| 0,1                  | 10,75                                   | 10,98 | 10,60 |

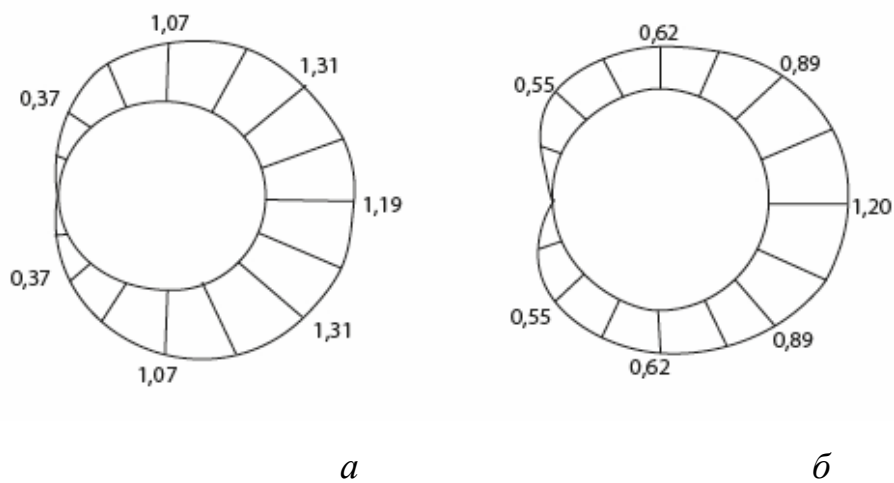
Графіки згинальних моментів  $M_x, M_y$  вздовж лінії  $y = \pm 0, 0 \leq x \leq a$  наведені на рис. 2;  $a = 2$ . При  $(x, y) \rightarrow (1, 0)$   $M_x, M_y \rightarrow \infty$  як  $r^{\frac{1}{2}}$ ,  $r = \sqrt{(x-1)^2 + y^2}$ .



**Рис. 2.** Графіки згинальних моментів  $M_x, M_y$  вздовж лінії  $y = \pm 0$ ,  $0 \leq x \leq a: D = 1, P = 13,9$

Епюри величин  $K_x = \lim \frac{M_x}{P} \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{c}}$ ,  $K_y = \lim \frac{M_y}{P} \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{c}}$ , при  $r = 10^{-4}$  наведені на рис.3.

Якісна картина аналогічна результатам [3], де розглядались безкінечні пластини.



**Рис. 3.** Епюри  $K_x(a)$ ,  $K_y(b)$ .

Отримані результати показують, що використання методу граничної колокації достатньо ефективно при вирішенні задач вигину нескінчених пластин з включеннями.

## 2.4. Енергетичні критерії міцності та стійкості конструкцій

Розглядається задача про вигин пластини з тонким лінійним включенням. Відомо, що наявність в конструкціях підкріплюючих стержнів, опор, прямолінійних дефектів типу тріщини і включень значно ускладнює їх розрахунок, так як перераховані елементи в конструкціях є концентраторами напружень. Дослідження в цьому напрямку були розпочаті В.М. Толкачевим, розвинуті О.В. Онищуком, Г.Я. Поповим і продовжені в роботах С.Т. Грибняка, Ю.С. Процерова, В.В. Реута і інших авторів. Рішення задачі розшукується у вигляді лінійної комбінації повної системи бігармонійних функцій, що враховують наявність включення. Для знаходження невідомих коефіцієнтів, вперше, описано метод мінімізації похибки по енергії. Для контролю результатів невідомі коефіцієнти знаходилися також методом граничної колокації.

Мета даної роботи є розв'язання складних краєвих задач механіки руйнування для тонкостінних конструкцій із включеннями, шляхом побудови математичної моделі на основі методу мінімізації енергетичної похибки та застосування граничної колокації.

Розглянемо прямокутну пластину ( $|x| < a$ ,  $|y| < b$ ), всередині якої на відрітку  $y = 0$ ,  $|y| \leq c$  присутнє тонке жорстке включення. Враховуючи, що поза включенням на пластину не діє розподілене навантаження, приходимо до однорідного бігармонійного рівняння відносно прогинів пластини:

$$\Delta^2 \omega(x, y) = 0, \quad |x| < a, \quad |y| < b \text{ окрім } y = 0, |x| < c, \quad (1)$$

де  $\omega(x, y)$  – прогини пластини.

Включення переміщується вертикально під дією прикладеного до нього навантаження  $R$ . В математичній постановці включення можна розглядати як розріз з межами  $y = \pm c$ ,  $|x| \leq c$ . На межі розрізу виконуються умови:

$$\omega(x, \pm c) = W_0 \quad |x| \leq c, \quad (2)$$

$$\omega'_y(x, \pm c) = 0 \quad |x| \leq c, \quad (3)$$

На сторонах пластины задані умови затиснення:

$$\omega(\pm a, y) = \omega'_x(\pm a, y) = 0, \quad |y| \leq b, \quad (4)$$

$$\omega(x, \pm b) = \omega'_y(x, \pm b) = 0, \quad |x| \leq a. \quad (5)$$

Потрібно знайти розподіл прогинів, згинальних моментів, узагальнених перериваючих сил.

З урахуванням парності задачі по  $x$  і  $y$  наближене представлення прогину  $\omega_N(x, y)$  можна записати у вигляді (6)

$$\omega(x, y) = \sum_{n=0}^N a_n u_n(x, y); \quad (6)$$

$$\text{де } u_0(x, y) = \operatorname{Re} \left( \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) - z(z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right);$$

$$u_1(x, y) = \operatorname{Re} \left( (z\bar{z} - 1) \ln \left( z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right) \right);$$

$$u_{4n-2}(x, y) = \operatorname{Re} \left( z^{2n-1} (z^2 - 1)^{\frac{3}{2}} \right), \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n-1}(x, y) = \operatorname{Re} \left( 2iyz^{2n-2} (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \right), \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n}(x, y) = \operatorname{Re} z^{2n-2}, \quad n = \overline{1, N};$$

$$u_{4n+1}(x, y) = \operatorname{Re} \bar{z} z^{2n-1}, \quad n = \overline{1, N}.$$

Невідомі коефіцієнти  $a_n (n = \overline{0, N})$  шукаються, вперше, методом мінімізації похибки за енергією. Даний метод є близьким в ідейному відношенні до методу, запропонованому Бірманом, Поповим Г.Я., Онищуком О.В. Ідею методу викладемо на прикладі наступної краєвої задачі для рівняння вигину пластин:

$$\Delta^2 \omega(x, y) = q(x, y), \quad ((x, y) \in \Omega) \quad (7)$$

У випадку затискання пластины по краям

$$\omega|_{\Gamma} = f_0(S), \quad \frac{\partial \omega}{\partial n}|_{\Gamma} = f_1(S) \quad ((x, y) \in \Gamma = d\Omega) \quad (8)$$

Нехай  $\omega(x, y)$  – точне,  $\omega_N(x, y)$  – наближене рішення задачі (7), (8). Відповідно [1],  $\omega_N(x, y)$  можна представити у вигляді

$$\omega_N(x, y) = \sum_{i=1}^N c_i u_i(x, y) + \omega_q(x, y), \quad (9)$$

де  $u_i(x, y)$ ,  $i = \overline{1, N}$  – повна система рішень рівняння (7) в області  $\Omega$

$\omega_q(x, y)$  – часткове рішення рівняння (7).

Як відомо [6], потенційна енергія вигину тонкої пластини пропорційна величині

$$W(u) = \int_{\Omega} \left( (\Delta u)^2 - 2(1-\nu) \left( u''_{xx} u''_{yy} - (u''_{xy})^2 \right) \right) d\Omega, \quad (10)$$

де  $u$  – вигин пластини,  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона.

Розглянемо білінійну форму  $E(u, v)$ , пов'язану з потенційною енергією вигину пластини:

$$E(u, v) = \int_{\Omega} \left[ \Delta u \Delta v + (1-\nu) \left( 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) \right] d\Omega \quad (11)$$

Очевидно

$$E_{\Omega}(u, u) = W(u) \quad (12)$$

В основі методу лежить тотожність [5]:

$$E_{\Omega}(u, v) = E_{\Gamma}(u, v), \quad E_{\Gamma}(u, v) = \oint_{\Gamma} \left( \frac{\partial u}{\partial n} Mv - u Vv \right) dS + \int_{\Omega} u \Delta^2 v d\Omega, \quad (13)$$

що дозволяє вирахувати  $E_{\Omega}(u, v)$  для невідомого всередині  $\Omega$  точного рішення  $u(x, y)$  і відомої бігармонічної функції  $v(x, y)$  ( $\Delta^2 v = 0$ ).

Покажемо, що у випадку граничних умов (8), невідомі коефіцієнти  $a_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ) можуть бути знайдені з умов мінімуму функціоналу енергії погрішності

$$F(a_1, \dots, a_N) = E(\omega - \omega_N, \omega - \omega_N), \quad (14)$$

де  $\omega$  – невідоме точне,  $\omega_N$  – наближене рішення задачі (7), (8).

Дійсно, мінімізуючи  $F$  і записуючи умову існування екстремуму

$$\frac{\partial F}{\partial a_n} = 0 \quad (n = \overline{1, N}), \quad (15)$$

приходимо до системи лінійних алгебраїчних рівнянь відносно невідомих  $a_n$



$$\sum_{n=1}^N a_n E(u_n, u_m) = b_m \quad (m = \overline{1, N}) \quad (16)$$

$$b_m = E(\omega - \omega_q, u_m)$$

Праві частини  $b_m$  в (16) залежать від невідомої функції  $\omega$ , однак з допомогою відомої тотожності (13), отримуємо вираз для  $b_m$  з допомогою відомих значень  $\omega$  і  $\frac{\partial \omega}{\partial n}$  на межі області  $\Omega$ :

$$b_m = \oint_{\Gamma} \left[ \left( f_1(s) - \frac{\partial \omega_q}{\partial n} \right) M u_m - (f_0(s) - \omega_q) V u_m \right] dS \quad (17)$$

Відмітимо, що формула (17) справедлива, якщо межа  $\Gamma$  області  $\Omega$  є гладкою. У випадку, якщо межа  $\Gamma$  є кусково-гладкою, то вираз (17) варто уточнити.

Нехай межа  $\Gamma$  складається з  $n$  гладких кусків і точок злому межі  $(x_i, y_i)$  ( $i = \overline{1, n}$ ). У виразі (17), варто врахувати скачки відповідних величин в даних точках, після чого (17) прийме вигляд:

$$b_j = \sum_{i=1}^N \left( \oint_{\Gamma} \left( f_1(s) - \frac{\partial \omega_q}{\partial n} \right) M u_j - (f_0(s) - \omega_q) V u_j \right) dS + \left( f_1(x, y) - \frac{\partial \omega_q(x, y)}{\partial n} \right) < M u_j > - \left( (f_0(x, y) - \omega_q(x, y)) < V u_j > \Big|_{\substack{x=x_i \\ y=y_i}} \right), \quad (j = \overline{1, n}), \quad (18)$$

$$\text{де } < u > = u(x(s_i - 0), y(s_i - 0)) - u(x(s_i + 0), y(s_i + 0)),$$

$$< \frac{\partial u}{\partial n} > = \frac{\partial u}{\partial n}(x(s_i - 0), y(s_i - 0)) - \frac{\partial u}{\partial n}(x(s_i + 0), y(s_i + 0)),$$

$$< M u > = M u(x(s_i - 0), y(s_i - 0)) - M u(x(s_i + 0), y(s_i + 0)),$$

$$< V u > = V u(x(s_i - 0), y(s_i - 0)) - V u(x(s_i + 0), y(s_i + 0)), \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, n})$$

$$M u = -D \left( \frac{\partial^2}{\partial n^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right) u, \quad V u = -D \left( \frac{\partial}{\partial n} \left( \Delta + (1 - \nu) \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right) \right) u$$

$D$  – циліндрична жорсткість,  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона,  $s$  – дотична до межі.

Реалізація методу мінімізації похибки по енергії, застосована до задачі (1) – (5), з урахуванням подання прогинів пластини у вигляді (6) і формул (16), (18),

призводить до наступної системи лінійних алгебраїчних рівнянь, відносно невідомих коефіцієнтів  $a_i, (i = \overline{0, N})$

$$\sum_{i=0}^N a_i E(u_i, u_j) = b_j \quad (j = \overline{0, N}) \quad (19)$$

$$b_j = E(\omega, u_j).$$

$$\text{де } E(u, v) = \oint_{\Gamma} \left( \frac{\partial u}{\partial n} M_n v - u V_n v \right) ds - W_0 \langle V_n v \rangle \Big|_{x=a, y=b},$$

$$\Gamma = \{(x = a, 0 < y < b) \cup (y = b, 0 < x < a)\},$$

$$b_j = W_0 \int_0^c V_y u_j(x, \pm 0) dx,$$

$$M_n = -D \left( \frac{\partial^2}{\partial n^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right),$$

$$V_n = -D \frac{\partial}{\partial n} \left( \Delta + (1 - \nu) \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right),$$

$n$  – нормаль,  $s$  – дотична до межі  $\Gamma$ ,  $D$  – циліндрична жорсткість,  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона, в подальшому для спрощення беремо  $\nu = 1$ .

Для перевірки правильності результатів, задача (1) – (5) була вирішена, також, методом граничної колокації [10].

При вирішенні задачі (1) – (5) методом граничної колокації, використовувалось подання прогину у вигляді (6). Для знаходження невідомих коефіцієнтів  $a_i$  на  $\Gamma$  межі  $\Omega$   $\Gamma = \{(y = \pm 0, 0 < x < 1) \cup (x = a, 0 < y < b) \cup (y = b, 0 < x < a)\}$ , займаємою пластиною, вибирались  $M$  точок колокації ( $M = N + 1$ ). Точки вибирались зі згрупуванням до кінців проміжків, а саме:

$$y = 0, x_k = \cos \left( \frac{\pi(2k-1)}{4n_1} \right), k = \overline{1, n_1}, \quad (20)$$

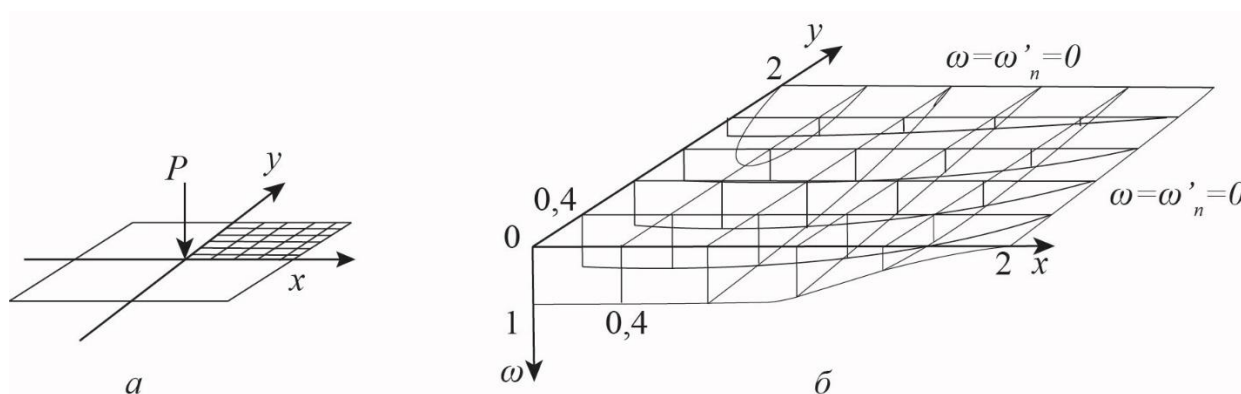
$$x = a, y_k = b \cos \left( \frac{\pi(2k-1)}{4n_2} \right), k = \overline{1, n_2},$$

$$y = b, x_k = a \cos\left(\frac{\pi(2k-1)}{4n_3}\right), k = \overline{1, n_3}, \quad n_1 + n_2 + n_3 = M$$

Реалізація граничних умов (2) – (5) в точках колокації (20), приводить до системи  $N+1$  лінійних алгебраїчних рівнянь відносно  $N+1$  невідомих  $a_i (i = \overline{0, N})$ .

Розрахунки були проведені для квадратних пластин ( $a=b$ ), при відносній довжині включення  $\varepsilon = c/a$ , рівній 0,66; 0,5; 0,2; 0,1. Результати, отримані з допомогою обох викладених методів, практично співпали.

На рис. 1 приведено розподілення прогинів для пластини з розмірами  $a = b = 2, \varepsilon = 0.5$ . Прогини максимальні на включенні, де вони рівні  $W_0 = 1$ , і зменшуються до нуля на контурі пластини, що свідчить про добре відповідність умовам (2) – (5) обома методами.



**Рис. 1.** Розподіл прогинів пластини.

Оптимальне, з точки зору відповідності граничним умовам (2) – (5), розміщення точок колокації наведені в таблиці 1, де  $n_1$  – кількість точок колокації при  $y = \pm 0, 0 < x < 1$ ,  $n_2$  – при  $x = a, 0 < y < a$ ,  $n_3$  – при  $y = a, 0 < x < a$ .

**Таблиця 1**

**Кількість точок колокації**

| $\varepsilon$ | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ |
|---------------|-------|-------|-------|
| 0,66          | 4     | 3     | 3     |

|     |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| 0,5 | 4 | 3 | 3 |
| 0,2 | 4 | 3 | 3 |
| 0,1 | 3 | 3 | 3 |

Розраховувалась рівнодіюча контактних зусиль  $P$ :

$$D^{-1}P = a_0 \int_0^1 \left( \frac{16}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{16}{(1-x^2)^{\frac{3}{2}}} \right) dx + \sum_{k=0}^N 8a_k P_k \quad (21)$$

$$P_k = \int_0^1 (1-x^2)^{-\frac{3}{2}} \left[ 2k(2k+1)x^{2k+2} - (8k^2+1)x^{2k} + 2k(2k-1)x^{2k-2} \right] dx$$

Для розрахунку  $P_k$  скористаємося наступними регуляризованими значеннями розбіжних інтегралів:

$$\int_{-1}^1 \frac{dx}{(1-x^2)^{\frac{3}{2}}} = 0, \quad \int_{-1}^1 \frac{x^2}{(1-x^2)^{\frac{3}{2}}} = -\pi, \quad \int_{-1}^1 \frac{x^{2k}}{(1-x^2)^{\frac{3}{2}}} = -\pi \frac{(2k-1)!!}{(2k-2)!!} (k \geq 2) \quad (22)$$

отримані із [4]:

$$\int_0^1 x^{2k} (1-x^2)^{\lambda} dx = \frac{1}{2} B\left(k + \frac{1}{2}, \lambda + 1\right) \text{ при } \lambda = -\frac{3}{2} \quad (23)$$

У висновку отримуємо

$$P_k = 0, D^{-1}P = 8\pi a_0.$$

Значення безрозмірного коефіцієнта  $\alpha = 10^3 (Pa^2)^{-1} DW_0$ , при різних значеннях  $\varepsilon$ , приведено в таблиці 2. Як видно, при зменшенні відповідної довжини включення  $\varepsilon$ , значення  $\alpha$  наближаються до відповідного значення  $\alpha$  для зосередженої сили

$\alpha = 5,60$ , приведенному у [6].

## Таблиця 2

Значення безрозмірного коефіцієнта  $\alpha = 10^3 (Pa^2)^{-1} DW$

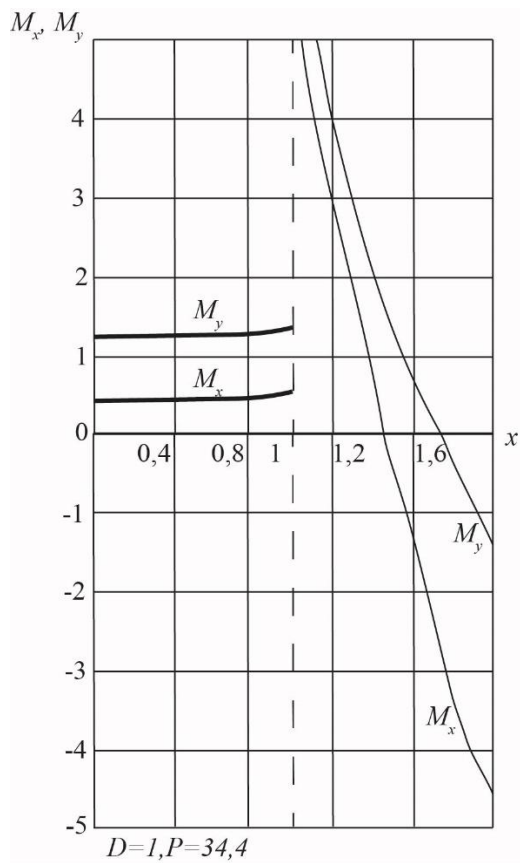
| $\varepsilon$ | $\alpha$ |
|---------------|----------|
| 0,66          | 0,76     |
| 0,5           | 1,81     |
| 0,2           | 4,05     |
| 0,1           | 4,90     |

Графіки згинальних моментів  $M_x, M_y$  вздовж лінії  $y = +0, 0 < x < a$  наведені на рис.

2.

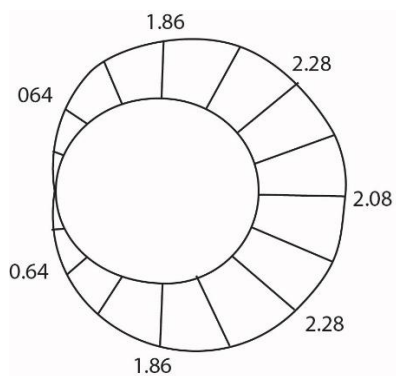
При  $(x, y) \rightarrow (1, 0)$   $M_x, M_y \rightarrow \infty$  як  $r^{\frac{1}{2}}$ ,  $r = \sqrt{(x-1)^2 + y^2}$ . Для опису цього факту в літературі [6] вводиться поняття коефіцієнта інтенсивності напружень:

$$K_x = \lim \frac{M_x}{P} \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{c}}, \quad K_y = \lim \frac{M_y}{P} \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{c}}, \quad (24)$$

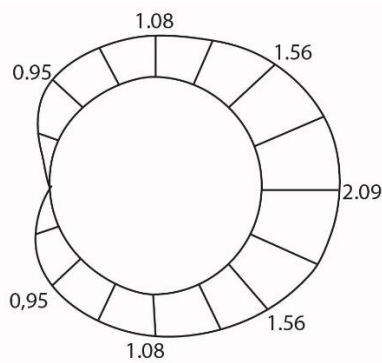


**Рис. 2.** Графіки згинальних моментів  $M_x, M_y$  вздовж лінії  $y = \pm 0, 0 \leq x \leq a$

Епюри величин  $K_x, K_y$  при  $r = 10^{-4}$  наведені на рис.3. Якісна картина аналогічна результатам роботи [6], де розглядались безкінечні пластини.



*a*



*б*

**Рис. 3.** Епюри  $K_x(a), K_y(b)$ .

Отримані результати показують, що використання методу граничної колокації достатньо ефективно при вирішенні задач вигину нескінчених пластин з включеннями.

## **2.5. Метод мінімізації енергетичної похибки в задачах механіки руйнування**

Механіка руйнування є одним із найважливіших напрямів сучасної механіки деформівного твердого тіла. Її основною метою є дослідження процесів зародження, розвитку та поширення тріщин у конструкційних матеріалах. Надійність інженерних споруд, машин, авіаційних та космічних конструкцій значною мірою залежить від точності прогнозування напружено-деформованого стану поблизу концентраторів напружень. У чисельному моделюванні задач механіки руйнування важливу роль відіграє мінімізація енергетичної похибки, оскільки саме енергетичні характеристики визначають умови росту тріщин та втрати несучої здатності конструкцій.

Енергетична похибка виникає через дискретизацію області, наближене представлення полів переміщень та напружень, а також через чисельні процедури інтегрування. Її зменшення дозволяє підвищити точність розрахунків коефіцієнтів інтенсивності напружень,  $J$ -інтегралу, швидкості вивільнення енергії та інших параметрів руйнування.

Поняття енергетичної похибки. Енергетична похибка є мірою відхилення між точним та наближеним розв'язком задачі. У варіаційних постановках вона визначається через різницю потенціальної енергії системи або через енергетичну норму похибки. Для задач механіки руйнування така оцінка є особливо важливою, оскільки локальні особливості поля напружень поблизу вершини тріщини суттєво впливають на загальний результат.

Енергетичний підхід забезпечує фізично обґрунтовану оцінку точності, оскільки базується на фундаментальних принципах збереження та перетворення енергії. Саме тому більшість сучасних адаптивних алгоритмів використовують енергетичні критерії для контролю якості чисельного розв'язку.

Метод скінченних елементів та джерела похибок. Найбільш поширеним інструментом розв'язування задач механіки руйнування є метод скінченних елементів. Основними джерелами похибок у цьому методі є недостатня густина сітки, невдалий вибір типу елементів, апроксимація геометрії тріщини та помилки інтегрування.

Особливо складною є область поблизу вершини тріщини, де напруження мають сингулярний характер. Якщо стандартні скінченні елементи не здатні адекватно відтворити цю особливість, виникає значна енергетична похибка. Тому розробка спеціальних методів локального уточнення є одним із головних напрямів підвищення точності чисельного аналізу.

Адаптивне згущення сітки. Одним із найефективніших методів мінімізації енергетичної похибки є адаптивне згущення сітки[9]. Суть підходу полягає у локальному збільшенні кількості елементів у тих областях, де оцінка похибки перевищує допустиме значення. У задачах механіки руйнування адаптивне згущення зазвичай виконується поблизу вершини тріщини та в зонах високих градієнтів напружень. Це дозволяє суттєво підвищити точність без значного збільшення обчислювальних витрат у всій області. Адаптивні алгоритми часто використовують апостеріорні оцінки похибки, які визначаються після отримання наближеного розв'язку.

Використання сингулярних елементів[10]. Для коректного опису особливостей поля напружень поблизу вершини тріщини застосовуються спеціальні сингулярні елементи. Їх функції форми будуються таким чином, щоб відтворювати характерний кореневий закон зміни напружень. Використання таких елементів значно зменшує енергетичну похибку навіть при відносно грубій сітці. Вони забезпечують більш точне визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень та параметрів енергетичного балансу системи.



Розширений метод скінченних елементів[12]. Розширений метод скінченних елементів (XFEM) дозволяє враховувати наявність тріщин без необхідності перебудови сітки. Для цього до апроксимації додаються спеціальні функції збагачення, які описують розрив переміщень та сингулярну поведінку поля біля вершини тріщини. Завдяки цьому досягається висока точність моделювання складних процесів росту тріщин. XFEM забезпечує суттєве зниження енергетичної похибки та є одним із найперспективніших методів сучасної обчислювальної механіки руйнування.

Методи відновлення напружень. Важливу роль у мінімізації енергетичної похибки відіграють методи відновлення напружень. Їх метою є побудова більш точного поля напружень на основі чисельного розв'язку. Найбільш відомим є метод Зенкевича–Чжу, який використовує процедури згладжування для отримання покращених оцінок напружень[15]. Порівняння вихідного та відновленого полів дозволяє оцінити похибку і визначити ділянки, що потребують локального уточнення.

Варіаційні та енергетичні методи[16]. Варіаційні принципи лежать в основі багатьох сучасних алгоритмів мінімізації похибки. Зокрема, принцип мінімуму потенціальної енергії дозволяє формувати задачі таким чином, щоб наближений розв'язок автоматично прагнув до мінімізації енергетичного функціонала. Додатково використовуються двосторонні оцінки похибки, які забезпечують верхні та нижні межі енергетичної норми. Це підвищує надійність чисельних результатів і дозволяє контролювати якість розрахунків у відповідальних інженерних застосуваннях.

Сучасні напрями розвитку. Останніми роками активно розвиваються методи машинного навчання для прогнозування розподілу похибки та автоматичного керування адаптацією сітки[20]. Перспективними є також ізогеометричний аналіз, безсіткові методи та багаторівневі алгоритми.

Поєднання класичних енергетичних критеріїв із сучасними обчислювальними технологіями дозволяє досягати високої точності

моделювання складних процесів руйнування при прийнятних витратах обчислювальних ресурсів.

Висновки. Методи мінімізації енергетичної похибки є ключовим інструментом підвищення достовірності чисельних розрахунків у механіці руйнування. Найбільш ефективними підходами є адаптивне згущення сітки, використання сингулярних елементів, XFEM, методи відновлення напружень та варіаційні енергетичні процедури. Їх застосування забезпечує точне визначення параметрів руйнування та підвищує надійність інженерних прогнозів. Подальший розвиток цих методів пов'язаний з автоматизацією оцінки похибки, використанням штучного інтелекту та створенням високопродуктивних алгоритмів для моделювання складних багатомасштабних процесів руйнування матеріалів.

### **РОЗДІЛ 3. ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ДЕФЕКТАМИ**

У розділі розглянуто чисельно-аналітичні методи дослідження тонкостінних конструкцій із дефектами, що застосовуються для оцінювання їх міцності, стійкості та довговічності. Основну увагу приділено методам розв’язання задач механіки руйнування, які дозволяють моделювати поведінку елементів конструкцій за наявності тріщин, включень та інших локальних пошкоджень.

Досліджено підходи до моделювання впливу дефектів на напружено-деформований стан елементів, а також аналіз стійкості конструкцій в умовах деградації матеріалу. Розглянуто методи оцінювання залишкового ресурсу обладнання, що базуються на поєднанні аналітичних та чисельних процедур.

Окрему увагу приділено питанням верифікації математичних моделей та аналізу результатів розрахунків, що забезпечує підвищення достовірності прогнозування технічного стану конструкцій[28]. Узагальнено, що застосування чисельно-аналітичних методів є ефективним інструментом для дослідження поведінки складних інженерних систем із дефектами та дозволяє підвищити точність оцінювання їх експлуатаційної надійності.

#### **3.1. Чисельні методи розв’язання задач механіки руйнування**

Сучасний розвиток промисловості, енергетики, транспортних систем та машинобудування зумовлює необхідність забезпечення високого рівня надійності та безпечної експлуатації тонкостінних конструкцій, які працюють в умовах складного навантаження. Наявність технологічних, експлуатаційних або корозійних дефектів суттєво впливає на напружено-деформований стан

конструкцій та може призводити до передчасного руйнування. У зв'язку з цим важливого значення набувають чисельні методи розв'язання задач механіки руйнування, які дозволяють досліджувати поведінку конструкцій із тріщинами, включеннями, порожнинами та іншими концентраторами напружень.

Аналітичні розв'язки задач механіки руйнування отримані лише для обмеженого кола спрощених геометричних моделей і граничних умов. Для реальних інженерних конструкцій характерними є складна форма елементів, неоднорідність матеріалу, багатокomпонентний характер навантажень та наявність множинних дефектів. За таких умов застосування чисельних методів стає основним інструментом дослідження процесів деформування та руйнування.

Найбільш поширеним методом розв'язання задач механіки руйнування є метод скінченних елементів.[21] Його сутність полягає у поділі досліджуваної області на скінченну кількість елементів, для яких визначаються локальні функції апроксимації переміщень. У результаті формується система алгебраїчних рівнянь

$$[K]\{u\}=\{F\},$$

де  $[K]$  – глобальна матриця жорсткості конструкції,  $\{u\}$  – вектор вузлових переміщень, а  $\{F\}$  – вектор зовнішніх навантажень.

Перевагою методу скінченних елементів є можливість моделювання конструкцій складної геометричної форми та врахування локальних особливостей напруженого стану поблизу дефектів. Для підвищення точності розрахунків у зонах концентрації напружень використовуються згущені сітки скінченних елементів або спеціальні сингулярні елементи, що дозволяють коректно відтворювати асимптотичну поведінку напружень біля вершини тріщини.

Для оцінювання інтенсивності напружень у зоні дефекту широко застосовується розрахунок коефіцієнтів інтенсивності напружень. У загальному випадку вони визначаються для трьох основних режимів руйнування: розкриття тріщини, поперечного зсуву та поздовжнього зсуву. Критерієм поширення тріщини є досягнення коефіцієнтом інтенсивності напружень критичного значення, яке характеризує тріщиностійкість матеріалу.

Поряд із методом скінченних елементів широкого застосування набули метод граничних елементів та метод скінченних різниць[21]. Метод граничних елементів базується на перетворенні диференціальних рівнянь у інтегральні співвідношення та дозволяє суттєво зменшити розмірність задачі за рахунок дискретизації лише межі досліджуваної області. Такий підхід є особливо ефективним для аналізу нескінченних або напівнескінченних областей, характерних для багатьох задач механіки руйнування.

Метод скінченних різниць ґрунтується на апроксимації похідних різницевиими співвідношеннями та використовується переважно для розв'язання задач із відносно простою геометрією. Незважаючи на обмежені можливості щодо моделювання складних форм конструкцій, цей метод відзначається простотою реалізації та високою обчислювальною ефективністю.

Останніми роками активно розвиваються безсіткові методи, зокрема метод рухомих найменших квадратів та методи на основі частинок. Їх використання дозволяє уникнути проблем, пов'язаних із перебудовою скінченно-елементної сітки під час поширення тріщин. Такі підходи є перспективними для моделювання складних процесів руйнування та розвитку множинних дефектів.

Важливим напрямом чисельного аналізу є застосування енергетичних методів механіки руйнування. Вони базуються на оцінюванні енергії деформації конструкції та визначенні умов розвитку дефектів. Одним із найбільш поширених енергетичних параметрів є швидкість вивільнення енергії

$$G = -\frac{d\Pi}{da},$$

де  $\Pi$  – потенціальна енергія системи,  $a$  – довжина тріщини.

Для задач дослідження тонкостінних конструкцій із включеннями та складними дефектами ефективним є поєднання чисельних і аналітичних підходів. Такі комбіновані методи дозволяють отримати високу точність розрахунків за помірних обчислювальних витрат та забезпечують можливість аналізу широкого спектра інженерних задач.

Отже, чисельні методи розв'язання задач механіки руйнування є важливим інструментом дослідження міцності та надійності тонкостінних конструкцій. Їх використання забезпечує можливість прогнозування розвитку дефектів, оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій та обґрунтування технічних рішень щодо забезпечення безпечної експлуатації промислового обладнання.

### **3.2. Моделювання впливу дефектів на міцність і довговічність елементів**

Наявність дефектів у тонкостінних елементах конструкцій є одним із основних чинників, що впливають на їхню міцність, жорсткість, стійкість та довговічність. У процесі виготовлення та експлуатації конструкцій можуть виникати різноманітні дефекти, зокрема тріщини, пори, корозійні пошкодження, неметалеві включення, локальні втрати товщини матеріалу, залишкові напруження та інші неоднорідності. Навіть незначні дефекти здатні спричиняти концентрацію напружень, прискорювати накопичення пошкоджень і суттєво скорочувати термін безпечної експлуатації обладнання.

Для оцінювання впливу дефектів на працездатність конструкцій використовуються математичні моделі[135], які дозволяють встановити взаємозв'язок між геометричними параметрами дефектів, механічними характеристиками матеріалу та експлуатаційними навантаженнями. Основною

метою такого моделювання є визначення граничних станів конструкції, прогнозування розвитку дефектів та оцінювання залишкового ресурсу елементів.

У механіці руйнування дефект розглядається як концентратор напружень, що викликає локальне зростання напружено-деформованого стану поблизу пошкодженої ділянки. Для кількісної оцінки цього явища використовується коефіцієнт концентрації напружень:

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_0},$$

$\sigma_{max}$  — максимальне напруження в зоні дефекту, а  $\sigma_0$  — номінальне напруження в конструкції.

Зі збільшенням розмірів дефекту коефіцієнт концентрації напружень зростає, що призводить до підвищення ймовірності виникнення локальних пластичних деформацій та подальшого поширення пошкоджень.

Для тріщиноподібних дефектів важливим параметром є коефіцієнт інтенсивності напружень:

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a},$$

де  $Y$  — коефіцієнт форми дефекту,  $\sigma$  — прикладне навантаження, а  $a$  — довжина тріщини.

Коли значення коефіцієнта інтенсивності досягає критичного рівня, відбувається нестійке поширення тріщини та руйнування конструкції. Тому визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень є одним із ключових завдань оцінювання міцності елементів із дефектами.

Особливого значення набуває дослідження довговічності конструкцій, що працюють під дією циклічних навантажень. У таких умовах навіть незначні дефекти можуть поступово збільшуватися внаслідок втомного руйнування матеріалу. Для опису швидкості росту тріщини широко використовується закон Паріса.

Для тонкостінних елементів особливу небезпеку становлять локальні втрати стійкості, які можуть виникати внаслідок дефектів геометрії або пошкоджень поверхні. Наявність дефектів змінює розподіл напружень та зменшує критичне навантаження втрати стійкості. Тому під час моделювання необхідно враховувати спільний вплив міцності та стійкості конструкції.

Сучасні методи моделювання базуються на використанні чисельних підходів, насамперед методу скінченних елементів[20]. Це дозволяє враховувати складну геометрію дефектів, неоднорідність матеріалів, контактні взаємодії та реальні умови навантаження. Комп'ютерне моделювання забезпечує можливість дослідження різних сценаріїв розвитку пошкоджень і проведення віртуальних експериментів без необхідності виготовлення дорогих фізичних зразків.

Перспективним напрямом є використання імовірнісних моделей надійності, які враховують випадковий характер виникнення дефектів та невизначеність параметрів експлуатації. Такі підходи дозволяють оцінювати ризик руйнування конструкцій та приймати обґрунтовані рішення щодо технічного обслуговування, ремонту або заміни обладнання.

Таким чином, моделювання впливу дефектів на міцність і довговічність елементів є важливим етапом оцінювання технічного стану тонкостінних конструкцій. Використання сучасних математичних моделей, методів механіки руйнування та чисельного аналізу дозволяє прогнозувати розвиток пошкоджень, визначати залишковий ресурс конструкцій і забезпечувати підвищення рівня безпеки та ефективності експлуатації промислового обладнання.

### **3.3. Аналіз стійкості тонкостінних конструкцій за наявності локальних пошкоджень**

Стійкість тонкостінних конструкцій є однією з найважливіших характеристик їхньої працездатності, оскільки втрата стійкості часто настає



раніше, ніж досягаються граничні значення міцності матеріалу. Особливої актуальності ця проблема набуває для елементів промислового обладнання, резервуарів, трубопроводів, корпусних конструкцій, літальних апаратів та інших інженерних систем, у яких наявність локальних дефектів суттєво впливає на розподіл напружень і деформацій. До найбільш поширених локальних пошкоджень належать тріщини, корозійні ураження, вм'ятини, отвори, зони втрати товщини, технологічні дефекти зварних з'єднань та включення сторонніх матеріалів.

Локальні пошкодження призводять до порушення однорідності конструкції та виникнення додаткових концентраторів напружень. Унаслідок цього змінюється напружено-деформований стан елемента, зменшується його жорсткість і знижується критичне навантаження втрати стійкості. Для тонкостінних конструкцій навіть незначні дефекти можуть істотно впливати на поведінку системи під дією стискальних, згинальних або комбінованих навантажень.

Теоретичне дослідження стійкості тонкостінних елементів базується на класичних положеннях теорії пружності, теорії пластичності та механіки оболонок. Визначення критичних навантажень здійснюється шляхом розв'язання задачі власних значень, у якій момент втрати стійкості відповідає переходу системи від початкової рівноважної форми до нової деформованої конфігурації. Для конструкцій без дефектів критичне навантаження може бути визначене аналітично, однак за наявності локальних пошкоджень необхідне використання чисельних методів моделювання.

Одним із найбільш ефективних інструментів дослідження є метод скінченних елементів, який дозволяє враховувати складну геометрію дефектів, неоднорідність матеріалу та різноманітні умови навантаження. Побудова чисельної моделі передбачає дискретизацію конструкції на скінченні елементи з подальшим формуванням матриць жорсткості та геометричної жорсткості. Критичне навантаження визначається шляхом розв'язання спектральної задачі та аналізу форм втрати стійкості.

Важливим етапом дослідження є оцінювання впливу геометричних параметрів дефекту на критичні характеристики конструкції. До таких параметрів належать довжина тріщини, глибина корозійного пошкодження, площа дефектної зони, форма включення та його розташування відносно найбільш навантажених ділянок. Результати чисельних експериментів свідчать, що зі збільшенням розмірів дефекту відбувається нелінійне зниження критичного навантаження та зростання локальних деформацій.

Для оцінювання рівня небезпеки пошкоджень доцільно використовувати коефіцієнт залишкової стійкості[29], який характеризує відношення критичного навантаження дефектної конструкції до критичного навантаження непошкодженого елемента. Чим меншим є значення цього показника, тим вищим є ризик передчасної втрати стійкості та аварійного руйнування конструкції.

Сучасні підходи до аналізу стійкості передбачають також застосування імовірнісних методів і математичного моделювання невизначеностей. Це дозволяє враховувати випадковий характер розвитку дефектів, варіацію механічних властивостей матеріалу та змінність експлуатаційних навантажень. Використання стохастичних моделей забезпечує більш реалістичне прогнозування технічного стану конструкцій та визначення залишкового ресурсу їх експлуатації.

Таким чином, аналіз стійкості тонкостінних конструкцій за наявності локальних пошкоджень є важливим елементом системи оцінювання технічної безпеки виробничих об'єктів. Застосування сучасних математичних моделей, чисельних методів та засобів комп'ютерного моделювання дає можливість своєчасно виявляти небезпечні дефекти, прогнозувати розвиток пошкоджень і приймати обґрунтовані рішення щодо подальшої експлуатації, ремонту або модернізації обладнання. Це сприяє підвищенню надійності виробничих систем, зменшенню ризику аварій та забезпеченню сталого розвитку підприємств.

### **3.4. Оцінювання залишкового ресурсу обладнання**

Оцінювання залишкового ресурсу обладнання є одним із ключових завдань сучасної технічної діагностики та управління надійністю виробничих систем. Від точності визначення залишкового ресурсу залежить ефективність планування ремонтних робіт, модернізації основних засобів, забезпечення безпечної експлуатації обладнання та мінімізація ризику виникнення аварійних ситуацій. Особливого значення ця проблема набуває для тонкостінних конструкцій, які працюють в умовах циклічних навантажень, впливу агресивних середовищ, високих температур та інших несприятливих експлуатаційних факторів.

Під залишковим ресурсом розуміють проміжок часу або обсяг роботи, протягом якого обладнання здатне виконувати свої функції із заданим рівнем надійності та безпеки до досягнення граничного стану. Граничний стан визначається нормативними документами та характеризується втратою працездатності, недопустимим зниженням міцності, стійкості чи іншими критичними змінами технічного стану конструкції.

Традиційні підходи до оцінювання залишкового ресурсу базуються на аналізі статистичних даних про відмови обладнання та використанні моделей теорії надійності. У межах цих підходів розраховуються показники безвідмовності, середній час напрацювання до відмови, інтенсивність відмов та ймовірність безвідмовної роботи. Однак для складних технічних систем такі методи не завжди забезпечують необхідну точність, оскільки не враховують індивідуальні особливості розвитку дефектів і реальний технічний стан конкретного об'єкта.

Сучасні методи оцінювання залишкового ресурсу ґрунтуються на використанні математичних моделей механіки руйнування, які дозволяють аналізувати процес накопичення пошкоджень у матеріалі. Основна увага приділяється дослідженню розвитку тріщин, корозійного зношування, втомного руйнування та інших деградаційних процесів. На основі отриманих даних визначається швидкість зміни параметрів дефекту та прогнозується момент

досягнення критичних значень, що відповідають втраті працездатності конструкції.

Для тонкостінних елементів ефективним є застосування енергетичних критеріїв механіки руйнування. У таких моделях оцінюється зміна енергії деформації в зоні дефекту та визначається критичний стан, за якого подальша експлуатація конструкції стає небезпечною. Застосування чисельно-аналітичних методів дозволяє враховувати складну геометрію дефектів, неоднорідність матеріалу та реальні умови навантаження.

Важливу роль у прогнозуванні залишкового ресурсу відіграють сучасні інформаційні технології моніторингу технічного стану обладнання. Використання датчиків контролю, систем неруйнівної діагностики, цифрових двійників та технологій Інтернету речей забезпечує безперервне накопичення даних про параметри функціонування конструкцій. Отримана інформація використовується для побудови прогностичних моделей та своєчасного виявлення ознак деградації.

Перспективним напрямом є застосування методів штучного інтелекту та машинного навчання [25] для прогнозування залишкового ресурсу. Нейронні мережі, алгоритми регресійного аналізу, дерева рішень та ансамблеві методи дозволяють виявляти приховані закономірності у великих масивах експлуатаційних даних і формувати прогнози щодо подальшого розвитку дефектів. Такі підходи забезпечують підвищення точності оцінювання технічного стану та адаптацію моделей до змінних умов експлуатації.

Оцінювання залишкового ресурсу безпосередньо пов'язане з прийняттям управлінських рішень щодо подальшої експлуатації обладнання. На основі результатів розрахунків визначаються оптимальні строки проведення технічного обслуговування, ремонту або заміни окремих елементів конструкції. Це дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити рівень промислової безпеки та забезпечити ефективне використання виробничих ресурсів.

Таким чином, оцінювання залишкового ресурсу обладнання є комплексною науково-практичною задачею, що поєднує методи механіки руйнування, теорії надійності, математичного моделювання та інтелектуального аналізу даних. Використання сучасних підходів до прогнозування технічного стану конструкцій створює основу для переходу від планово-попереджувального обслуговування до концепції обслуговування за фактичним станом, що відповідає сучасним вимогам підвищення ефективності та безпеки функціонування виробничих підприємств.

### **3.5. Верифікація математичних моделей та аналіз результатів розрахунків**

Важливим етапом дослідження є верифікація розроблених математичних моделей та оцінювання достовірності отриманих результатів. Метою верифікації є підтвердження адекватності математичного опису реальних процесів деформування, втрати стійкості та руйнування тонкостінних конструкцій із дефектами, а також оцінювання можливості практичного використання запропонованих моделей для прогнозування технічного стану обладнання та підтримки управлінських рішень.

Верифікація математичних моделей здійснюється шляхом порівняння результатів чисельно-аналітичних розрахунків із відомими аналітичними розв'язками, експериментальними даними та результатами, отриманими іншими дослідниками. Такий підхід дозволяє оцінити точність запропонованих методів, визначити межі їх застосування та встановити ступінь впливу прийнятих припущень на кінцеві результати моделювання.

На першому етапі перевіряється коректність математичної постановки задачі та правильність реалізації обчислювальних алгоритмів. Для цього використовуються тестові приклади, для яких існують точні або наближені аналітичні розв'язки. Порівняння результатів показує, що розроблені моделі

забезпечують достатню точність визначення напружено-деформованого стану конструкцій та дозволяють адекватно відтворювати закономірності зміни напружень у зоні локальних дефектів.

На другому етапі виконується аналіз результатів чисельного моделювання тонкостінних елементів із тріщинами, включеннями та іншими дефектами. Отримані дані підтверджують, що збільшення розмірів дефектів призводить до суттєвого зростання концентрації напружень, зниження критичних навантажень втрати стійкості та скорочення залишкового ресурсу конструкцій. Особливо значний вплив на несучу здатність мають дефекти, розташовані в зонах максимальних напружень або поблизу елементів кріплення.

Проведений аналіз показав, що використання енергетичних критеріїв механіки руйнування дозволяє ефективно оцінювати процес накопичення пошкоджень та прогнозувати розвиток дефектів у часі. Отримані результати свідчать про наявність стійких залежностей між геометричними параметрами дефектів, величиною прикладених навантажень та показниками довговічності конструкцій.

Особливу увагу приділено оцінюванню залишкового ресурсу обладнання. Результати моделювання підтвердили, що запропоновані математичні моделі забезпечують можливість прогнозування моменту досягнення граничного стану конструкції з урахуванням реальних умов експлуатації. Це дозволяє своєчасно виявляти потенційно небезпечні елементи та обґрунтовувати рішення щодо ремонту, модернізації або заміни обладнання.

Для оцінювання практичної цінності отриманих результатів проведено аналіз чутливості моделей до зміни вхідних параметрів. Встановлено, що найбільший вплив на результати розрахунків мають геометричні характеристики дефектів, механічні властивості матеріалу та рівень експлуатаційних навантажень. Це підтверджує необхідність використання достовірних даних технічної діагностики під час прогнозування технічного стану конструкцій.

У результаті проведеної верифікації встановлено, що запропоновані математичні моделі адекватно описують процеси деформування, втрати стійкості та руйнування тонкостінних елементів із дефектами. Отримані результати мають достатній рівень точності та можуть бути використані для розв'язання практичних задач оцінювання надійності обладнання, прогнозування залишкового ресурсу та підвищення ефективності управління технічним станом виробничих систем.

Таким чином, проведена верифікація підтвердила працездатність і наукову обґрунтованість розроблених математичних моделей. Результати дослідження створюють методологічну основу для впровадження сучасних інформаційних технологій моніторингу, діагностики та прогнозування технічного стану тонкостінних конструкцій у системі забезпечення безпеки та ефективності розвитку промислових підприємств.

## **РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ**

У розділі розглянуто сучасні інформаційні технології моніторингу та діагностики технічного стану обладнання, що застосовуються для забезпечення безперервного контролю структурної цілісності виробничих систем. Основну увагу приділено системам неперервного моніторингу, які дозволяють у режимі реального часу фіксувати зміни параметрів роботи обладнання та виявляти ознаки його деградації.

Проаналізовано методи діагностики дефектів тонкостінних елементів, включаючи підходи до виявлення тріщин, локальних пошкоджень і змін напружено-деформованого стану. Розглянуто можливості застосування інформаційно-аналітичних технологій для обробки діагностичних даних, зокрема методів статистичного аналізу, моделювання та інтелектуальної обробки сигналів.

Показано, що використання сучасних цифрових технологій забезпечує підвищення точності діагностування, своєчасне виявлення критичних станів обладнання та підтримку прийняття рішень щодо його подальшої експлуатації або ремонту. Узагальнено, що інтеграція інформаційних технологій у процеси моніторингу є важливим елементом забезпечення надійності та безпеки виробничих систем.

### **4.1. Системи неперервного моніторингу структурної цілісності конструкцій**

У сучасних умовах експлуатації промислового обладнання особливого значення набуває забезпечення його надійності, безпечності та довговічності.



Значна частина аварійних ситуацій на виробничих підприємствах пов'язана з поступовим накопиченням пошкоджень у несучих елементах конструкцій, що призводить до виникнення тріщин, локальних деформацій, втрати стійкості та руйнування окремих вузлів. У зв'язку з цим одним із найефективніших напрямів підвищення безпеки експлуатації технічних систем є впровадження систем неперервного моніторингу структурної цілісності конструкцій (Structural Health Monitoring, SHM).

Системи неперервного моніторингу[56] структурної цілісності являють собою сукупність технічних засобів, програмного забезпечення та математичних моделей, призначених для автоматизованого контролю стану конструкцій у реальному масштабі часу. Основною метою таких систем є своєчасне виявлення дефектів, оцінювання ступеня їх розвитку, прогнозування залишкового ресурсу та підтримка прийняття рішень щодо подальшої експлуатації обладнання.

Функціонування систем моніторингу базується на безперервному зборі інформації про параметри технічного стану об'єкта. Для цього використовуються різноманітні типи датчиків, які реєструють механічні, теплові, акустичні та вібраційні характеристики конструкції. Найбільшого поширення набули тензометричні датчики деформацій, акселерометри, волоконно-оптичні сенсори, датчики акустичної емісії, ультразвукові перетворювачі та системи комп'ютерного зору. Отримані дані передаються до інформаційно-аналітичного центру, де здійснюється їх оброблення та інтерпретація.

Важливою складовою сучасних систем моніторингу є використання математичних моделей поведінки конструкцій. Такі моделі дозволяють порівнювати фактичні параметри роботи обладнання з розрахунковими значеннями, визначати відхилення від нормального режиму функціонування та локалізувати потенційно небезпечні зони. Особливо ефективним є поєднання методів механіки руйнування, теорії надійності та чисельного моделювання для оцінювання процесів накопичення пошкоджень у тонкостінних елементах.

Розвиток цифрових технологій сприяв широкому впровадженню інтелектуальних методів аналізу даних у системах моніторингу. Методи машинного навчання, нейронні мережі та алгоритми штучного інтелекту забезпечують автоматичне виявлення аномалій у великих масивах вимірювальної інформації, прогнозування можливих відмов та оцінювання залишкового ресурсу обладнання. Застосування таких підходів дозволяє перейти від планово-попереджувального обслуговування до концепції прогностичного технічного обслуговування (Predictive Maintenance), що значно знижує експлуатаційні витрати підприємства.

Однією з ключових переваг систем неперервного моніторингу є можливість раннього виявлення дефектів на початкових стадіях їх розвитку. Це дозволяє своєчасно виконувати ремонтні роботи, запобігати аварійним ситуаціям та мінімізувати економічні втрати, пов'язані з простоєм обладнання. Особливо актуальним застосування таких систем є для тонкостінних конструкцій, у яких навіть незначні дефекти можуть призводити до суттєвого зниження несучої здатності та стійкості.

Таким чином, системи неперервного моніторингу структурної цілісності конструкцій є важливим елементом сучасних технологій забезпечення безпечної експлуатації промислового обладнання. Їх використання створює інформаційну основу для оцінювання технічного стану конструкцій, прогнозування процесів деградації матеріалів та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо підтримання ефективності та безпеки функціонування виробничих систем.

#### **4.2. Методи діагностики дефектів тонкостінних елементів**

Забезпечення надійної та безпечної експлуатації тонкостінних елементів промислового обладнання потребує своєчасного виявлення дефектів, оцінювання їх параметрів і прогнозування подальшого розвитку пошкоджень. Особливість тонкостінних конструкцій полягає в їх підвищеній чутливості до

локальних дефектів, які можуть суттєво впливати на напружено-деформований стан, стійкість та довговічність елементів. Тому важливим напрямом сучасних досліджень є розроблення та вдосконалення методів діагностики, здатних забезпечити раннє виявлення небезпечних пошкоджень і визначення технічного стану конструкцій.

Сучасні методи діагностики дефектів умовно поділяють на руйнівні та неруйнівні[23]. У практиці експлуатації технічних систем найбільшого поширення набули неруйнівні методи контролю, оскільки вони дозволяють отримувати інформацію про стан конструкції без припинення її роботи та без пошкодження об'єкта дослідження.

Одним із найпоширеніших методів є ультразвукова діагностика. Її принцип ґрунтується на поширенні ультразвукових хвиль у матеріалі та аналізі сигналів, відбитих від внутрішніх неоднорідностей. За допомогою ультразвукового контролю можна виявляти тріщини, порожнини, розшарування, корозійні пошкодження та інші дефекти навіть на ранніх стадіях їх розвитку. Метод характеризується високою точністю та можливістю контролю внутрішнього стану конструкції.

Широкого застосування набув метод акустичної емісії, який базується на реєстрації пружних хвиль, що виникають у матеріалі під час розвитку мікротріщин або пластичних деформацій. Перевагою цього підходу є можливість виявлення активних дефектів у процесі експлуатації обладнання. Аналіз параметрів акустичних сигналів дозволяє оцінювати інтенсивність процесів руйнування та локалізувати небезпечні зони конструкції.

Для оцінювання поверхневих і підповерхневих дефектів широко використовуються магнітні та вихрострумові методи контролю. Магнітопорошковий контроль забезпечує виявлення тріщин у феромагнітних матеріалах шляхом аналізу розподілу магнітного поля поблизу дефекту. Вихрострумовий контроль ґрунтується на зміні параметрів електромагнітного

поля під впливом локальних неоднорідностей матеріалу та є ефективним для виявлення корозійних пошкоджень і тріщин у тонкостінних елементах.

Перспективним напрямом є використання вібраційної діагностики, яка базується на аналізі змін власних частот, форм коливань та амплітудно-частотних характеристик конструкцій. Поява дефектів призводить до зміни жорсткості елементів, що відображається у спектральних характеристиках вібраційних сигналів. Метод особливо ефективний для контролю великогабаритних конструкцій та складних технічних систем.

Інтенсивний розвиток цифрових технологій сприяв впровадженню інтелектуальних методів діагностики. Сучасні системи моніторингу використовують алгоритми машинного навчання, штучні нейронні мережі, методи кластеризації та інтелектуального аналізу даних для автоматичного виявлення аномалій. Такі підходи дозволяють обробляти великі обсяги вимірювальної інформації, визначати приховані закономірності в поведінці конструкцій та прогнозувати можливі відмови.

Особливий інтерес становить поєднання методів математичного моделювання з результатами експериментальної діагностики[138]. Використання моделей механіки руйнування дає змогу оцінювати вплив виявлених дефектів на міцність і довговічність конструкцій, визначати коефіцієнти інтенсивності напружень, прогнозувати швидкість поширення тріщин та залишковий ресурс елементів. Такий підхід забезпечує комплексне оцінювання технічного стану обладнання та підвищує обґрунтованість управлінських рішень щодо його експлуатації.

Таким чином, сучасні методи діагностики дефектів тонкостінних елементів поєднують традиційні засоби неруйнівного контролю, інформаційні технології моніторингу та математичне моделювання процесів руйнування. Їх комплексне використання дозволяє своєчасно виявляти пошкодження, оцінювати рівень ризику відмови конструкцій і забезпечувати ефективне управління технічним станом промислового обладнання.

#### **4.3. Інформаційно-аналітичні технології обробки діагностичних даних**

Ефективність сучасних систем моніторингу та діагностики технічного стану обладнання значною мірою визначається якістю обробки діагностичних даних. У процесі функціонування промислових об'єктів формується значний обсяг інформації про параметри роботи конструкцій, технологічного обладнання та виробничих процесів. Такі дані надходять від численних датчиків і вимірювальних систем у режимі реального часу та характеризуються великим обсягом, різноманітністю й високою швидкістю оновлення. У зв'язку з цим виникає необхідність застосування сучасних інформаційно-аналітичних технологій, здатних забезпечити ефективне накопичення, зберігання, обробку та інтерпретацію результатів діагностичних спостережень.

Інформаційно-аналітична система діагностики являє собою комплекс програмно-технічних засобів, призначених для автоматизованого аналізу технічного стану об'єктів на основі результатів моніторингу. Основними функціями таких систем є збір первинних даних, їх попередня обробка, фільтрація шумів, виявлення аномалій, прогнозування розвитку дефектів та формування рекомендацій щодо подальшої експлуатації обладнання.

Важливим етапом є попередня обробка діагностичних даних, яка передбачає усунення похибок вимірювання, нормалізацію параметрів та відновлення пропущених значень. Якість виконання цього етапу безпосередньо впливає на достовірність подальшого аналізу. Для обробки часових рядів використовуються методи цифрової фільтрації, згладжування, спектрального аналізу та статистичного оцінювання характеристик сигналів.

Для аналізу діагностичної інформації широко застосовуються статистичні методи, що дозволяють оцінювати середні значення параметрів, дисперсії, кореляційні залежності та закономірності зміни показників у часі. Використання статистичних критеріїв дає можливість виявляти відхилення від нормального

режиму функціонування обладнання та своєчасно фіксувати появу потенційно небезпечних змін у його стані.

Подальший розвиток інформаційно-аналітичних технологій пов'язаний із використанням методів інтелектуального аналізу даних (Data Mining). Такі методи забезпечують автоматичне виявлення прихованих закономірностей у великих масивах інформації, класифікацію технічних станів, пошук аномалій та прогнозування розвитку дефектів. Особливу ефективність демонструють алгоритми кластеризації, дерева рішень, методи опорних векторів та ансамблеві алгоритми машинного навчання[20].

Суттєві переваги в задачах аналізу діагностичних даних забезпечує застосування штучних нейронних мереж. Зокрема, рекурентні нейронні мережі типу LSTM дозволяють враховувати часову залежність між послідовними вимірюваннями та виконувати прогнозування технічного стану обладнання на основі історичних даних. Такі моделі є ефективними для виявлення прихованих тенденцій деградації конструкцій і прогнозування моменту виникнення відмов.

Для виявлення аномальної поведінки технічних систем використовуються алгоритми пошуку викидів, серед яких особливе місце займає метод Isolation Forest. Його застосування дозволяє автоматично визначати нетипові стани обладнання без необхідності попереднього формування навчальних вибірок з аварійними ситуаціями. Це особливо важливо для критичних технічних систем, де кількість реальних прикладів відмов є обмеженою.

Перспективним напрямом є використання нечітких моделей прийняття рішень для аналізу діагностичних даних. Нечітка логіка дозволяє враховувати невизначеність, неповноту та суперечливість інформації, що часто виникає під час оцінювання технічного стану складних конструкцій. Використання функцій належності та систем нечіткого висновку забезпечує можливість формування інтегральних показників ризику та підтримки прийняття рішень щодо подальшої експлуатації обладнання.

У сучасних умовах особливого значення набуває інтеграція інформаційно-аналітичних технологій із цифровими платформами моніторингу, технологіями Інтернету речей (IoT), хмарними обчисленнями та цифровими двійниками технічних систем. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервний контроль стану обладнання, оперативний аналіз отриманих даних і прогнозування можливих сценаріїв розвитку дефектів.

Таким чином, інформаційно-аналітичні технології обробки діагностичних даних є ключовим елементом сучасних систем моніторингу та діагностики технічного стану обладнання. Поєднання статистичних методів, технологій машинного навчання, нечіткої логіки та математичного моделювання створює основу для побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, спрямованих на підвищення надійності, безпеки та ефективності експлуатації промислових об'єктів.

#### **4.4. Прогнозування розвитку дефектів та ризиків відмов**

Одним із найважливіших завдань сучасної механіки руйнувань є прогнозування розвитку дефектів у конструкційних матеріалах та оцінювання ризику виникнення відмов на різних етапах експлуатації технічних систем. У процесі роботи елементи машин, механізмів, трубопроводів, будівельних конструкцій та інших інженерних об'єктів піддаються впливу статичних, циклічних, ударних і температурних навантажень. Під дією зазначених факторів у матеріалі можуть виникати та розвиватися різноманітні дефекти, зокрема мікротріщини, пори, включення, розшарування та інші неоднорідності структури.

Прогнозування розвитку дефектів передбачає визначення закономірностей зміни їх геометричних параметрів у часі та оцінювання моменту досягнення критичного стану, за якого подальша експлуатація конструкції стає

небезпечною. В основу такого прогнозування покладено положення механіки руйнувань, теорії надійності, статистичного аналізу та математичного моделювання процесів деградації матеріалів[41].

Особливого значення набуває проблема прогнозування дефектів у відповідальних конструкціях, відмова яких може призвести до значних матеріальних збитків, екологічних наслідків або людських жертв. До таких об'єктів належать елементи авіаційної техніки, енергетичного обладнання, транспортних систем, мостових споруд, магістральних трубопроводів та атомних електростанцій.

З позицій механіки руйнувань розвиток дефекту розглядається як процес накопичення пошкоджень, що супроводжується концентрацією напружень у локальних областях матеріалу. Навіть незначний дефект може суттєво знижувати несучу здатність конструкції, оскільки поблизу його вершини виникають підвищені напруження, які перевищують середній рівень напружень у матеріалі.

У сучасній практиці прогнозування застосовуються як аналітичні, так і чисельні методи оцінки швидкості росту тріщин. Вибір конкретного підходу залежить від типу матеріалу, умов навантаження та необхідної точності результатів.

Процес розвитку дефектів визначається фізичною природою пошкодження матеріалу та умовами його експлуатації. У більшості випадків руйнування відбувається поступово через накопичення мікроскопічних пошкоджень, які з часом об'єднуються у макроскопічні тріщини.

Серед основних механізмів розвитку дефектів можна виділити:

- втомне руйнування;
- крихке руйнування;
- в'язке руйнування;



- корозійне розтріскування;
- повзучість;
- термомеханічну втому;
- водневе окрихчення.

Втомне руйнування є одним із найпоширеніших механізмів деградації конструкційних матеріалів. Воно виникає під дією багаторазово повторюваних навантажень, навіть якщо їх рівень є значно нижчим від границі міцності матеріалу. При цьому у структурі матеріалу поступово накопичуються локальні пластичні деформації, які призводять до зародження мікротріщин. Крихке руйнування характеризується швидким поширенням тріщини без суттєвих пластичних деформацій. Такий механізм особливо небезпечний, оскільки руйнування може відбуватися практично миттєво після досягнення критичного значення коефіцієнта інтенсивності напружень. В'язке руйнування, навпаки, супроводжується значними пластичними деформаціями та поглинанням великої кількості енергії. Незважаючи на відносно безпечний характер такого процесу, його розвиток також потребує прогнозування для запобігання втраті працездатності конструкції. Корозійне розтріскування виникає внаслідок одночасного впливу механічних напружень і агресивного середовища. У багатьох випадках цей процес значно прискорює розвиток тріщин та скорочує ресурс конструкції.

Для оцінювання залишкового ресурсу конструкцій широко застосовуються математичні моделі росту тріщин. Найбільш відомою є модель Паріса, яка описує швидкість поширення втомної тріщини залежно від розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень[27].

Відповідно до закону Паріса швидкість росту тріщини визначається степеневою залежністю від зміни коефіцієнта інтенсивності напружень. Дана модель отримала широке практичне застосування завдяки простоті реалізації та достатній точності для багатьох інженерних задач. Для складніших умов навантаження використовуються моделі Формана, Вокера, Ердогана та інші

модифіковані залежності. Вони враховують вплив середнього напруження циклу, перевантажень, залишкових напружень та інших факторів.

Сучасні чисельні методи прогнозування базуються на використанні методу скінченних елементів[22]. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення виконується моделювання напружено-деформованого стану конструкції та визначаються параметри, необхідні для оцінки швидкості розвитку дефекту. Однією з переваг чисельного моделювання є можливість аналізу конструкцій складної геометрії, для яких отримання аналітичних розв'язків є практично неможливим. Крім того, сучасні програмні комплекси дозволяють моделювати процес поширення тріщини в автоматичному режимі з урахуванням зміни геометрії об'єкта. Оцінювання ризику відмов є невід'ємною складовою прогнозування технічного стану конструкцій. Під ризиком відмови розуміють ймовірність виникнення небажаної події, помножену на тяжкість її наслідків. Для визначення ризику застосовуються методи теорії ймовірностей та математичної статистики[30]. Основними параметрами є: ймовірність виникнення дефекту; швидкість його розвитку; критичний розмір дефекту; ймовірність руйнування конструкції; можливі наслідки аварії. У сучасних системах технічної діагностики широко використовуються ризик-орієнтовані підходи до управління експлуатацією обладнання. Такі підходи дозволяють визначати пріоритетність ремонтних робіт, оптимізувати витрати на технічне обслуговування та підвищувати рівень промислової безпеки.

Розрахунок ризику відмов часто здійснюється із застосуванням дерева відмов, дерева подій та методів Монте-Карло. Ці інструменти забезпечують можливість урахування великої кількості невизначеностей та випадкових факторів, характерних для реальних умов експлуатації. Важливою перевагою ризик-орієнтованого підходу є можливість переходу від регламентного обслуговування до обслуговування за технічним станом. У цьому випадку рішення щодо ремонту приймається на підставі фактичного стану обладнання та прогнозованого залишкового ресурсу.

Одним із найефективніших інструментів прогнозування розвитку дефектів та оцінювання ризиків відмов є застосування методів неруйнівного контролю (НК). Неруйнівний контроль являє собою комплекс технічних методів і засобів, що забезпечують виявлення дефектів, оцінювання технічного стану конструкцій та матеріалів без порушення їхньої цілісності та працездатності. Результати неруйнівного контролю є важливою інформаційною основою для прогнозування залишкового ресурсу обладнання та прийняття рішень щодо його подальшої експлуатації.

У сучасній промисловості методи неруйнівного контролю широко застосовуються для моніторингу технічного стану металоконструкцій, трубопроводів, посудин під тиском, елементів авіаційної техніки, транспортних засобів, енергетичного обладнання та інших відповідальних об'єктів. Використання таких методів дозволяє своєчасно виявляти зародження та розвиток дефектів, визначати їх геометричні параметри та прогнозувати можливість виникнення аварійних ситуацій.

Основною перевагою неруйнівного контролю є можливість проведення діагностичних досліджень без демонтажу обладнання та припинення його роботи. Це значно знижує витрати на технічне обслуговування та підвищує ефективність експлуатації виробничих систем. У процесі прогнозування розвитку дефектів найчастіше застосовуються ультразвуковий, радіографічний, магнітний, вихрострумний, капілярний та акустико-емісійний методи контролю. Ультразвуковий контроль належить до найбільш поширених методів діагностики дефектів у металевих конструкціях. Принцип його роботи базується на поширенні пружних хвиль високої частоти в матеріалі та аналізі сигналів, відбитих від внутрішніх неоднорідностей. Перевагами ультразвукового контролю є висока чутливість до внутрішніх дефектів, значна глибина проникнення ультразвукових хвиль та можливість визначення координат і розмірів дефектів. Метод дозволяє виявляти тріщини, пори, шлакові включення, неспроможні зварних швів та інші пошкодження. Отримані під час контролю дані використовуються для побудови моделей розвитку тріщин та оцінювання

залишкового ресурсу конструкцій. Періодичне проведення ультразвукових обстежень дозволяє відстежувати зміну розмірів дефектів у часі та прогнозувати момент досягнення критичного стану.

Радіографічний контроль базується на використанні рентгенівського або гамма-випромінювання для дослідження внутрішньої структури матеріалів. У процесі контролю випромінювання проходить через об'єкт і фіксується спеціальними приймачами або цифровими детекторами. Даний метод забезпечує отримання детального зображення внутрішніх дефектів та дозволяє виявляти пористість, тріщини, включення сторонніх матеріалів і порушення суцільності структури. Особливо ефективним радіографічний контроль є при обстеженні зварних з'єднань та відповідальних елементів трубопроводів. Результати радіографічних досліджень використовуються для аналізу темпів розвитку дефектів та прогнозування технічного стану об'єкта протягом заданого періоду експлуатації. Магнітопорошковий метод призначений для виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів у феромагнітних матеріалах. Під час контролю досліджуваний об'єкт намагнічується, а на його поверхню наноситься магнітний порошок або магнітна суспензія. У місцях розташування дефектів виникають локальні поля розсіювання, які притягують частинки порошку та утворюють характерні індикаторні рисунки. Це дозволяє виявляти тріщини, надриви, несплавлення та інші поверхневі дефекти. Метод широко використовується для контролю деталей машин, валів, осей, колісних пар та елементів металоконструкцій. Отримані результати є важливими для оцінювання стадії розвитку дефектів та визначення необхідності проведення ремонтних робіт. Вихрострумовий контроль базується на явищі електромагнітної індукції. Під дією змінного магнітного поля в провідному матеріалі виникають вихрові струми, параметри яких залежать від структури та стану поверхневого шару матеріалу. Наявність тріщин, корозійних пошкоджень або змін механічних властивостей призводить до зміни характеристик вихрових струмів, що реєструється вимірювальною апаратурою.

Метод характеризується високою швидкістю контролю та можливістю автоматизації процесу діагностики. Він широко застосовується для контролю труб теплообмінників, елементів авіаційних конструкцій та деталей складної форми. Капілярний контроль використовується для виявлення поверхневих дефектів, які мають вихід на поверхню виробу. Метод ґрунтується на проникненні спеціальної індикаторної рідини в порожнини дефектів під дією капілярних сил. Після видалення надлишків індикатора та нанесення проявника на поверхні утворюються контрастні індикаторні сліди, що відображають форму та розміри дефекту. Капілярний контроль відрізняється простотою реалізації, невисокою вартістю та можливістю застосування для широкого спектра матеріалів. Він використовується для виявлення мікротріщин, пор та інших поверхневих пошкоджень.

Акустико-емісійний метод є одним із найбільш перспективних засобів прогнозування розвитку дефектів. Його принцип полягає в реєстрації пружних хвиль, які виникають у матеріалі під час зародження та поширення мікротріщин. На відміну від більшості традиційних методів неруйнівного контролю, акустична емісія дозволяє виявляти не лише наявність дефекту, а й факт його активного розвитку в реальному часі. Завдяки цьому метод широко використовується для моніторингу посудин високого тиску, резервуарів, трубопроводів та інших відповідальних конструкцій. Аналіз параметрів акустичних сигналів дозволяє оцінювати швидкість деградації матеріалу та прогнозувати ймовірність руйнування. Результати неруйнівного контролю є вихідними даними для математичних моделей оцінювання технічного стану конструкцій. На основі отриманої інформації визначаються геометричні параметри дефектів, швидкість їх розвитку та залишковий ресурс обладнання. Поєднання даних неруйнівного контролю з методами механіки руйнувань дозволяє здійснювати розрахунок критичних розмірів тріщин, прогнозувати строки безпечної експлуатації та оцінювати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Таким чином, методи неруйнівного контролю є невід'ємною складовою сучасних систем технічної діагностики та прогнозування розвитку дефектів. Їх застосування забезпечує своєчасне виявлення пошкоджень, підвищення рівня безпеки експлуатації технічних систем і зниження ризику виникнення відмов та аварій.

Сучасний розвиток цифрових технологій сприяв активному впровадженню методів штучного інтелекту та машинного навчання у сферу технічної діагностики, прогнозування дефектів і оцінювання ризиків відмов технічних систем. На відміну від традиційних підходів, що базуються переважно на аналітичних моделях механіки руйнувань, методи штучного інтелекту здатні аналізувати великі обсяги даних, виявляти приховані закономірності та формувати прогнози навіть за умов складних нелінійних залежностей між параметрами експлуатації та процесами деградації матеріалів.

У задачах механіки руйнувань штучний інтелект використовується для прогнозування розвитку дефектів, визначення залишкового ресурсу конструкцій, оцінювання технічного стану обладнання та підтримки прийняття рішень щодо проведення ремонтних і профілактичних заходів. Основною перевагою таких підходів є здатність адаптуватися до нових даних та підвищувати точність прогнозів у процесі накопичення інформації про роботу об'єкта.

Сучасні промислові підприємства оснащуються великою кількістю сенсорів і систем моніторингу, які безперервно реєструють параметри роботи обладнання. До таких параметрів належать:

- рівень механічних навантажень;
- температура;
- вібрації;
- акустичні сигнали;
- деформації;

- тиск робочого середовища;
- результати неруйнівного контролю;
- дані технічного обслуговування та ремонтів.

У результаті експлуатації формується значний масив даних, аналіз якого традиційними методами часто є складним або неможливим. Саме тому застосування алгоритмів машинного навчання стає ефективним інструментом для автоматизованого виявлення ознак розвитку дефектів та прогнозування майбутнього технічного стану конструкцій. У задачах прогнозування відмов використовуються різні алгоритми машинного навчання, які можна поділити на кілька основних груп.

Контрольоване навчання передбачає використання наборів даних, для яких відомі правильні результати або цільові значення. На основі таких даних алгоритм навчається встановлювати залежності між вхідними параметрами та прогнозованими характеристиками.

До найбільш поширених алгоритмів належать:

- лінійна регресія;
- логістична регресія;
- дерева рішень;
- метод випадкового лісу (Random Forest);
- метод опорних векторів (Support Vector Machine);
- градієнтний бустинг;
- нейронні мережі.

У механіці руйнувань контрольоване навчання застосовується для прогнозування швидкості росту тріщин, визначення залишкового ресурсу та оцінювання ймовірності відмови обладнання.

Неконтрольоване навчання використовується у випадках, коли відсутні заздалегідь визначені правильні відповіді. Основним завданням є виявлення прихованих структур та закономірностей у даних.

Найчастіше використовуються:

- кластеризація;
- метод головних компонент;
- самоорганізовані карти Кохонена;
- алгоритми пошуку аномалій.

Такі методи дозволяють автоматично виявляти нестандартні режими роботи обладнання, які можуть свідчити про початок розвитку дефектів або деградацію конструкції.

Глибинне навчання є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку штучного інтелекту. Воно базується на використанні багатошарових нейронних мереж, які здатні автоматично виділяти складні ознаки з великих масивів даних.

У задачах прогнозування дефектів застосовуються:

- згорткові нейронні мережі (CNN);
- рекурентні нейронні мережі (RNN);
- мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM);
- трансформерні архітектури.

Ці моделі демонструють високу ефективність при аналізі сигналів вібрації, акустичної емісії, термографічних зображень та результатів ультразвукового контролю.

Одним із найбільш важливих напрямів застосування штучного інтелекту в механіці руйнувань є прогнозування росту тріщин. Традиційні моделі, такі як закон Паріса, описують розвиток тріщини через фізичні параметри



навантаження. Проте в реальних умовах експлуатації на процес руйнування впливає велика кількість додаткових факторів:

- змінні навантаження;
- температурні коливання;
- корозійні процеси;
- залишкові напруження;
- особливості мікроструктури матеріалу.

Алгоритми машинного навчання дозволяють враховувати одночасний вплив великої кількості параметрів і будувати більш точні прогностичні моделі. Для навчання використовуються результати експериментальних досліджень та дані експлуатаційного моніторингу. Після навчання модель може прогнозувати майбутні розміри тріщини, оцінювати швидкість її розвитку та визначати момент досягнення критичного стану конструкції.

Значний потенціал штучного інтелекту реалізується під час аналізу результатів неруйнівного контролю. Сучасні системи автоматично обробляють великі обсяги інформації, отриманої від ультразвукових, радіографічних, вихрострумових та акустико-емісійних методів контролю.

Алгоритми комп'ютерного зору та нейронні мережі здатні:

- автоматично виявляти дефекти;
- класифікувати типи пошкоджень;
- визначати геометричні параметри тріщин;
- оцінювати ступінь небезпеки дефекту;
- прогнозувати подальший розвиток пошкодження.

Автоматизація аналізу значно зменшує вплив людського фактора та підвищує достовірність результатів діагностики.

Одним із найважливіших напрямів використання штучного інтелекту є реалізація концепції прогностного технічного обслуговування (Predictive

Maintenance). На відміну від регламентного підходу, який передбачає проведення ремонтів через певні проміжки часу, прогнозне обслуговування базується на фактичному технічному стані обладнання.

Алгоритми машинного навчання аналізують поточні дані моніторингу та формують прогноз розвитку дефектів. На основі цих прогнозів визначається оптимальний момент проведення ремонтних робіт.

Застосування Predictive Maintenance дозволяє:

- зменшити кількість аварійних відмов;
- скоротити витрати на ремонт;
- підвищити надійність обладнання;
- продовжити термін експлуатації конструкцій;
- оптимізувати використання виробничих ресурсів.

Основними перевагами застосування штучного інтелекту в механіці руйнувань є:

- висока швидкість обробки даних;
- можливість роботи з великими інформаційними масивами;
- врахування складних нелінійних залежностей;
- автоматизація процесу діагностики;
- підвищення точності прогнозів;
- адаптація моделей до нових умов експлуатації.

Разом із тим існують певні обмеження. Ефективність алгоритмів значною мірою залежить від якості та обсягу навчальних даних. Недостатня кількість експериментальної інформації або наявність помилок у даних можуть призводити до зниження точності прогнозів. Крім того, складні нейронні мережі часто мають обмежену інтерпретованість результатів, що ускладнює пояснення причин отриманих прогнозів.

Таким чином, використання штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для прогнозування розвитку дефектів і ризиків відмов у механіці руйнувань. Інтелектуальні алгоритми забезпечують більш точний аналіз технічного стану конструкцій, дозволяють своєчасно виявляти ознаки деградації матеріалів та формувати обґрунтовані прогнози щодо залишкового ресурсу обладнання. Поєднання методів механіки руйнувань, неруйнівного контролю та сучасних технологій штучного інтелекту є перспективним напрямом підвищення надійності та безпеки технічних систем у промисловості, транспорті та енергетиці.

Прогнозування відмов є одним із найважливіших напрямів сучасної механіки руйнувань, оскільки дозволяє своєчасно виявляти небезпечні дефекти, оцінювати залишковий ресурс конструкцій та запобігати аваріям. Практичне застосування методів прогнозування базується на поєднанні результатів неруйнівного контролю, математичних моделей розвитку тріщин, статистичних методів оцінювання надійності та сучасних інформаційних технологій. У різних галузях промисловості накопичено значний досвід використання таких підходів для забезпечення безпечної експлуатації відповідальних технічних об'єктів.

Магістральні трубопроводи є одними з найбільш відповідальних інженерних споруд, оскільки їх руйнування може призвести до значних економічних збитків, забруднення навколишнього середовища та загрози життю людей. Основними причинами пошкоджень трубопроводів є корозія, втомне руйнування, дефекти зварних з'єднань та механічні пошкодження.

Для прогнозування розвитку дефектів у трубопроводах застосовуються методи внутрішньотрубної діагностики, ультразвукового контролю та магнітного дефектоскопічного обстеження. Отримані результати використовуються для визначення розмірів корозійних ушкоджень і тріщин, а також для оцінювання швидкості їх розвитку. Наприклад, під час обстеження ділянки магістрального газопроводу було виявлено локальну корозійну виразку глибиною 3 мм. На основі результатів попередніх вимірювань встановлено, що

швидкість корозійного зношування становить приблизно 0,2 мм на рік. За допомогою математичних моделей було визначено критичну глибину дефекту, за якої несуча здатність труби стане недостатньою. Результати розрахунків показали, що досягнення критичного стану можливе через 6–8 років експлуатації. Це дозволило завчасно включити відповідну ділянку до програми ремонтних робіт та уникнути аварійної ситуації.

У сучасних системах моніторингу трубопроводів також використовуються алгоритми машинного навчання, які аналізують дані про тиск, температуру та витрати робочого середовища для виявлення аномалій і прогнозування можливих відмов.

Мостові споруди піддаються постійним змінним навантаженням від транспортних засобів, температурним впливам та атмосферним чинникам. У процесі тривалої експлуатації в елементах мостів можуть виникати втомні тріщини, корозійні пошкодження та локальні деформації.

Одним із прикладів прогнозування відмов є моніторинг сталевих прогонових будов автомобільних мостів. Для контролю технічного стану використовуються датчики деформацій, системи акустичної емісії та ультразвукова діагностика.

Під час обстеження зварного з'єднання металевої балки мосту була виявлена тріщина довжиною 12 мм. За допомогою закону Паріса та даних про інтенсивність транспортного руху було розраховано швидкість її розвитку. Моделювання показало, що через п'ять років довжина тріщини може досягти критичного значення, яке становить загрозу для безпечної експлуатації споруди.

На підставі отриманих результатів було прийнято рішення про проведення підсилення конструкції та організацію додаткового моніторингу. Завдяки прогнозуванню вдалося уникнути аварійного руйнування та продовжити термін служби мосту.

Авіаційна техніка належить до об'єктів підвищеної відповідальності, тому питання прогнозування розвитку дефектів є надзвичайно важливими для забезпечення безпеки польотів. Під час експлуатації літальних апаратів конструкції зазнають багатоциклових навантажень, що призводять до накопичення втомних пошкоджень.

Для контролю технічного стану авіаційних конструкцій застосовуються вихрострумовий, ультразвуковий та рентгенографічний методи неруйнівного контролю. Особлива увага приділяється зонам концентрації напружень, отворам під кріпильні елементи та місцям з'єднання конструктивних елементів.

Практика показує, що навіть невеликі мікротріщини можуть стати причиною серйозних аварій. Саме тому в сучасній авіації використовуються концепції Damage Tolerance та Structural Health Monitoring, які передбачають постійне відстеження розвитку дефектів та оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкції. Наприклад, при контролі обшивки крила літака було виявлено мікротріщину довжиною 2 мм. На основі експериментальних даних та математичного моделювання визначено, що критичний розмір тріщини може бути досягнутий після приблизно 8000 польотних циклів. Це дозволило скоригувати графік технічного обслуговування та провести ремонт до виникнення небезпечної ситуації. Обладнання теплових та атомних електростанцій працює в умовах високих температур, тисків та тривалих експлуатаційних навантажень. Основними механізмами деградації матеріалів є повзучість, термічна втома та корозійне розтріскування. Для прогнозування відмов труб паропроводів, корпусів турбін та реакторного обладнання застосовуються комплексні системи моніторингу, які включають датчики температури, тиску та деформацій. Отримані дані використовуються для побудови моделей залишкового ресурсу. Прикладом є прогнозування стану паропроводу високого тиску, який експлуатувався понад 150 тисяч годин. Результати металографічних досліджень та вимірювань деформацій свідчили про розвиток процесів повзучості. За допомогою спеціалізованих розрахункових моделей було встановлено, що досягнення граничного стану можливе через 20–

25 тисяч годин подальшої роботи. На підставі прогнозу було заплановано заміну відповідної ділянки трубопроводу під час чергового ремонту. Залізничний транспорт характеризується значними циклічними навантаженнями, що призводять до накопичення втомних пошкоджень у колесах та осях рухомого складу. Для забезпечення безпеки руху застосовуються регулярні діагностичні обстеження із використанням ультразвукового та магнітопорошкового контролю.

Під час контролю осі колісної пари може бути виявлена поверхнева або внутрішня тріщина. Після визначення її геометричних параметрів виконується розрахунок залишкового ресурсу з використанням моделей росту тріщин. Якщо прогноз показує можливість досягнення критичних розмірів дефекту до наступного планового огляду, деталь підлягає заміні.

Використання таких підходів значно знижує ризик аварійних ситуацій та забезпечує надійну експлуатацію рухомого складу.

Останніми роками широкого поширення набувають цифрові системи моніторингу технічного стану, що базуються на технологіях Індустрії 4.0. Такі системи інтегрують датчики, засоби збору інформації, математичні моделі та алгоритми штучного інтелекту.

Завдяки безперервному аналізу параметрів роботи обладнання вони дозволяють:

- автоматично виявляти ознаки деградації;
- прогнозувати терміни виникнення відмов;
- оцінювати ризики руйнування;
- формувати рекомендації щодо технічного обслуговування;
- оптимізувати графіки ремонтів.

Практичний досвід впровадження таких систем свідчить про можливість зниження кількості аварійних відмов на 20–40 % та суттєве скорочення витрат

на ремонт і технічне обслуговування. Практичні приклади прогнозування відмов демонструють високу ефективність використання методів механіки руйнувань для забезпечення надійності технічних систем. Застосування математичних моделей розвитку тріщин, методів неруйнівного контролю та сучасних інформаційних технологій дозволяє своєчасно виявляти небезпечні дефекти, оцінювати залишковий ресурс конструкцій і запобігати виникненню аварійних ситуацій. Найбільшого поширення такі підходи набули в трубопровідному транспорті, авіаційній галузі, енергетиці, мостобудуванні та залізничному транспорті, де вимоги до безпеки та надійності є особливо високими.

Аналіз ризиків є одним із ключових елементів системи забезпечення надійності та безпечної експлуатації металоконструкцій і трубопроводів. У сучасних умовах промислового виробництва відмова таких об'єктів може призвести до значних економічних втрат, екологічних наслідків, порушення технологічних процесів та виникнення загрози для життя і здоров'я людей. Саме тому своєчасне виявлення потенційних небезпек, оцінювання ймовірності їх реалізації та прогнозування можливих наслідків є важливими завданнями механіки руйнувань і технічної діагностики.

Згідно з сучасними підходами, ризик визначається як комбінація ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її наслідків. У контексті експлуатації металоконструкцій і трубопроводів ризик безпосередньо пов'язаний із процесами накопичення пошкоджень, розвитком дефектів, деградацією матеріалів та можливістю досягнення конструкцією граничного стану.

Металоконструкції та трубопроводи експлуатуються в умовах впливу різноманітних зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть спричиняти розвиток дефектів та зниження несучої здатності конструкцій.

До основних джерел ризиків належать:

- механічні перевантаження;
- циклічні навантаження;

- корозійні процеси;
- температурні впливи;
- виробничі дефекти;
- помилки проєктування;
- дефекти монтажу;
- вплив агресивних середовищ;
- природні та техногенні фактори.

Особливо небезпечними є випадки одночасної дії кількох факторів, коли процеси деградації матеріалу можуть суттєво прискорюватися. Наприклад, поєднання циклічних навантажень і корозії часто призводить до виникнення корозійно-втомного руйнування, яке характеризується високою швидкістю розвитку тріщин.

Металоконструкції широко використовуються в будівництві, транспортній інфраструктурі, енергетиці та промисловості. До таких конструкцій належать мости, естакади, опори ліній електропередач, ферми, резервуари, баштові споруди та каркаси виробничих будівель.

Під час експлуатації металоконструкції зазнають дії статичних і динамічних навантажень, атмосферних впливів та процесів старіння матеріалу. Основними видами пошкоджень є:

- втомні тріщини;
- корозійне зношування;
- локальні пластичні деформації;
- руйнування зварних з'єднань;
- втрати стійкості окремих елементів.

Особливу небезпеку становлять втомні тріщини, які можуть тривалий час залишатися непомітними та поступово збільшуватися під дією повторних навантажень. За відсутності своєчасної діагностики такі дефекти можуть призвести до раптового руйнування конструкції.



Для оцінювання ризиків використовуються результати неруйнівного контролю, дані про умови експлуатації та математичні моделі механіки руйнувань. Важливим параметром є коефіцієнт інтенсивності напружень, який дозволяє оцінити ймовірність подальшого розвитку тріщини та визначити критичний розмір дефекту.

Трубопровідні системи є важливою складовою транспортної та енергетичної інфраструктури. Вони забезпечують транспортування нафти, природного газу, води, пари та інших робочих середовищ на значні відстані.

Основними причинами відмов трубопроводів є:

- внутрішня корозія;
- зовнішня корозія;
- дефекти зварних швів;
- механічні пошкодження;
- ерозійне зношування;
- втомне руйнування;
- перевищення допустимого тиску;
- геодинамічні впливи.

Однією з найбільш поширених причин аварій є корозійне пошкодження стінки труби. У процесі експлуатації товщина металу поступово зменшується, що призводить до зниження міцності конструкції та підвищення ризику розгерметизації.

Для магістральних трубопроводів навіть незначна аварія може мати серйозні наслідки, серед яких:

- припинення транспортування продукції;
- значні економічні збитки;
- забруднення довкілля;
- пожежі та вибухи;

- загроза населенню та персоналу.

Саме тому аналіз ризиків трубопровідних систем є обов'язковим етапом управління їхньою експлуатацією.

Оцінювання ризиків здійснюється шляхом послідовного аналізу можливих сценаріїв розвитку пошкоджень та визначення наслідків їх реалізації.

Типова процедура включає такі етапи:

1. Ідентифікація потенційних небезпек.
2. Виявлення та класифікація дефектів.
3. Аналіз механізмів руйнування.
4. Визначення ймовірності відмови.
5. Оцінювання можливих наслідків.
6. Розрахунок інтегрального показника ризику.
7. Розроблення заходів щодо зниження ризику.

У процесі оцінювання використовуються як детерміновані, так і ймовірнісні методи аналізу. Найбільш поширеними є метод дерева відмов (Fault Tree Analysis), метод дерева подій (Event Tree Analysis), аналіз видів і наслідків відмов (FMEA) та метод Монте-Карло.

Сучасні системи управління технічним станом дедалі частіше базуються на ризик-орієнтованому підході. Його сутність полягає у визначенні пріоритетності технічного обслуговування залежно від рівня ризику конкретного об'єкта.

Згідно з концепцією Risk-Based Inspection (RBI), частота проведення діагностичних обстежень визначається не фіксованими інтервалами часу, а результатами аналізу ризиків. Для об'єктів із високим рівнем ризику передбачаються більш часті перевірки та додаткові заходи контролю.

Основними перевагами ризик-орієнтованого підходу є:

- підвищення рівня промислової безпеки;
- оптимізація витрат на технічне обслуговування;
- ефективне використання ресурсів;
- зменшення кількості аварійних ситуацій;
- продовження терміну служби обладнання.

Особливо ефективним такий підхід є для великих трубопровідних систем та складних металоконструкцій, де проведення суцільного контролю всіх елементів є економічно недоцільним.

Розвиток цифрових технологій значно розширив можливості аналізу ризиків. Сучасні системи моніторингу дозволяють у режимі реального часу збирати інформацію про технічний стан конструкцій та автоматично оцінювати рівень небезпеки.

Для цього використовуються:

- сенсорні мережі;
- цифрові двійники конструкцій;
- системи структурного моніторингу;
- технології великих даних;
- алгоритми машинного навчання;
- штучний інтелект.

На основі безперервного аналізу параметрів роботи обладнання формуються прогнози розвитку дефектів і розраховуються показники ризику. Це дозволяє своєчасно виявляти небезпечні тенденції та приймати обґрунтовані рішення щодо подальшої експлуатації об'єкта.

Для мінімізації ризиків відмов металоконструкцій і трубопроводів застосовується комплекс організаційних та технічних заходів.

До основних заходів належать:

- регулярний неруйнівний контроль;
- моніторинг технічного стану;
- захист від корозії;
- підсилення конструктивних елементів;
- своєчасне виконання ремонтів;
- модернізація обладнання;
- впровадження систем автоматичного контролю;
- використання прогнозного технічного обслуговування.

Комплексне застосування зазначених заходів дозволяє значно знизити ймовірність виникнення аварій та забезпечити безпечну експлуатацію об'єктів протягом усього життєвого циклу.

Аналіз ризиків для металоконструкцій і трубопроводів є важливим інструментом забезпечення надійності та безпеки технічних систем. Своєчасне виявлення дефектів, оцінювання ймовірності їх розвитку та прогнозування можливих наслідків дозволяють запобігати аваріям і оптимізувати процеси технічного обслуговування. Поєднання методів механіки руйнувань, неруйнівного контролю, математичного моделювання та сучасних цифрових технологій створює ефективну основу для управління ризиками та підвищення довговічності металоконструкцій і трубопровідних систем

У даному розділі було розглянуто сучасні підходи до прогнозування розвитку дефектів та оцінювання ризиків відмов у рамках механіки руйнувань. Встановлено, що надійність і безпечність експлуатації технічних систем значною мірою залежать від своєчасного виявлення пошкоджень, оцінювання закономірностей їх розвитку та визначення залишкового ресурсу конструкцій.

Проведений аналіз показав, що процес руйнування матеріалів є складним багатофакторним явищем, яке визначається впливом механічних навантажень, корозійних процесів, температурних факторів, циклічної втоми та особливостей структури матеріалу. Розвиток дефектів супроводжується поступовим

накопиченням пошкоджень, що з часом може призвести до втрати несучої здатності конструкції та виникнення аварійної ситуації. У зв'язку з цим прогнозування розвитку тріщин і дефектів є одним із найважливіших завдань сучасної механіки руйнувань.

Встановлено, що для оцінювання швидкості розвитку дефектів та визначення залишкового ресурсу широко використовуються математичні моделі росту тріщин, які базуються на параметрах механіки руйнувань. Особливе значення мають методи, засновані на визначенні коефіцієнта інтенсивності напружень та аналізі напружено-деформованого стану конструкцій. Застосування таких моделей дозволяє оцінювати критичні розміри дефектів і прогнозувати строки безпечної експлуатації обладнання.

Важливу роль у прогнозуванні розвитку дефектів відіграють методи неруйнівного контролю. Використання ультразвукового, радіографічного, магнітопорошкового, вихрострумового, капілярного та акустико-емісійного контролю забезпечує можливість своєчасного виявлення дефектів без порушення працездатності об'єкта. Отримані результати є основою для оцінювання технічного стану конструкцій та побудови прогнозних моделей їх подальшої експлуатації.

У ході дослідження встановлено, що перспективним напрямом розвитку систем прогнозування є впровадження технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Використання сучасних алгоритмів аналізу даних дозволяє обробляти великі обсяги інформації, автоматично виявляти ознаки деградації матеріалів і підвищувати точність прогнозів щодо розвитку дефектів та виникнення відмов. Особливу ефективність такі підходи демонструють у системах безперервного моніторингу технічного стану обладнання.

Розглянуті практичні приклади прогнозування відмов для трубопровідного транспорту, мостових споруд, авіаційної техніки, енергетичного обладнання та залізничного транспорту підтверджують доцільність використання

комплексного підходу до оцінювання технічного стану конструкцій. Поєднання результатів неруйнівного контролю, математичного моделювання та сучасних інформаційних технологій дозволяє суттєво підвищити ефективність діагностики та знизити ризик виникнення аварійних ситуацій.

Окрему увагу приділено аналізу ризиків для металоконструкцій і трубопроводів. Встановлено, що ризик-орієнтований підхід забезпечує більш ефективне управління технічним станом обладнання порівняно з традиційними регламентними методами обслуговування. Використання методів оцінювання ризику дає можливість визначати найбільш критичні елементи конструкцій, оптимізувати програми контролю та раціонально розподіляти ресурси на проведення ремонтних заходів.

Таким чином, прогнозування розвитку дефектів та оцінювання ризиків відмов є невід'ємною складовою сучасних систем забезпечення надійності технічних об'єктів. Комплексне використання методів механіки руйнувань, неруйнівного контролю, математичного моделювання, теорії надійності та штучного інтелекту дозволяє своєчасно виявляти небезпечні пошкодження, прогнозувати їх розвиток і приймати обґрунтовані рішення щодо подальшої експлуатації обладнання.

Отримані результати свідчать про те, що впровадження сучасних методів прогнозування технічного стану конструкцій сприяє підвищенню рівня промислової безпеки, зменшенню експлуатаційних витрат, продовженню терміну служби обладнання та зниженню ймовірності виникнення аварій і техногенних катастроф. У перспективі подальший розвиток цифрових технологій, систем моніторингу та алгоритмів штучного інтелекту забезпечить ще вищу точність прогнозування та ефективність управління технічними ризиками на всіх етапах життєвого циклу інженерних конструкцій.

#### **4.5. Цифрові технології підтримки прийняття рішень щодо логістичних процесів управління в бізнесі**

У даному розділі монографії розширили поняття «управління конкурентоспроможністю підприємства бізнесу» до поняття «управління конкурентоспроможністю суб'єкта бізнесу». Суб'єкт бізнесу – це: юридична або фізичні особа, громадянин України, іноземець та особа без громадянства; відокремлений підрозділ господарських організацій (філія й представництво) [134]. Таке розширення дає можливість залучати до об'єктів розгляду юридичних і фізичних осіб як громадян України, так й іноземців, що актуально для сільськогосподарських та взаємопов'язаних з ними підприємств агробізнесу, які складають дослідницьку базу роботи.

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки логістичні процеси стають одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності, стійкості та ефективності розвитку суб'єктів бізнесу. Глобалізація ринків, зростання вимог споживачів до швидкості та якості обслуговування, необхідність оперативного реагування на кризові явища й ризики обумовлюють широке впровадження цифрових технологій у систему управління логістичними потоками. Цифровізація логістики сприяє підвищенню прозорості бізнес-процесів, скороченню витрат, оптимізації використання ресурсів та формуванню нових моделей взаємодії між учасниками ланцюгів постачання.

Логістичні процеси управління в бізнесі охоплюють планування, організацію, координацію та контроль матеріальних, інформаційних, фінансових і сервісних потоків від постачальника до кінцевого споживача. Ефективність цих процесів значною мірою залежить від якості управлінських рішень, які приймаються в умовах невизначеності, динамічності зовнішнього середовища та значних обсягів інформації. Саме тому особливого значення набувають цифрові

технології підтримки прийняття рішень, що забезпечують автоматизований збір, оброблення, аналіз та інтерпретацію даних у режимі реального часу.

Оснoву цифрового управління логістичними процесами становлять корпоративні інформаційні системи класу ERP (Enterprise Resource Planning), які інтегрують інформаційні потоки різних підрозділів підприємства в єдиному інформаційному просторі. Використання ERP-систем дозволяє синхронізувати виробничі, фінансові, закупівельні та збутові процеси, забезпечуючи комплексну підтримку управлінських рішень. Завдяки інтеграції даних керівництво підприємства отримує можливість оперативно оцінювати стан запасів, рівень завантаження виробничих потужностей, обсяги реалізації продукції та ефективність використання ресурсів.

Важливу роль у цифровізації логістики відіграють системи управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management, SCM), які забезпечують координацію діяльності постачальників, виробників, логістичних операторів і споживачів. Такі системи дозволяють оптимізувати маршрути доставки, прогнозувати попит, управляти запасами та мінімізувати ризики виникнення дефіциту або надлишку продукції. Використання SCM-технологій сприяє скороченню логістичних витрат, підвищенню рівня сервісу та зміцненню партнерських зв'язків між учасниками бізнес-процесів.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку цифрових технологій підтримки прийняття рішень є застосування технологій великих даних (Big Data). Сучасні підприємства генерують значні масиви інформації про виробничі операції, транспортні перевезення, закупівлі, поведінку клієнтів та ринкові тенденції. Аналітичні інструменти Big Data дозволяють виявляти приховані закономірності, прогнозувати майбутні події та формувати обґрунтовані управлінські рішення. Зокрема, аналіз історичних даних дає можливість прогнозувати попит на продукцію, визначати оптимальні рівні запасів та своєчасно виявляти потенційні ризики в логістичних ланцюгах.



Подальший розвиток цифрових технологій пов'язаний із використанням методів штучного інтелекту та машинного навчання. Алгоритми інтелектуального аналізу даних здатні автоматично обробляти великі обсяги інформації, адаптуватися до змін зовнішнього середовища та генерувати рекомендації щодо вибору оптимальних управлінських рішень. У логістичній сфері такі технології застосовуються для прогнозування попиту, оптимізації транспортних маршрутів, управління складськими запасами, планування виробництва та оцінювання ризиків. Використання штучного інтелекту дозволяє підвищити швидкість прийняття рішень та зменшити вплив людського фактора на результати управлінської діяльності.

Важливим елементом цифрової логістики є технологія Інтернету речей (Internet of Things, IoT), яка забезпечує безперервний моніторинг стану об'єктів логістичної інфраструктури. Використання датчиків, RFID-міток, GPS-трекерів та інших засобів автоматизованого збору даних дозволяє отримувати актуальну інформацію про місцезнаходження вантажів, стан транспортних засобів, температурні режими зберігання продукції та інші параметри логістичних процесів. На основі цих даних формуються управлінські рішення щодо оптимізації маршрутів перевезень, скорочення часу доставки та підвищення надійності логістичних операцій.

Суттєве значення для підтримки прийняття рішень мають цифрові двійники (Digital Twins), які являють собою віртуальні моделі реальних об'єктів або процесів. Цифровий двійник логістичної системи дозволяє моделювати різні сценарії функціонування підприємства, оцінювати наслідки управлінських рішень та прогнозувати можливі ризики. Завдяки цьому керівники отримують можливість тестувати альтернативні варіанти розвитку подій без втручання в реальні бізнес-процеси та обирати найбільш ефективні стратегії управління.

Особливого значення в умовах цифрової економіки набувають системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS). Такі системи поєднують аналітичні моделі, бази даних, інструменти прогнозування та візуалізації інформації. Їх використання дозволяє автоматизувати процес аналізу

альтернатив, оцінювання наслідків рішень та вибору оптимальних варіантів управління логістичними процесами. Сучасні DSS-системи інтегруються з корпоративними інформаційними платформами та забезпечують керівників актуальною інформацією для прийняття стратегічних і оперативних рішень.

Окрему роль відіграють хмарні технології[76], які забезпечують доступ до інформаційних ресурсів незалежно від місця перебування користувачів. Хмарні платформи дозволяють організувати спільну роботу учасників логістичних процесів, оперативно обмінюватися інформацією та координувати діяльність розподілених структурних підрозділів. Особливо актуальними такі рішення є для міжнародних компаній та підприємств, діяльність яких здійснюється в умовах територіальної розподіленості ресурсів і персоналу.

В умовах кризових викликів, воєнних загроз та нестабільності ринкового середовища цифрові технології підтримки прийняття рішень стають важливим інструментом забезпечення стійкості логістичних систем. Вони дозволяють своєчасно виявляти ризики, прогнозувати наслідки зовнішніх впливів, адаптувати логістичні маршрути до змін ситуації та підтримувати безперервність бізнес-процесів. Використання цифрових платформ сприяє підвищенню гнучкості підприємств, швидкості реагування на зміни зовнішнього середовища та ефективності використання ресурсів.

Таким чином, цифрові технології підтримки прийняття рішень формують основу сучасного управління логістичними процесами в бізнесі. Інтеграція інформаційних систем, технологій штучного інтелекту, великих даних, Інтернету речей, цифрових двійників та хмарних сервісів забезпечує підвищення ефективності логістичних операцій, зниження витрат, мінімізацію ризиків та формування стійких конкурентних переваг підприємств у цифровій економіці. Перспективи подальшого розвитку цифрової логістики пов'язані з розширенням використання інтелектуальних систем управління, автоматизацією прийняття рішень та створенням адаптивних логістичних мереж, здатних функціонувати в умовах високої невизначеності та швидких змін зовнішнього середовища.

До ринкової трансформації в сільському господарстві поступово формувалися конкурентні переваги галузево-збалансованої (рослинництво, тваринництво) концентрації виробництва, що підкріплювалося збереженням родючості землі та умов життя людей в сільській місцевості. Механізувалася подача води й кормів на фермах, була створена комбікормова галузь, формувалися між-господарські підприємства, агрофірми, агрокомбінати та інші форми спеціалізації. В період перебудови галузі були втрачені досягнуті результати зі спеціалізації, збалансованої концентрації та кооперації сільськогосподарського виробництва, виробничо-економічні зв'язки між підприємствами зруйнувалися, розпалися кооперативні формування (агрокомбінати, міжгосподарські об'єднання), підприємства повернулися до багатогалузевого типу виробництва [106].

Незбалансована концентрація виробництва втратила статус джерела переваг в перспективі. Забезпечити конкурентні переваги сільськогосподарського виробництва можливо за допомогою стейкхолдер менеджменту конкурентоспроможності через врахування інтересів в розвитку учасників конкурентного процесу (споживач, підприємець, працівник, розробник стандартів). Для цього оптимізаційно-технологічний підхід до управління конкурентоспроможністю замінюється на людино-центричний підхід.

Логістичними процесами управління конкурентоспроможністю суб'єктів агробізнесу України є процеси її відновлення й розвитку. Їх потоковий характер простежується у русі через виробничу систему матеріальних й інформаційних потоків. Ключовий інформаційний вплив на дані процеси чинить споживач, від задоволення потреб якого залежить конкурентоспроможність та існування підприємства на ринку. Таке традиційне поняття конкурентоспроможності, як суперництво, в інформаційному суспільстві зазнало трансформації в поняття співробітництво суб'єктів конкурентного процесу (конкуренти, споживачі, комплементатори інновацій, суб'єкти агробізнесу) на шляху до задоволення потреб споживача. В роботі в число комплементаторів включено підприємства, які забезпечують сільське господарство ресурсною й просторовою базою

функціонування, а споживча орієнтація проявляється через задоволення усвідомлених і неусвідомлених потреб споживача в саморозвитку.

Споживач голосує покупкою за конкурентоспроможність підприємства на ринку в разі, коли його функціональні підсистеми побудовані за споживчо-орієнтованими цілями.

Разом із зміною пріоритетів від суперництва до співробітництва змінився підхід до оцінки конкурентоспроможності від відносного порівняння діяльності з конкурентами до відносного порівняння власних станів розвитку на шляху до більш повного задоволення потреб споживача. Разом з тим, порівняння з конкурентами залишається, однак змінюється його мета: від випередження — до більш кращого задоволення потреб споживача.

Автори концепції збалансованої системи ключових показників (ЗСП) бізнесу навели причинно-наслідковий ланцюжок оцінки суб'єктом господарювання власної конкурентоспроможності (результати продажів є проявом лояльності споживача до товарів суб'єкта господарювання, причиною лояльності є орієнтовані на споживача бізнес-процеси, причиною ефективності бізнес-процесів є впровадження нових інформаційних технологій, можливість впровадження яких оцінюється через здатність до перенавчання персоналу) [116].

В роботі висунута концепція системного задоволення потреб споживача (за складовими піраміди потреб А. Маслоу), працівника, підприємця, розробника стандартів у власному саморозвитку. Споживач інформаційного суспільства бажає задовольняти вищі потреби в самовираженні. Тому на товарах, що задовольняють фізіологічні потреби, він заощаджує, товари щодо задоволення потреб в безпеці й комфорті повинні бути максимально якісними (тоді вони більш економні в експлуатації), а головна споживча властивість товарів щодо задоволення вищих потреб в самовираженні є їх інноваційно-креативна диференціація. Працівник-виробник товарів, підприємець-організатор їх виробництва, розробник стандартів також самостійно розвиваються приймаючи участь в орієнтованому на споживача бізнес-процесі. Перший

самовдосконалюється через розвиток психофізіологічних здібностей (динамічність, раціоналізація у сфері якості, творчість), другий – через розвиток конкуренто-спроможного бізнесу з економно-, якісно-, диференційно-дисипативною структурою, а третій – через закріплення позитивних змін в стандартах діяльності.

#### **4.6. Результативність управління конкурентоспроможністю суб'єктів бізнесу**

Результативність управління конкурентоспроможністю суб'єктів бізнесу є комплексною характеристикою, що відображає здатність підприємства забезпечувати стійке функціонування, адаптуватися до змін зовнішнього середовища, формувати та підтримувати конкурентні переваги, а також досягати стратегічних цілей розвитку. В умовах цифрової трансформації економіки, глобалізації ринків, інноваційних змін і високого рівня невизначеності конкурентоспроможність стає не лише показником поточного стану підприємства, а й ключовим фактором його довгострокового успіху.

Сучасний підхід до оцінювання результативності управління конкурентоспроможністю ґрунтується на розумінні підприємства як відкритої соціально-економічної системи, що взаємодіє з різноманітними групами стейкхолдерів: споживачами, працівниками, інвесторами, партнерами, органами державної влади та місцевими громадами. У цьому контексті результативність управління конкурентоспроможністю визначається не лише фінансовими результатами діяльності, але й рівнем задоволення потреб зацікавлених сторін, здатністю підприємства до інноваційного розвитку, соціальної відповідальності та екологічної стійкості.

Економічна складова результативності проявляється через зростання доходів, прибутковості, рентабельності, продуктивності праці, ринкової вартості підприємства та його частки на ринку. Водночас важливими індикаторами є

стабільність фінансових потоків, ефективність використання ресурсів, рівень інвестиційної привабливості та здатність генерувати додану вартість. Підприємство, яке успішно управляє власною конкурентоспроможністю, здатне забезпечувати стійке економічне зростання навіть в умовах кризових явищ та нестабільності ринкового середовища.

Організаційна результативність управління конкурентоспроможністю характеризується ефективністю бізнес-процесів, якістю управлінських рішень, гнучкістю організаційної структури та швидкістю реагування на зміни зовнішнього середовища. Особливого значення набуває розвиток механізмів самоорганізації, організаційного навчання та управління знаннями, які дозволяють підприємству накопичувати та використовувати інтелектуальний капітал для формування нових конкурентних переваг.

Важливою складовою результативності є інноваційна активність підприємства. Вона проявляється у здатності створювати нові продукти та послуги, впроваджувати сучасні технології, цифрові рішення, автоматизовані системи управління та інструменти штучного інтелекту. Інноваційно активні підприємства мають значно вищі можливості щодо адаптації до ринкових змін, задоволення потреб споживачів та формування унікальних ринкових пропозицій.

Соціальний аспект результативності управління конкурентоспроможністю пов'язаний із розвитком людського капіталу, формуванням сприятливого соціально-психологічного клімату, забезпеченням умов для професійного зростання персоналу та підвищенням рівня його мотивації. Працівники, які постійно навчаються, розвивають компетентності та беруть участь у процесах удосконалення діяльності підприємства, стають важливим джерелом конкурентних переваг.

В умовах інформатизації особливого значення набувають цифрові показники результативності конкурентоспроможності. До них належать рівень цифрової зрілості підприємства, ступінь автоматизації бізнес-процесів,

ефективність використання інформаційно-аналітичних систем, швидкість обробки інформації та якість цифрової взаємодії з клієнтами. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє суттєво підвищити якість управлінських рішень, скоротити витрати та забезпечити оперативне реагування на зміни ринкової кон'юнктури.

З позицій людиноцентричного підходу результативність управління конкурентоспроможністю доцільно оцінювати через здатність підприємства забезпечувати умови для розвитку всіх учасників конкурентного процесу. Споживач отримує якісний, доступний або інноваційний продукт, працівник – можливості професійного та особистісного розвитку, підприємець – стабільний дохід і перспективи зростання бізнесу, суспільство – соціально відповідальну діяльність та створення нових робочих місць. Саме такий підхід забезпечує довгострокову стійкість конкурентних переваг та формує основу для безпечного розвитку підприємства.

Таким чином, результативність управління конкурентоспроможністю суб'єктів бізнесу є багатовимірною категорією, яка охоплює економічні, організаційні, інноваційні, соціальні та цифрові аспекти діяльності. Її забезпечення передбачає системне поєднання стратегічного управління, розвитку людського капіталу, використання сучасних інформаційних технологій та орієнтацію на потреби всіх зацікавлених сторін. Лише за таких умов підприємство здатне підтримувати високий рівень конкурентоспроможності, ефективно функціонувати в умовах невизначеності та забезпечувати сталий розвиток у довгостроковій перспективі.

Для визначення стану управління конкурентоспроможністю суб'єктів агробізнесу обґрунтуємо використання механізму її оцінки. Раніше були розроблені: методика (науковий підхід) оцінки й реалізації процесів управління відновлення та розвитку конкурентоспроможності суб'єктів агробізнесу в короткостроковому періоді; методика оцінки й реалізації процесів управління відновлення та розвитку конкурентоспроможності суб'єкта агробізнесу за рахунок приведення його діяльності до вимог базової конкурентної стратегії;

методика оцінки й реалізації процесів управління відновлення та розвитку конкурентоспроможності суб'єкта агробізнесу через приведення його діяльності до вимог державних нормативів.

Наведене свідчить про необхідність урахування результату всіх трьох видів перевірки при розробці механізму оцінки й реалізації процесів управління конкурентоспроможністю підприємницьких структур агробізнесу. Наведемо результати дослідження з розробки такого механізму.

Концепція формування механізму через систему методів управління підвищенням конкурентоспроможності суб'єкта агробізнесу укладається в їхньому опису за допомогою уніфікованих прийомів і способів, економічному оцінюванні на тлі ринку операційної й фінансової систем суб'єкта господарювання, а також в їхній перевірці на відповідність базовій конкурентній стратегії й державним нормативам.

Загальний висновок про реалізацію процесів управління відновлення та розвитку конкурентоспроможності суб'єкта агробізнесу роблять у випадку трьох позитивних результатів перевірок (економічної, ринкової, нормативної).

Наведемо дані, отримані в ході досліджень, з доказу працездатності механізму на суб'єктах агробізнесу національної економіки. Під час досліджень було виділено дві групи суб'єктів господарювання. До першої групи віднесені ті, які успішно розвиваються, а до другої – суб'єкти господарювання, що знаходяться на межі банкрутства.



## **РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ**

У розділі розглядаються підходи до економіко-математичного моделювання розвитку підприємства з урахуванням технічного стану основних засобів. Основна увага приділяється встановленню взаємозв'язку між рівнем надійності виробничого обладнання, його залишковим ресурсом та ключовими економічними показниками діяльності підприємства.

Розглянуто моделі оцінювання ефективності функціонування підприємства, що базуються на врахуванні показників технічної справності та ризиків відмов обладнання. Досліджено вплив деградації основних засобів на зниження продуктивності, збільшення витрат на обслуговування та загальні економічні втрати.

Запропоновано підходи до оптимізації інвестиційних програм оновлення основних засобів, які дозволяють забезпечити раціональний розподіл фінансових ресурсів між ремонтними роботами та модернізацією обладнання з урахуванням його технічного стану та критичності для виробничого процесу.

Окрему увагу приділено питанням управління ризиками експлуатації обладнання на основі результатів технічної діагностики, а також формуванню стратегій сталого та безпечного розвитку підприємства. Узагальнено, що використання економіко-математичних моделей дозволяє підвищити ефективність управлінських рішень і забезпечити збалансований розвиток підприємства в умовах невизначеності та зростаючих вимог до технічної безпеки.

## **5.1. Моделі оцінювання ефективності виробничих підприємств на основі показників надійності**

Ефективність діяльності виробничого підприємства значною мірою визначається технічним станом його основних засобів, рівнем надійності обладнання та здатністю виробничої системи забезпечувати безперервне виконання технологічних процесів. У сучасних умовах господарювання надійність розглядається не лише як технічна характеристика обладнання, але й як важливий економічний чинник, що безпосередньо впливає на продуктивність праці, собівартість продукції, фінансові результати діяльності та конкурентоспроможність підприємства.

Стабільне функціонування виробничого обладнання забезпечує ритмічність виробництва, дотримання технологічних регламентів та ефективне використання ресурсів. Водночас виникнення дефектів, пошкоджень або відмов обладнання призводить до простоїв, порушення виробничих циклів, збільшення витрат на технічне обслуговування та ремонт, а також до зниження якості готової продукції. У результаті погіршуються основні економічні показники діяльності підприємства та зростають виробничі ризики.

Сучасні підходи до оцінювання ефективності виробничих підприємств передбачають врахування не лише фінансових показників, а й технічних характеристик виробничих систем. Особливого значення набувають показники надійності, які дозволяють оцінити здатність обладнання виконувати задані функції протягом визначеного часу без виникнення відмов. До таких показників належать безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, коефіцієнт готовності та залишковий ресурс обладнання.

Використання моделей оцінювання ефективності на основі показників надійності дає можливість встановити взаємозв'язок між технічним станом виробничих засобів та економічними результатами діяльності підприємства. Чим вищий рівень надійності обладнання, тим меншими є втрати від аварійних

зупинок виробництва, витрати на ремонт та ризики невиконання виробничих планів. Відповідно, підвищується продуктивність виробництва, зменшується собівартість продукції та покращуються фінансові показники підприємства.

Важливим напрямом сучасних досліджень є інтеграція показників надійності до систем підтримки управлінських рішень. Це дозволяє оцінювати економічні наслідки технічного зношування обладнання, прогнозувати майбутні витрати на його обслуговування та визначати доцільність проведення модернізації або заміни окремих елементів виробничої інфраструктури. Особливо актуальним такий підхід є для підприємств, діяльність яких пов'язана з використанням складного технологічного обладнання та підвищеними вимогами до безпеки виробництва.

Значну роль у підвищенні ефективності виробничих підприємств відіграють сучасні інформаційні технології моніторингу технічного стану обладнання[113]. Використання автоматизованих систем контролю, методів технічної діагностики та прогнозування залишкового ресурсу дозволяє своєчасно виявляти ознаки деградації конструкцій, попереджати розвиток небезпечних дефектів і зменшувати ймовірність аварійних ситуацій. Це сприяє зниженню експлуатаційних витрат і забезпечує більш раціональне використання виробничих ресурсів.

Таким чином, моделі оцінювання ефективності виробничих підприємств на основі показників надійності забезпечують комплексний підхід до аналізу діяльності підприємства, поєднуючи економічні та технічні аспекти управління. Їх застосування дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень, забезпечити раціональне планування ремонтних і інвестиційних програм, а також створити умови для сталого розвитку підприємства в умовах зростаючої конкуренції та підвищених вимог до безпеки виробництва.

## **5.2. Аналіз впливу технічного стану обладнання на економічні результати діяльності підприємства**

Технічний стан виробничого обладнання є одним із ключових чинників, що визначають ефективність функціонування підприємства та його економічні результати. Надійність, працездатність і довговічність технічних засобів безпосередньо впливають на обсяги виробництва, якість продукції, рівень виробничих витрат і конкурентоспроможність підприємства на ринку. У сучасних умовах господарювання забезпечення належного технічного стану обладнання розглядається як важлива складова системи управління підприємством та необхідна умова його сталого розвитку.

Фізичне та моральне зношування основних засобів поступово призводить до погіршення техніко-експлуатаційних характеристик обладнання. У процесі експлуатації відбувається накопичення дефектів, зниження міцності конструктивних елементів, збільшення частоти відмов та зменшення продуктивності виробничих систем. Такі процеси супроводжуються зростанням витрат на технічне обслуговування і ремонт, підвищенням ризику аварійних ситуацій та скороченням строку безпечної експлуатації обладнання.

Одним із найбільш суттєвих наслідків погіршення технічного стану обладнання є виникнення простоїв виробництва. Незаплановані зупинки технологічних процесів призводять до втрати робочого часу, недовиконання виробничих програм, порушення графіків постачання продукції та зниження рівня задоволеності споживачів. У результаті підприємство зазнає прямих фінансових втрат, а також може втрачати ринкові позиції через зниження надійності виконання договірних зобов'язань.

Технічний стан обладнання істотно впливає на якість продукції. Поява дефектів у технологічному обладнанні може спричиняти відхилення параметрів виробничого процесу від нормативних значень, що призводить до збільшення кількості браку та додаткових витрат на його усунення. Погіршення якості продукції негативно позначається на репутації підприємства, знижує рівень довіри споживачів і може призвести до скорочення обсягів реалізації.

Важливим економічним наслідком зниження технічної надійності обладнання є збільшення експлуатаційних витрат. Зростання кількості ремонтів потребує додаткових матеріальних, трудових і фінансових ресурсів. Крім того, підвищується споживання енергетичних ресурсів, зменшується ефективність використання сировини та збільшуються витрати на підтримання працездатності виробничої інфраструктури. Сукупний вплив зазначених факторів призводить до зростання собівартості продукції та зниження рівня прибутковості підприємства.

Особливо важливим є врахування технічного стану обладнання під час формування інвестиційної політики підприємства. Своєчасне оновлення основних засобів, модернізація технологічного обладнання та впровадження сучасних систем моніторингу дозволяють зменшити виробничі ризики та забезпечити стабільність функціонування підприємства у довгостроковій перспективі. При цьому прийняття управлінських рішень щодо інвестування має базуватися на результатах комплексного аналізу технічного стану обладнання та прогнозуванні його залишкового ресурсу.

Сучасні інформаційні технології створюють нові можливості для оцінювання впливу технічного стану обладнання на економічні результати діяльності підприємства. Використання систем технічної діагностики, засобів моніторингу та математичних моделей прогнозування дозволяє своєчасно виявляти ознаки деградації конструкцій і прогнозувати можливі відмови. Це забезпечує перехід від реактивного до проактивного управління технічним станом обладнання, що сприяє зменшенню витрат і підвищенню ефективності виробничої діяльності.

Таким чином, технічний стан обладнання є важливим фактором формування економічних результатів діяльності підприємства. Забезпечення високого рівня надійності та безпечної експлуатації виробничих засобів сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат, покращенню якості продукції та зміцненню конкурентних позицій підприємства. Тому ефективне управління технічним станом обладнання повинно розглядатися як один із пріоритетних

напрямів забезпечення економічної стійкості та розвитку сучасних виробничих систем.

### **5.3. Оптимізація інвестиційних програм оновлення основних засобів**

Оптимізація інвестиційних програм оновлення основних засобів є важливим елементом управління розвитком виробничого підприємства, що безпосередньо впливає на його економічну стійкість, технологічний рівень та конкурентоспроможність. У сучасних умовах динамічних змін ринкового середовища та зростання вимог до якості продукції особливого значення набуває раціональне планування інвестицій у технічне переоснащення виробництва з урахуванням фактичного стану обладнання та прогнозу його подальшої експлуатації.

Основною метою оптимізації інвестиційних програм є досягнення балансу між витратами на оновлення основних засобів та економічним ефектом від підвищення їх надійності й продуктивності. При цьому враховуються такі чинники, як ступінь зношеності обладнання, частота відмов, витрати на ремонт і технічне обслуговування, а також вплив технічного стану виробничих систем на якість продукції та стабільність виробничого процесу.

У процесі формування інвестиційної програми важливим є визначення пріоритетності оновлення окремих груп основних засобів. Першочерговому оновленню підлягає обладнання з критичним рівнем зношеності або підвищеним ризиком відмов, що може призвести до значних економічних втрат або порушення виробничих циклів. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики аварійних ситуацій та забезпечити безперервність виробничого процесу.

Сучасні підходи до оптимізації інвестиційних програм базуються на використанні економіко-математичних моделей, які враховують багатофакторний характер процесів оновлення основних засобів. Зокрема,

застосовуються методи багатокритеріальної оптимізації, що дозволяють одночасно враховувати технічні, економічні та ризикові аспекти прийняття рішень. Важливу роль відіграє також прогнозування залишкового ресурсу обладнання, що забезпечує більш обґрунтоване планування термінів його заміни або модернізації.

Інтеграція інформаційних технологій моніторингу технічного стану обладнання з системами управління інвестиціями дозволяє формувати адаптивні інвестиційні програми, які коригуються відповідно до реального стану виробничих активів. Це забезпечує підвищення точності планування, зменшення надлишкових витрат та підвищення ефективності використання інвестиційних ресурсів.

Особливе значення має врахування ризиків, пов'язаних із невизначеністю технічного стану обладнання та можливими сценаріями його деградації. Використання моделей ризик-орієнтованого управління дозволяє оцінювати ймовірність відмов та їх потенційні наслідки для виробничої системи, що є основою для прийняття зважених інвестиційних рішень.

Таким чином, оптимізація інвестиційних програм оновлення основних засобів є складним багатокритеріальним завданням, яке потребує комплексного врахування технічних, економічних та ризикових факторів. Застосування сучасних методів математичного моделювання, інформаційних технологій та систем моніторингу технічного стану обладнання дозволяє підвищити ефективність інвестиційної діяльності підприємства та забезпечити його сталий розвиток у довгостроковій перспективі.

#### **5.4. Управління ризиками експлуатації обладнання на основі результатів діагностики**

Управління ризиками експлуатації обладнання є невід’ємною складовою сучасних систем технічного менеджменту виробничих підприємств, спрямованою на забезпечення надійності, безпеки та ефективності функціонування технічних систем. У контексті зростання складності виробничого обладнання та підвищення вимог до безперервності технологічних процесів особливого значення набуває використання результатів технічної діагностики як основи для прийняття управлінських рішень щодо мінімізації ризиків відмов та аварій.

Ризики експлуатації обладнання формуються під впливом сукупності факторів, серед яких ключовими є фізичне зношування конструктивних елементів, накопичення дефектів, порушення режимів експлуатації, а також вплив зовнішніх середовищних умов. У процесі експлуатації ці фактори призводять до поступового зниження надійності обладнання та збільшення ймовірності виникнення відмов, що, у свою чергу, може спричиняти значні економічні втрати та порушення виробничих процесів.

Важливу роль у системі управління ризиками відіграють результати технічної діагностики, які дозволяють отримати об’єктивну інформацію про фактичний стан обладнання. На основі аналізу діагностичних даних здійснюється виявлення прихованих дефектів, оцінювання ступеня їх розвитку та прогнозування можливих сценаріїв деградації технічних систем. Це створює передумови для своєчасного прийняття рішень щодо технічного обслуговування, ремонту або заміни обладнання.

Сучасні підходи до управління ризиками базуються на інтеграції методів технічної діагностики, математичного моделювання та інформаційних технологій. Зокрема, застосовуються методи статистичного аналізу, моделі прогнозування відмов, нечіткі підходи до оцінювання стану систем, а також інтелектуальні алгоритми аналізу великих обсягів діагностичних даних. Такий комплексний підхід дозволяє підвищити точність оцінювання ризиків та забезпечити більш ефективне управління експлуатаційними процесами.



Особливе значення має впровадження систем безперервного моніторингу технічного стану обладнання, які забезпечують оперативне виявлення відхилень від нормального режиму роботи. Отримані в режимі реального часу дані дозволяють формувати динамічну оцінку ризиків та адаптувати стратегії управління залежно від поточного стану виробничих систем. Це сприяє переходу від реактивного до проактивного підходу в управлінні експлуатацією обладнання.

Ефективне управління ризиками передбачає також класифікацію та пріоритизацію ризикових подій залежно від їх потенційного впливу на виробничу систему. Це дозволяє зосередити ресурси на запобіганні найбільш критичним відмовам та мінімізувати наслідки можливих аварійних ситуацій. У результаті підвищується загальна стійкість виробничої системи та зменшуються економічні втрати від непередбачених зупинок обладнання.

Таким чином, управління ризиками експлуатації обладнання на основі результатів технічної діагностики є ефективним інструментом підвищення надійності та безпеки виробничих систем. Його реалізація забезпечує своєчасне виявлення та попередження відмов, оптимізацію витрат на технічне обслуговування, а також підвищення загальної ефективності функціонування підприємства в умовах невизначеності та зростаючих технологічних вимог.

## **5.5. Формування стратегії безпечного та ефективного розвитку підприємства**

Формування стратегії безпечного та ефективного розвитку підприємства є завершальним етапом системного управління виробничою діяльністю, що інтегрує результати технічного, економічного та ризик-орієнтованого аналізу. У сучасних умовах функціонування промислових підприємств така стратегія повинна забезпечувати не лише досягнення економічної ефективності, але й

гарантований рівень технічної безпеки виробничих процесів, стабільність роботи обладнання та мінімізацію ймовірності аварійних ситуацій.

Основою формування стратегії є комплексне врахування технічного стану основних засобів, результатів діагностики обладнання, показників його надійності та прогнозів залишкового ресурсу. Ці дані дозволяють визначити критичні елементи виробничої системи, оцінити рівень їхнього зношування та встановити пріоритети щодо модернізації, ремонту або заміни обладнання. Таким чином, стратегічне планування базується на об'єктивній інформації про фактичний стан виробничої інфраструктури.

Важливим компонентом стратегії є забезпечення балансу між економічною доцільністю та вимогами технічної безпеки. Надмірна економія на оновленні основних засобів може призвести до підвищення ризику відмов і аварій, тоді як надмірні інвестиції без урахування реального стану обладнання знижують ефективність використання ресурсів підприємства. У зв'язку з цим стратегія повинна формуватися на основі багатокритеріального підходу, що враховує як економічні показники, так і показники надійності та безпеки.

Сучасні підходи до стратегічного управління передбачають використання цифрових технологій, систем моніторингу та математичного моделювання для підтримки прийняття рішень. Інтеграція даних про технічний стан обладнання в єдину інформаційну систему підприємства дозволяє здійснювати безперервний аналіз ризиків, прогнозувати розвиток дефектів та оперативно коригувати стратегічні рішення відповідно до змін виробничого середовища.

Окрему роль у формуванні стратегії відіграє управління виробничими ризиками, яке передбачає ідентифікацію потенційних загроз, оцінювання їхнього впливу та розроблення заходів із мінімізації негативних наслідків. Такий підхід забезпечує підвищення стійкості підприємства до зовнішніх і внутрішніх впливів та сприяє формуванню адаптивної моделі розвитку.

Таким чином, стратегія безпечного та ефективного розвитку підприємства повинна розглядатися як інтегрована система управлінських рішень,

спрямованих на забезпечення довгострокової стабільності, підвищення надійності виробничих процесів та оптимізацію використання ресурсів. Її реалізація дозволяє досягти узгодженого поєднання економічної ефективності та технічної безпеки, що є ключовою умовою сталого розвитку сучасних виробничих систем.

## **5.6. Оптимізація логістичних систем як чинник підвищення конкурентоспроможності підприємств**

У сучасних умовах розвитку економіки поняття управління конкурентоспроможністю потребує розширеного трактування, що враховує різноманітність суб'єктів господарської діяльності та особливості їх функціонування в ринковому середовищі. У зв'язку з цим доцільним є перехід від категорії «управління конкурентоспроможністю підприємства» до ширшого поняття «управління конкурентоспроможністю суб'єкта бізнесу». Такий підхід охоплює не лише юридичних осіб, а й фізичних осіб-підприємців, відокремлені структурні підрозділи, а також інших учасників господарських відносин, діяльність яких впливає на формування конкурентних переваг у відповідних секторах економіки[156].

Особливо актуальним зазначений підхід є для аграрного сектору, де конкурентоспроможність формується під впливом складної системи виробничих, економічних, соціальних та екологічних чинників. Історичний розвиток аграрного виробництва свідчить, що тривалий час основою підвищення ефективності господарювання виступали процеси спеціалізації, кооперації та збалансованої концентрації виробництва. Поєднання галузей рослинництва і тваринництва забезпечувало раціональне використання ресурсів, підтримання родючості ґрунтів, розвиток сільських територій та стабільність виробничих процесів. Значний внесок у підвищення продуктивності аграрного виробництва

здійснювали міжгосподарські об'єднання, агрокомбінати, агрофірми та інші форми кооперації.

Ринкові трансформації, що відбулися наприкінці ХХ століття, призвели до суттєвих структурних змін у сільському господарстві. Порушення виробничо-економічних зв'язків, скорочення коопераційних процесів та переорієнтація господарств на вузькоспеціалізовані або багатогалузеві моделі діяльності зумовили втрату частини раніше сформованих конкурентних переваг. За таких умов традиційні підходи до забезпечення конкурентоспроможності, що базувалися переважно на технологічній ефективності та виробничих показниках, виявилися недостатніми для забезпечення сталого розвитку агробізнесу.

Сучасна концепція управління конкурентоспроможністю все більше орієнтується на людиноцентричний підхід, у межах якого основна увага приділяється врахуванню інтересів усіх учасників економічних відносин. Важливого значення набуває взаємодія між споживачами, виробниками, працівниками, постачальниками ресурсів, інвесторами, органами державного регулювання та іншими зацікавленими сторонами. Саме баланс їхніх інтересів створює передумови для довгострокового зростання конкурентоспроможності суб'єкта господарювання. У цьому контексті логістичні процеси управління конкурентоспроможністю слід розглядати як систему взаємопов'язаних матеріальних та інформаційних потоків, спрямованих на забезпечення відновлення, підтримання та розвитку конкурентних переваг суб'єкта бізнесу. Вирішальну роль у таких процесах відіграє інформаційний потік, джерелом якого виступає споживач. Саме потреби, очікування та вимоги споживачів визначають напрями вдосконалення продукції, технологій, бізнес-процесів та управлінських рішень. Поширення інформаційних технологій та цифрових платформ зумовило трансформацію класичного розуміння конкуренції. Якщо раніше основний акцент робився на суперництві між виробниками, то сьогодні дедалі більшого значення набувають механізми співробітництва, партнерства та мережевої взаємодії. У сучасних умовах конкурентні переваги формуються не лише в результаті боротьби за ринок, а й завдяки кооперації з постачальниками,

науковими установами, інноваційними компаніями, інвесторами та іншими учасниками економічної системи. Такий підхід забезпечує створення додаткової цінності для кінцевого споживача та підвищує стійкість бізнесу до зовнішніх викликів. Відповідно змінюються і підходи до оцінювання конкурентоспроможності. Традиційне порівняння діяльності підприємства з конкурентами поступово доповнюється аналізом динаміки власного розвитку та здатності суб'єкта господарювання більш повно задовольняти потреби споживачів. Конкурентне середовище продовжує виконувати роль орієнтира для розвитку, однак головним критерієм успішності стає не випередження конкурентів саме по собі, а створення максимальної споживчої цінності.

Важливе теоретичне підґрунтя для дослідження логістичних процесів управління конкурентоспроможністю формує концепція збалансованої системи показників. Відповідно до цієї концепції результати діяльності підприємства є наслідком рівня задоволеності та лояльності споживачів. Лояльність, у свою чергу, визначається якістю бізнес-процесів, орієнтованих на потреби клієнта. Ефективність бізнес-процесів залежить від рівня використання сучасних інформаційних технологій, тоді як успішне впровадження інновацій значною мірою обумовлюється здатністю персоналу до навчання, адаптації та професійного розвитку. Таким чином, конкурентоспроможність суб'єкта бізнесу формується як результат комплексної взаємодії логістичних, інформаційних, організаційних та людських факторів, що забезпечують його стале функціонування та розвиток у довгостроковій перспективі.

У межах даного дослідження запропоновано концепцію системного задоволення потреб усіх учасників економічних відносин, які беруть участь у створенні та споживанні продукції агробізнесу. До таких учасників належать споживачі, працівники, підприємці та суб'єкти, відповідальні за розроблення нормативно-правових і галузевих стандартів. Концептуальною основою дослідження виступає положення про те, що стійкий розвиток суб'єктів господарювання можливий лише за умови одночасного задоволення потреб усіх

зацікавлених сторін у власному професійному, соціальному та економічному розвитку.

В умовах інформаційного суспільства структура споживчих потреб зазнає суттєвих змін. Якщо в індустріальну епоху основна увага приділялася задоволенню базових фізіологічних потреб, то сучасний споживач дедалі більше орієнтується на реалізацію потреб вищого рівня, пов'язаних із самореалізацією, творчим розвитком, соціальним визнанням та самовираженням. Саме тому зростає попит на інноваційні продукти та послуги, які забезпечують нові можливості для розвитку особистості. При цьому споживачі прагнуть мінімізувати витрати на продукцію, що задовольняє базові фізіологічні потреби, водночас висуваючи підвищені вимоги до товарів і послуг, пов'язаних із забезпеченням безпеки, комфорту та якості життя. Найбільшу цінність для сучасного ринку становлять продукти, що характеризуються високим рівнем інноваційності, креативності та унікальності. Саме інноваційно-креативна диференціація продукції стає визначальним чинником формування конкурентних переваг підприємства.

У запропонованій концепції розвиток споживача розглядається у взаємозв'язку з розвитком інших учасників економічної системи. Працівник удосконалює власні професійні компетентності, розвиває творчі здібності, набуває нових знань та навичок, необхідних для створення конкурентоспроможної продукції. Підприємець забезпечує організацію виробничих процесів, формує ефективну структуру управління та створює умови для інноваційного розвитку підприємства. Розробники стандартів сприяють закріпленню позитивних змін у нормативній базі, забезпечуючи поширення найкращих практик у масштабах галузі та національної економіки.

Працівники, які беруть участь у виробничих процесах, реалізують власний потенціал через підвищення професійної майстерності, розвиток раціоналізаторських здібностей, творче вирішення виробничих завдань та безперервне навчання. У свою чергу, підприємці досягають саморозвитку через створення конкурентоспроможних бізнес-систем, що поєднують економічну

ефективність, високу якість продукції та здатність до постійного оновлення. Для таких підприємств характерними є економно-дисипативні, якісно-дисипативні та диференційно-дисипативні структури організації діяльності.

З метою оцінювання рівня конкурентоспроможності суб'єктів агробізнесу було здійснено критичний аналіз існуючих показників та методичних підходів. Особлива увага приділялася можливості використання цих показників для оцінювання ступеня задоволення потреб основних учасників конкурентних відносин у власному розвитку.

Результати аналізу свідчать, що переважна більшість традиційних показників конкурентоспроможності характеризує діяльність підприємства лише опосередковано. Такі показники відображають фінансовий стан, виробничу ефективність або ринкову позицію суб'єкта господарювання, однак не дають змоги безпосередньо оцінити вплив діяльності підприємства на розвиток споживачів, працівників чи інших учасників економічних відносин.

Фактично лише незначна частина традиційних показників безпосередньо характеризує результати розвитку підприємця як власника бізнесу. Водночас показники, що дозволяють оцінити внесок підприємства у розвиток споживача або суспільства загалом, представлені недостатньо.

У зв'язку з цим запропоновано використовувати показник конкурентної стійкості, який відображає здатність підприємства забезпечувати довготривале зростання результатів діяльності за умов прибуткового функціонування. Конкурентна стійкість характеризує не лише поточний рівень ефективності, а й потенціал підприємства до подальшого розвитку та адаптації до змін зовнішнього середовища.

Запропонований підхід базується на аналізі динаміки чистого доходу підприємства протягом тривалого періоду часу. Якщо показники доходу демонструють стійку позитивну тенденцію та супроводжуються рентабельною діяльністю, це свідчить про успішне задоволення потреб усіх основних учасників

економічних відносин. Таким чином, конкурентна стійкість розглядається як інтегральна характеристика ефективності функціонування суб'єкта агробізнесу.

Специфіка розвитку аграрного сектору України зумовлює необхідність розширення традиційного розуміння конкурентоспроможності. До аналізу мають включатися не лише безпосередні виробники сільськогосподарської продукції, а й підприємства, які забезпечують їх ресурсною, технологічною, інфраструктурною та просторовою підтримкою. Таке розширення дозволяє враховувати вплив суміжних галузей економіки на формування конкурентних переваг агробізнесу.

Важливе місце у сучасних дослідженнях займає поняття комплементаторів – суб'єктів господарювання, діяльність яких сприяє підвищенню ефективності основного виробництва. До них належать підприємства машинобудування, логістичні компанії, постачальники ресурсів, науково-дослідні установи, освітні організації та інші учасники агропромислового комплексу.

Традиційно конкурентоспроможність підприємств рослинницької галузі забезпечується шляхом удосконалення структури виробництва, підвищення продуктивності праці, оптимізації витрат, застосування сучасних технологій та ефективної цінової політики. Разом із тим дослідження показують, що вирішальним фактором довгострокового успіху стає не лише рівень виробничої ефективності, а й здатність підприємства адаптуватися до змін ринку, впроваджувати інновації та формувати стійкі партнерські зв'язки.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку агробізнесу свідчить про наявність позитивної динаміки більшості показників продуктивності ресурсів та ефективності господарської діяльності. Зростають показники урожайності, продуктивності праці, рівня рентабельності та технологічного забезпечення виробництва. Разом із тим залишаються проблеми, пов'язані зі зростанням собівартості продукції, нерівномірністю цінової кон'юнктури та недостатньою конкурентоспроможністю малих фермерських господарств.



Особливої уваги потребує проблема обмеженого доступу дрібних виробників до ефективних каналів збуту та сучасної інфраструктури зберігання і переробки продукції. Саме ці фактори часто стають стримувальними чинниками підвищення конкурентоспроможності фермерських господарств та їх інтеграції у висококонкурентне ринкове середовище.

Таким чином, забезпечення конкурентоспроможності суб'єктів агробізнесу повинно базуватися на системному підході, який поєднує економічну ефективність, інноваційний розвиток, соціальну відповідальність та орієнтацію на задоволення потреб усіх учасників конкурентного процесу. Саме такий підхід створює передумови для формування довгострокових конкурентних переваг та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору економіки.

У сучасних умовах розвитку ринкової економіки конкурентоспроможність та ефективність функціонування бізнесу визначаються не лише рівнем фінансових результатів, а й здатністю підприємств адаптуватися до змін зовнішнього середовища, забезпечувати стаке зростання та створювати цінність для всіх учасників економічних відносин. У зв'язку з цим традиційне розуміння конкурентоспроможності як здатності підприємства перевершувати конкурентів на ринку поступово трансформується у більш широкий підхід, орієнтований на забезпечення довгострокового розвитку, інноваційності та задоволення потреб усіх зацікавлених сторін.

Сучасний бізнес функціонує в умовах високої динамічності економічних процесів, цифрової трансформації, глобалізації ринків та зростання ролі знань як ключового ресурсу розвитку. За таких умов особливого значення набуває людиноцентричний підхід до управління, який передбачає врахування інтересів споживачів, працівників, власників бізнесу, партнерів, інвесторів та суспільства в цілому. Саме гармонізація інтересів цих груп забезпечує стійкість бізнес-процесів та формування довгострокових конкурентних переваг. У межах даного підходу розвиток бізнесу розглядається як безперервний процес створення, обробки та передачі матеріальних, фінансових та інформаційних потоків. Вирішальне значення при цьому має інформаційна складова управління,

оскільки саме інформація виступає основою прийняття управлінських рішень, прогнозування змін ринкового середовища та формування ефективної стратегії розвитку підприємства. Важливу роль у забезпеченні конкурентоспроможності бізнесу відіграє споживач, який фактично визначає успішність діяльності підприємства через попит на його продукцію чи послуги. Саме ступінь задоволення потреб споживача виступає основним критерієм оцінювання результативності бізнес-процесів. У сучасній економіці конкуренція все більше набуває характеру співробітництва між учасниками ринку, коли підприємства, партнери, постачальники та навіть конкуренти взаємодіють з метою створення більшої цінності для кінцевого споживача.

Зміна пріоритетів від жорсткої конкурентної боротьби до партнерської взаємодії зумовлює необхідність переосмислення підходів до оцінювання ефективності діяльності бізнесу. Якщо традиційно оцінювання ґрунтувалося переважно на порівнянні показників підприємства з результатами конкурентів, то сучасний підхід передбачає аналіз динаміки власного розвитку підприємства, його здатності вдосконалювати внутрішні процеси та підвищувати рівень задоволення потреб клієнтів.

Особливого значення набуває концепція системного задоволення потреб усіх учасників бізнес-процесів. Споживач прагне отримати якісний продукт або послугу, що відповідають його функціональним, соціальним та індивідуальним потребам. Працівник зацікавлений у професійному розвитку, стабільній зайнятості та реалізації власного потенціалу. Власник бізнесу орієнтується на забезпечення прибутковості та довгострокового розвитку підприємства. Держава і суспільство зацікавлені у дотриманні стандартів якості, безпеки, соціальної відповідальності та сталого розвитку.

У сучасних умовах інформаційного суспільства особливого значення набувають інноваційність, креативність та здатність до постійного навчання. Конкурентні переваги формуються не лише за рахунок ресурсів чи технологій, а й завдяки ефективному використанню знань, розвитку людського капіталу та впровадженню інноваційних рішень. Саме тому підприємства дедалі більше

уваги приділяють розвитку організаційного навчання, управлінню знаннями та формуванню культури безперервного вдосконалення.

Критичний аналіз традиційних показників оцінювання конкурентоспроможності свідчить, що більшість із них відображають результати діяльності лише опосередковано та не дозволяють повною мірою оцінити рівень задоволення потреб основних учасників бізнес-процесів. Фінансові показники, продуктивність праці, обсяги реалізації чи рентабельність є важливими індикаторами, проте вони характеризують наслідки діяльності, а не причини досягнення відповідних результатів.

У зв'язку з цим доцільним є використання комплексного підходу до оцінювання ефективності розвитку бізнесу, який поєднує фінансові, виробничі, інноваційні, соціальні та управлінські показники. Такий підхід дозволяє оцінювати не лише поточний стан підприємства, але й його потенціал до подальшого розвитку, здатність адаптуватися до змін зовнішнього середовища та забезпечувати стає функціонування у довгостроковій перспективі.

Сучасні дослідження підтверджують, що успішність бізнесу визначається не стільки окремими економічними показниками, скільки здатністю підприємства забезпечувати збалансований розвиток усіх складових своєї діяльності. До таких складових належать ефективність бізнес-процесів, рівень цифровізації управління, інноваційна активність, якість управлінських рішень, компетентність персоналу, рівень задоволеності клієнтів та фінансова стійкість.

Таким чином, забезпечення конкурентоспроможності сучасного бізнесу потребує переходу від вузького економічного підходу до комплексної системи управління розвитком підприємства. Така система повинна базуватися на принципах інноваційності, адаптивності, клієнтоорієнтованості, соціальної відповідальності та безперервного вдосконалення, що створює передумови для досягнення довгострокових конкурентних переваг і сталого економічного зростання.

У сучасних наукових дослідженнях конкурентоспроможність суб'єктів господарювання дедалі частіше розглядається як результат ефективного формування та використання їхнього конкурентного потенціалу. Вважається, що рівень конкурентоспроможності підприємства безпосередньо залежить від наявних ресурсів, здатності перетворювати їх на конкурентні переваги та забезпечувати отримання економічних результатів у довгостроковій перспективі. З цієї точки зору конкурентний потенціал являє собою сукупність матеріальних, фінансових, кадрових, інформаційних, інтелектуальних та організаційних ресурсів, які створюють передумови для успішного функціонування підприємства в конкурентному середовищі.

У науковій літературі[82,83] підкреслюється, що оцінювання конкурентного потенціалу повинно базуватися не лише на аналізі наявних ресурсів, а й на визначенні ефективності їх використання. Важливим є співставлення потенційних можливостей підприємства із фактично досягнутими результатами діяльності. Такий підхід дозволяє виявляти резерви розвитку та визначати напрями підвищення конкурентоспроможності.

Традиційно оцінювання конкурентних позицій бізнесу здійснюється шляхом порівняння результативності діяльності підприємств із показниками лідерів ринку. У межах такого підходу еталонні компанії розглядаються як орієнтир для інших суб'єктів господарювання щодо рівня продуктивності ресурсів, прибутковості активів, ефективності управління та організації бізнес-процесів. Вважається, що підвищення конкурентоспроможності можливе шляхом збільшення економічного ефекту, отриманого від використання наявних ресурсів, та впровадження успішних управлінських практик провідних компаній.

Разом з тим, результати сучасних досліджень свідчать про обмеженість підходів, які базуються виключно на оцінюванні фінансових показників або продуктивності ресурсів. Прибуток, рентабельність, продуктивність праці та інші економічні індикатори характеризують результати діяльності підприємства, але не завжди відображають реальний рівень його конкурентоспроможності та довгострокової стійкості. Практика показує, що окремі підприємства можуть

демонструвати високі виробничі результати, проте поступатися конкурентам за якістю управління, рівнем інноваційності, клієнтоорієнтованістю чи здатністю адаптуватися до змін зовнішнього середовища.

У зв'язку з цим актуальності набуває переосмислення підходів до управління конкурентоспроможністю. Традиційний оптимізаційно-технологічний підхід орієнтується переважно на максимізацію прибутку, підвищення продуктивності ресурсів, скорочення витрат та концентрацію діяльності у найбільш прибуткових сегментах ринку. Такий підхід забезпечує короткострокові економічні переваги, однак у довгостроковій перспективі може супроводжуватися низкою негативних наслідків. Серед них – зниження лояльності споживачів, погіршення корпоративної репутації, зменшення можливостей професійного розвитку персоналу, послаблення інноваційної активності та втрата здатності до адаптації в умовах цифрової трансформації економіки.

Альтернативою виступає людиноцентричний підхід до управління конкурентоспроможністю, який розглядає підприємство як соціально-економічну систему, орієнтовану на створення цінності для всіх зацікавлених сторін. У межах цього підходу ключовими факторами розвитку стають не лише економічні результати, а й рівень задоволення потреб споживачів, професійне зростання персоналу, інноваційний потенціал організації, соціальна відповідальність бізнесу та його внесок у розвиток суспільства.

Особливого значення набуває здатність підприємства до навчання та використання сучасних інформаційних технологій. Відповідно до концепції збалансованої системи показників, довгострокова ефективність бізнесу формується через взаємозв'язок між розвитком персоналу, впровадженням інноваційних технологій, удосконаленням бізнес-процесів, підвищенням задоволеності клієнтів та зростанням фінансових результатів. Саме людський капітал і здатність працівників до безперервного навчання стають фундаментом формування стійких конкурентних переваг.

Досвід провідних компаній світу свідчить, що конкурентоспроможність забезпечується не лише ефективним використанням ресурсів, а й створенням сприятливого середовища для професійного та особистісного розвитку працівників, впровадженням інновацій, використанням сучасних цифрових технологій та формуванням партнерських відносин із клієнтами й суспільством. У таких умовах економічне зростання поєднується із соціальним розвитком, екологічною відповідальністю та підвищенням якості життя.

Таким чином, сучасне управління конкурентоспроможністю бізнесу повинно базуватися на комплексному підході, який поєднує економічну ефективність, інноваційність, розвиток людського капіталу та соціальну відповідальність. Лише за таких умов підприємство здатне забезпечити стійкий розвиток, адаптацію до змін зовнішнього середовища та довгострокове зміцнення своїх конкурентних позицій на ринку.

В умовах цифрової трансформації економіки та посилення глобальної конкуренції проблема формування стійких конкурентних переваг підприємств дедалі більше пов'язується з розвитком людського капіталу, інноваційного потенціалу та креативних індустрій. Сучасні дослідження свідчать, що ключовим чинником довгострокової конкурентоспроможності стає людиноцентричний підхід до управління, який передбачає орієнтацію на розвиток творчих здібностей, професійних компетентностей і підприємницьких ініціатив персоналу. Такий підхід створює передумови для формування інноваційного середовища, здатного генерувати нові бізнес-ідеї, продукти та управлінські рішення.

Концепції креативної економіки демонструють можливість успішного перенесення творчих підходів із культурної та мистецької сфер у практику організації бізнес-процесів. У результаті підприємства отримують додаткові можливості для підвищення ефективності діяльності, створення унікальних конкурентних переваг і формування нових ринкових ніш. Особливого значення набуває розвиток кластерних форм співробітництва, які забезпечують синергію між виробництвом, наукою, освітою, сферою послуг і місцевими громадами.

Такі об'єднання сприяють підвищенню інноваційної активності суб'єктів господарювання, залученню інвестицій та розвитку територій.

Одним із важливих показників ефективності функціонування підприємства в конкурентному середовищі є рівень його конкурентної стійкості. Конкурентна стійкість характеризує здатність підприємства забезпечувати стабільне функціонування та розвиток у довгостроковій перспективі, зберігати ринкові позиції та ефективно реагувати на зміни зовнішнього середовища. Аналіз діяльності підприємств різних галузей свідчить, що вищі показники конкурентної стійкості зазвичай демонструють організації, які поєднують ефективне управління витратами, інноваційний розвиток, високу якість продукції та орієнтацію на потреби споживачів.

Практика показує, що навіть за однакових ринкових умов підприємства можуть суттєво відрізнятися за рівнем конкурентної стійкості. Такі відмінності обумовлені насамперед ефективністю використання ресурсів, якістю управлінських рішень, рівнем організації бізнес-процесів та здатністю до впровадження інновацій. Підприємства, які забезпечують оптимальне співвідношення між витратами та споживчою цінністю продукції чи послуг, отримують додаткові переваги у вигляді зростання доходів, зміцнення ринкових позицій і підвищення лояльності клієнтів.

Важливим напрямом підвищення конкурентної стійкості є систематичне виявлення та усунення непродуктивних витрат. До таких витрат можуть належати надлишкові виробничі потужності, неефективне використання складських приміщень, зайві логістичні операції, дублювання управлінських функцій, надмірні витрати на утримання інфраструктури та інші елементи, що не створюють доданої вартості для споживача. Оптимізація зазначених процесів дозволяє підприємствам знижувати собівартість продукції, підвищувати операційну ефективність та формувати більш привабливі цінові пропозиції.

Таким чином, забезпечення конкурентної стійкості сучасного бізнесу потребує комплексного поєднання ефективного управління ресурсами, розвитку

людського капіталу, впровадження інновацій, використання цифрових технологій та постійного вдосконалення бізнес-процесів. Саме такий підхід створює умови для довгострокового розвитку підприємств, зміцнення їх конкурентних позицій та підвищення адаптивності до викликів сучасного економічного середовища.

### **5.7. Цифрові бізнес-моделі та результативність управління конкурентоспроможністю**

У сучасних умовах цифрової трансформації економіки конкурентоспроможність підприємств дедалі більше визначається не лише наявністю матеріальних ресурсів, виробничих потужностей або фінансового капіталу, а й здатністю ефективно використовувати цифрові технології для створення нової цінності. Цифровізація змінює традиційні підходи до організації бізнесу, формування конкурентних переваг і взаємодії зі споживачами, що зумовлює появу нових цифрових бізнес-моделей та механізмів управління конкурентоспроможністю.

Цифрова бізнес-модель являє собою систему створення, доставки та монетизації цінності, в основі якої лежать сучасні інформаційно-комунікаційні технології, цифрові платформи, аналітичні системи, хмарні сервіси, технології штучного інтелекту та оброблення великих даних. На відміну від традиційних моделей господарювання, цифрові бізнес-моделі характеризуються високим рівнем адаптивності, швидкістю обміну інформацією, можливістю масштабування бізнес-процесів та використанням даних як стратегічного ресурсу розвитку.

Упровадження цифрових бізнес-моделей сприяє підвищенню результативності управління конкурентоспроможністю підприємства завдяки покращенню якості управлінських рішень, оптимізації витрат, скороченню часу реагування на зміни ринкового середовища та розширенню можливостей



персоналізації продукції і послуг. Використання цифрових технологій дозволяє підприємствам накопичувати та аналізувати значні обсяги інформації про споживачів, конкурентів і ринкові тенденції, що забезпечує більш точне прогнозування попиту та формування ефективних стратегій розвитку.

Однією з найважливіших переваг цифрових бізнес-моделей є можливість переходу від ресурсно орієнтованого управління до управління на основі даних. У такому випадку інформація перетворюється на ключовий фактор конкурентоспроможності, а якість аналітичних процесів безпосередньо впливає на ефективність функціонування підприємства. Завдяки використанню інструментів бізнес-аналітики, машинного навчання та штучного інтелекту підприємства отримують можливість своєчасно виявляти ризики, прогнозувати зміни зовнішнього середовища та формувати оптимальні управлінські рішення.

Важливу роль у забезпеченні конкурентоспроможності відіграють цифрові платформи, які створюють умови для інтеграції виробників, постачальників, споживачів і партнерів в єдиному інформаційному просторі. Платформні бізнес-моделі забезпечують зниження трансакційних витрат, прискорення комунікаційних процесів та формування мережевих ефектів, що дозволяє підприємствам посилювати свої конкурентні позиції навіть за умов обмежених ресурсів. У результаті конкурентна боротьба все частіше переміщується з площини окремих товарів і послуг у площину цифрових екосистем та платформ.

Суттєвий вплив на результативність управління конкурентоспроможністю має використання технологій штучного інтелекту. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень забезпечують автоматизований аналіз великих масивів даних, виявлення прихованих закономірностей, прогнозування поведінки споживачів та оцінювання потенційних ризиків. Це дозволяє підприємствам підвищувати точність стратегічного планування та більш ефективно використовувати наявні ресурси.

Цифровізація також сприяє підвищенню гнучкості бізнес-процесів. Використання хмарних технологій, автоматизованих систем управління та

цифрових комунікацій забезпечує швидке пристосування підприємства до змін зовнішнього середовища, коливань попиту та появи нових ринкових можливостей. У таких умовах конкурентоспроможність визначається не лише ефективністю поточних операцій, але й здатністю підприємства до безперервного оновлення, інноваційного розвитку та організаційного навчання.

Особливого значення набуває розвиток цифрових компетентностей персоналу. Людський капітал залишається центральним елементом будь-якої цифрової трансформації, оскільки саме працівники забезпечують ефективне використання технологічних інновацій, генерують нові ідеї та формують інтелектуальний потенціал підприємства. Тому результативність цифрових бізнес-моделей значною мірою залежить від рівня цифрової культури організації та готовності персоналу до впровадження інновацій.

Таким чином, цифрові бізнес-моделі виступають важливим інструментом забезпечення конкурентоспроможності підприємств у сучасній економіці. Їх використання дозволяє підвищувати ефективність управління, оптимізувати бізнес-процеси, створювати нові джерела конкурентних переваг та забезпечувати стійкий розвиток у довгостроковій перспективі. Успішність функціонування підприємств у цифровому середовищі дедалі більше залежить від здатності інтегрувати сучасні цифрові технології в усі сфери діяльності та трансформувати накопичені дані у стратегічний ресурс підвищення конкурентоспроможності.

У сучасних умовах ринкової економіки питання управління конкурентоспроможністю підприємницьких структур набуває стратегічного значення. Конкурентоспроможність виступає не лише як характеристика здатності підприємства утримувати позиції на ринку, але й як інтегральний показник ефективності його операційної, фінансової та інноваційної діяльності. Тому розробка механізму оцінки та реалізації процесів управління конкурентоспроможністю бізнесу потребує системного підходу, що враховує багатофакторність і динамічність ринкового середовища.

Раніше було запропоновано кілька методичних підходів до оцінки та управління конкурентоспроможністю, які можна умовно згрупувати за трьома напрямками:

- **Короткострокова оцінка** – аналіз і реалізація процесів управління відновлення та розвитку конкурентних переваг у межах обмеженого періоду, що дозволяє швидко реагувати на зміни кон'юнктури.
- **Базова стратегія** – приведення діяльності підприємства у відповідність до вимог обраної конкурентної стратегії, що забезпечує узгодженість управлінських рішень із довгостроковими цілями.
- **Державні нормативи** – оцінка та адаптація бізнес-процесів відповідно до регуляторних вимог, що гарантує легітимність і стійкість функціонування підприємства.

Взаємозв'язок цих трьох напрямів формує комплексну систему методичних інструментів, яка дозволяє здійснювати багаторівневу перевірку стану управління конкурентоспроможністю. Такий підхід забезпечує не лише діагностику поточного рівня конкурентних можливостей, але й створює основу для розробки ефективних управлінських рішень.

## **5.8. Концепція механізму оцінки та управління конкурентоспроможністю бізнесу**

Концепція формування механізму управління конкурентоспроможністю ґрунтується на використанні системи методів, що включає:

1. **Уніфіковані прийоми** – стандартизовані інструменти аналізу та прийняття рішень, які забезпечують порівнянність результатів і можливість їх інтеграції в загальну систему управління.
2. **Економічне оцінювання** – визначення ефективності операційної та фінансової систем підприємства на тлі ринкових умов, що дозволяє виявити сильні та слабкі сторони бізнесу.

3. **Стратегічна відповідність** – перевірка узгодженості діяльності підприємства з обраною конкурентною стратегією, що забезпечує довгострокову стабільність розвитку.
4. **Регуляторна відповідність** – контроль відповідності бізнес-процесів державним стандартам і нормативам, що гарантує легальність і соціальну відповідальність бізнесу.

Таким чином, механізм оцінки та управління конкурентоспроможністю бізнесу виступає як багатокомпонентна система, що поєднує методичні, економічні та нормативні інструменти. Його застосування дозволяє підприємницьким структурам не лише адаптуватися до змін ринкового середовища, але й формувати стійкі конкурентні переваги, які забезпечують довготривале зростання та розвиток.

Аналіз причин успіху суб'єктів бізнесу України потребує системного підходу, що враховує як внутрішні чинники розвитку підприємницьких структур, так і зовнішні умови функціонування економіки. Успіх бізнесу в українських реаліях не можна пояснити лише одним фактором — він є результатом взаємодії інноваційності, адаптивності, стратегічного мислення та здатності інтегруватися у глобальні економічні процеси.

Передусім варто наголосити на **інноваційності**, яка стала визначальною рисою багатьох українських компаній. В умовах високої конкуренції та нестабільності ринку саме впровадження нових технологій, цифрових рішень та сучасних бізнес-моделей дозволяє підприємствам не лише утримувати позиції, але й виходити на нові ринки. Особливо це проявляється у сфері ІТ, агробізнесу та фінансових послуг, де інноваційні рішення формують основу конкурентних переваг.

Другим важливим чинником є **цифрова трансформація** бізнес-процесів. Використання електронної комерції, CRM-систем, автоматизації управління та аналітики даних дозволяє підприємствам оптимізувати витрати, підвищувати

ефективність та забезпечувати прозорість діяльності. Це створює умови для масштабування бізнесу та інтеграції у міжнародні економічні ланцюги.

Не менш значущою є **адаптивність організаційних структур**. Українські підприємства змушені функціонувати в умовах постійних змін — від коливань валютного курсу до воєнних викликів. Гнучкі моделі управління, здатність швидко перебудовувати виробничі та збутові процеси, а також орієнтація на нові ринки дозволяють бізнесу зберігати життєздатність навіть у кризових ситуаціях.

Важливим чинником успіху виступає **стратегічне партнерство** з міжнародними компаніями та інтеграція у європейський економічний простір. Це відкриває доступ до нових технологій, фінансових ресурсів та збутових каналів, а також сприяє формуванню іміджу українського бізнесу як надійного партнера. Не можна оминути увагою і **регуляторну відповідність**. Гармонізація законодавства з нормами ЄС створює більш передбачуване середовище для інвесторів та підприємців, знижує ризики та підвищує рівень довіри до українських компаній. Нарешті, фундаментальним чинником успіху є **людський капітал**. Високий рівень освіченості, професійна мобільність та здатність до швидкої перекваліфікації робочої сили забезпечують підприємствам можливість впроваджувати нові технології та адаптуватися до змін ринку.

Таким чином, успіх українських бізнес-структур є результатом комплексної взаємодії інноваційності, цифровізації, адаптивності, стратегічного партнерства, регуляторної передбачуваності та використання людського капіталу. Це дозволяє підприємствам не лише виживати в умовах нестабільності, але й формувати стійкі конкурентні переваги, що забезпечують довготривале зростання та розвиток.

У сучасних умовах аграрного ринку особливого значення набуває питання забезпечення конкурентоспроможності великих суб'єктів агробізнесу та груп підприємств, що функціонують у взаємопов'язаних секторах економіки. Механізм оцінки й реалізації процесів управління конкурентоспроможністю у цьому випадку має низку специфічних рис, які зумовлені складністю

організаційної структури, багатoproфільністю діяльності та необхідністю узгодження стратегічних цілей із державними нормативами та базовими конкурентними стратегіями.

**Управління великим суб'єктом агробізнесу.** До загальних особливостей управління великим аграрним підприємством належить наявність внутрішніх підрозділів, що виробляють як кінцеву, так і проміжну продукцію, мають певний ступінь самостійності та використовують власні показники ефективності. Це ускладнює застосування єдиної конкурентної стратегії для всього підприємства, адже інтереси клієнтів у підрозділах, що виробляють проміжну продукцію, не завжди збігаються з інтересами кінцевих споживачів. У результаті виникає потреба у багаторівневій системі оцінки, яка дозволяє враховувати специфіку кожного структурного елемента.

**Короткострокова економічна перевірка.** Позитивний результат перевірки методів управління у короткостроковому періоді визначається здатністю забезпечити задовільні показники діяльності: обсяг продажів, рівень витрат, прибуток, рентабельність та фінансову стійкість. Така перевірка має економічний характер і здійснюється за методичною схемою, що включає складання деталізованого бізнес-плану з розбиттям по місяцях, побудову балансу грошових потоків як у цілому по підприємству, так і по кожному підрозділу, а також визначення критерію економічної неефективності. Це дозволяє ідентифікувати конкретний метод управління, який спричинив зниження рентабельності чи порушення фінансової рівноваги, не змінюючи кардинально всю систему управління.

**Довгострокова конкурентоспроможність.** У довгостроковій перспективі конкурентоспроможність досягається за умови відповідності методів управління базовій конкурентній стратегії та державним нормативам. Особливістю великих аграрних підприємств є можливість застосування різних варіантів стратегій для окремих структурних підрозділів, скоригованих відповідно до загальної стратегії суб'єкта господарювання. Теоретичні підходи М. Портера та доповнення Р. Шулера дозволяють класифікувати галузі за видами конкурентних стратегій:

економія витрат, висока якість та інноваційно-креативна диференціація. Відповідно, різні психографічні характеристики працівників визначають ефективність реалізації цих стратегій.

**Взаємозв'язок основних і допоміжних підрозділів.** Структурні підрозділи великого агробізнесу поділяються на основні та допоміжні. Основні орієнтовані на вирішення проблем клієнтів, тоді як допоміжні забезпечують функціонування основних. Психографічні характеристики персоналу різняться: «динаміки-сенсорики» ефективні у транспорті та сільському господарстві, «статики-раціоналізатори» — у машинобудуванні та освіті, «інтуїтиви-творчі» — у виставковому та туристичному бізнесі. Такий розподіл забезпечує узгодженість стратегій розвитку основних і допоміжних підрозділів, що формує загальну конкурентну стратегію підприємства.

**Циклічність економічних показників.** Аналіз динаміки валової продукції сільського господарства та ВВП України за 1996–2017 рр. показав високий рівень кореляції ( $R=0,89$ ), що свідчить про циклічний характер розвитку агробізнесу. Це підтверджує можливість використання механізму оцінки й реалізації процесів управління конкурентоспроможністю для прогнозування та забезпечення стійкості підприємств у часі.

**Вибіркова сукупність та результати дослідження.** Для оцінки конкурентоспроможності було сформовано вибірку з 78 підприємств аграрного та суміжних секторів економіки України[ ]. До неї увійшли публічні та приватні акціонерні товариства, що забезпечило достовірність результатів. Дослідження охопило широкий спектр галузей: від сільського господарства та харчової промисловості до агротуризму, виставкової діяльності та фінансово-кредитних послуг. По кожній групі підприємств наведено приклади успішного та неуспішного управління конкурентоспроможністю, що дозволяє зробити висновки про дієздатність механізму оцінки та його практичну ефективність.

Таким чином, використання механізму оцінки й реалізації процесів управління конкурентоспроможністю у великих суб'єктах агробізнесу та групах

підприємств ринку дозволяє здійснювати багаторівневий контроль ефективності, враховувати специфіку структурних підрозділів, забезпечувати узгодженість стратегій та прогнозувати розвиток у довгостроковій перспективі. Це створює основу для формування стійких конкурентних переваг та підвищення рівня конкурентної стійкості агробізнесу на ринку.

### **5.9. Модель-піраміда механізму управління конкурентоспроможністю бізнесу**

Узагальнений механізм управління конкурентоспроможністю бізнесу можна представити у вигляді монографічної моделі-піраміди, де кожен рівень відображає поступове зростання від базових економічних показників до стратегічної стійкості підприємницької структури. Така модель дозволяє системно описати логіку розвитку бізнесу та послідовність управлінських рішень.

На першому рівні піраміди знаходяться базові економічні показники, що відображають фінансову життєздатність підприємства: обсяг продажів, витрати, прибуток, рентабельність, ліквідність. Це фундамент, на якому будується вся система управління. Методи цього рівня включають складання бізнес-плану, аналіз грошових потоків та визначення критичних точок ризику. Результатом є забезпечення мінімальної стабільності та можливості функціонування бізнесу.

На другому рівні піраміди розташована оцінка ефективності управлінських методів у короткостроковому періоді. Тут застосовуються економічні критерії для перевірки дієздатності управлінських рішень. Результатом є підтвердження або спростування ефективності конкретних методів, що дозволяє своєчасно коригувати діяльність без кардинальної зміни всієї системи управління.

На третьому рівні піраміди знаходиться стратегічна адаптація. Це довгостроковий етап, де управлінські рішення узгоджуються з базовою



конкурентною стратегією та державними нормативами. Використання стратегічних моделей (економія витрат, висока якість, інноваційна диференціація) забезпечує синергетичний ефект. Результатом є формування стабільної ринкової позиції та довготривалої конкурентоспроможності.

На четвертому рівні піраміди розташоване узгодження діяльності підрозділів. У великих бізнес-структурах це означає гармонізацію роботи основних і допоміжних підрозділів, визначення їхніх стратегічних завдань та відповідність компетенцій персоналу до специфіки діяльності. Результатом є цілісність загальної конкурентної стратегії та ефективна взаємодія внутрішніх структур.

На п'ятому, верхньому рівні піраміди знаходиться аналіз ринкової стійкості. Це завершальний етап, що передбачає дослідження циклічності економічних показників, аналіз часток підприємств на ринку, визначення рівня конкурентної стійкості та прогнозування розвитку. Результатом є можливість своєчасного коригування управлінських рішень і забезпечення стабільності бізнесу навіть у кризових умовах.

Таким чином, монографічна модель-піраміда демонструє поступове зростання бізнесу: від базових економічних показників до стратегічної стійкості. Кожен рівень є необхідною умовою для переходу до наступного, а їхня взаємодія формує комплексну систему управління конкурентоспроможністю, що забезпечує довготривале зростання та розвиток підприємницьких структур у сучасному ринковому середовищі.

#### **5.10. Механізм оцінки й реалізації процесів управління відновленням і розвитком конкурентоспроможності підприємницьких структур бізнесу**

В умовах динамічних змін зовнішнього середовища, цифрової трансформації економіки, глобалізації ринків та посилення конкурентного тиску особливої актуальності набуває проблема формування ефективного механізму управління відновленням і розвитком конкурентоспроможності

підприємницьких структур бізнесу. Необхідність такого механізму зумовлена тим, що конкурентоспроможність сучасного підприємства не є статичною характеристикою, а виступає динамічною властивістю соціально-економічної системи, яка змінюється під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. У зв'язку з цим процеси відновлення та розвитку конкурентоспроможності повинні розглядатися як взаємопов'язані складові стратегічного управління, спрямовані на забезпечення довгострокової стійкості та ефективності функціонування бізнесу.

Механізм управління відновленням і розвитком конкурентоспроможності доцільно розглядати як сукупність взаємопов'язаних принципів, методів, інструментів, управлінських рішень і організаційно-економічних заходів, спрямованих на оцінювання поточного стану підприємства, виявлення резервів підвищення ефективності діяльності, формування конкурентних переваг та забезпечення адаптації до змін ринкового середовища. Основною метою такого механізму є досягнення стійкого зростання ринкової вартості підприємства, зміцнення його конкурентних позицій та забезпечення здатності до інноваційного розвитку.

Першим етапом функціонування механізму є комплексна оцінка рівня конкурентоспроможності підприємницької структури. На цьому етапі здійснюється аналіз фінансово-економічних показників, виробничого потенціалу, кадрових ресурсів, інноваційної активності, маркетингових можливостей та ефективності управління. Особлива увага приділяється дослідженню зовнішнього середовища, зокрема стану ринку, поведінки конкурентів, потреб споживачів, технологічних тенденцій та інституційних факторів розвитку бізнесу. Результатом оцінювання є визначення сильних і слабких сторін підприємства, а також виявлення факторів, що негативно впливають на його конкурентні позиції.

Наступним етапом є діагностика причин втрати конкурентних переваг та визначення напрямів їх відновлення. У сучасних умовах зниження конкурентоспроможності може бути пов'язане з технологічним відставанням,

неефективністю бізнес-процесів, недостатнім рівнем інноваційної діяльності, низькою продуктивністю праці, зростанням витрат або зміною споживчих переваг. Виявлення таких факторів дозволяє сформувавши комплекс заходів щодо усунення існуючих диспропорцій та відновлення ефективності функціонування підприємства.

Важливим елементом механізму є формування стратегії розвитку конкурентоспроможності. На цьому етапі визначаються довгострокові цілі підприємства, обираються пріоритетні напрями розвитку, встановлюються критерії оцінювання результативності та розробляються інструменти реалізації стратегічних рішень. Залежно від умов функціонування підприємства стратегія може бути орієнтована на зниження витрат, диференціацію продукції, інноваційний розвиток, цифрову трансформацію, вихід на нові ринки або формування партнерських мереж.

Особливого значення набуває впровадження цифрових технологій як інструменту підвищення конкурентоспроможності. Використання систем бізнес-аналітики, технологій штучного інтелекту, хмарних сервісів, автоматизованих систем управління та цифрових платформ дозволяє підвищити ефективність управлінських процесів, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити оперативне реагування на зміни зовнішнього середовища. У сучасній економіці цифрові технології дедалі частіше виступають основою формування нових конкурентних переваг та створення інноваційних бізнес-моделей.

Реалізація процесів відновлення і розвитку конкурентоспроможності передбачає здійснення комплексу організаційних, економічних, технологічних та кадрових заходів. До таких заходів належать модернізація виробництва, впровадження інновацій, удосконалення системи управління якістю, розвиток людського капіталу, підвищення рівня цифрових компетентностей персоналу, диверсифікація діяльності та вдосконалення маркетингової політики. Комплексний характер зазначених заходів забезпечує синергетичний ефект і сприяє підвищенню загальної ефективності функціонування підприємства.

Не менш важливою складовою механізму є система моніторингу та контролю результатів реалізації управлінських рішень. Моніторинг дозволяє оцінювати досягнення стратегічних цілей, визначати рівень ефективності використання ресурсів, своєчасно виявляти відхилення від запланованих показників та коригувати управлінські дії відповідно до змін зовнішнього середовища. Використання сучасних цифрових інструментів моніторингу забезпечує безперервне отримання актуальної інформації про стан підприємства та підвищує обґрунтованість прийняття управлінських рішень.

Таким чином, механізм оцінки й реалізації процесів управління відновленням і розвитком конкурентоспроможності підприємницьких структур бізнесу являє собою цілісну систему взаємопов'язаних управлінських процедур, спрямованих на забезпечення стійкого функціонування підприємства, формування довгострокових конкурентних переваг та підвищення ефективності його діяльності. Результативність такого механізму визначається здатністю підприємства своєчасно адаптуватися до змін зовнішнього середовища, використовувати інноваційні технології, ефективно управляти ресурсами та формувати нові джерела конкурентних переваг у цифровій економіці.

### **5.11. Вектор споживчої переваги як чинник конкурентоспроможності бізнесу**

В умовах цифрової економіки та глобальної конкуренції забезпечення довгострокової конкурентоспроможності бізнесу дедалі більше залежить від здатності підприємства правильно ідентифікувати та задовольняти ключові потреби споживачів. Сучасні ринки характеризуються високим рівнем насичення товарами та послугами, що зумовлює необхідність пошуку нових джерел конкурентних переваг. За таких умов особливого значення набуває визначення вектора споживчої переваги, який відображає домінуючий мотив вибору споживачем певного товару, послуги або бренду.

Розвиток інформаційного суспільства, цифрових технологій та електронної комерції суттєво змінив поведінку споживачів. Якщо раніше основними факторами вибору виступали ціна та доступність продукції, то сьогодні дедалі більшого значення набувають якість, інноваційність, персоналізація, екологічність, соціальна відповідальність бізнесу та можливість самовираження через споживання певних товарів і послуг. У зв'язку з цим підприємства повинні не лише аналізувати поточні потреби ринку, але й прогнозувати зміни споживчих очікувань у довгостроковій перспективі.

Еволюція споживчих потреб пов'язана із загальними процесами соціально-економічного розвитку. Зі зростанням рівня добробуту населення відбувається поступовий перехід від задоволення базових потреб до потреб вищого рівня, пов'язаних із самореалізацією, творчістю, індивідуалізацією та соціальним статусом. Унаслідок цього споживачі дедалі частіше оцінюють продукцію не лише за її функціональними характеристиками, а й за символічною цінністю, емоційним змістом та можливістю формування власної ідентичності.

Аналіз сучасних досліджень у сфері маркетингу, менеджменту та поведінки споживачів дозволяє стверджувати, що основні мотиви вибору товарів і послуг можуть бути згруповані у три базові категорії. Першу категорію становить економічність, яка відображає прагнення споживача мінімізувати витрати коштів, часу та інших ресурсів. Другу категорію формує якість, що характеризує надійність, безпечність, довговічність та відповідність продукції очікуванням споживача. Третя категорія пов'язана з інноваційністю та креативною диференціацією, які забезпечують унікальність продукту, його відмінність від конкурентів та створюють додаткову цінність для споживача.

У практиці сучасного бізнесу всі три характеристики мають значення одночасно, однак залежно від особливостей ринку одна з них зазвичай виступає визначальною. Для товарів масового попиту вирішальним фактором часто залишається економічність. Для технічно складної продукції, фінансових послуг, транспортних систем або медичного обладнання пріоритетного значення набувають якість та надійність. Для високотехнологічних продуктів, цифрових

сервісів, програмного забезпечення, освітніх послуг, індустрії моди та творчих індустрій ключовим чинником стає інноваційно-креативна складова.

У зв'язку з цим конкурентоспроможність бізнесу доцільно розглядати як здатність підприємства формувати та підтримувати переваги відповідно до домінуючого вектора споживчої цінності. Ефективна конкурентна стратегія повинна базуватися на узгодженні внутрішніх ресурсів підприємства із зовнішніми очікуваннями споживачів. Саме таке узгодження створює умови для формування стійкої лояльності клієнтів, зростання ринкової частки та забезпечення довгострокового розвитку.

Особливого значення набуває врахування споживчих переваг у процесі цифрової трансформації бізнесу. Використання технологій штучного інтелекту, аналітики великих даних, машинного навчання та цифрових платформ дозволяє здійснювати більш точне сегментування клієнтів, прогнозувати зміни попиту та адаптувати бізнес-моделі до потреб різних груп споживачів. У результаті підприємство отримує можливість не лише реагувати на зміни ринкового середовища, але й активно формувати нові потреби та створювати інноваційні ринкові ніші.

Таким чином, вектор споживчої переваги виступає одним із ключових чинників формування конкурентоспроможності сучасного бізнесу. Його врахування дозволяє підприємствам більш ефективно розробляти стратегії розвитку, підвищувати цінність пропонованих продуктів і послуг, зміцнювати ринкові позиції та забезпечувати стійке функціонування в умовах зростаючої конкуренції та цифровізації економіки.

В умовах глобалізації, цифрової трансформації економіки та високої насиченості ринків товарами і послугами ключовою проблемою забезпечення конкурентоспроможності бізнесу стає визначення чинників, які формують споживчий вибір. Сучасний споживач функціонує в інформаційному середовищі, де доступ до альтернативних пропозицій практично необмежений, а тому успіх підприємства залежить не стільки від можливості виробляти

продукцію, скільки від здатності створювати та підтримувати унікальну цінність для клієнта. Саме тому особливого значення набуває дослідження вектора споживчої переваги як основи формування довгострокових конкурентних переваг бізнесу.

Аналіз сучасних ринків свідчить, що процес прийняття рішення про купівлю має складний багаторівневий характер і охоплює послідовність взаємопов'язаних етапів. На початковому етапі споживач усвідомлює наявність певної потреби або проблеми, яку необхідно вирішити за допомогою товару чи послуги. Після цього формується мета придбання, здійснюється пошук можливих альтернатив, оцінювання їх характеристик, вибір найбільш прийняттого варіанта, реалізація рішення про купівлю та подальший аналіз отриманого результату. Кожний із зазначених етапів визначає майбутню поведінку споживача та рівень його лояльності до бренду.

Дослідження показують, що більшість товарів і послуг можуть бути класифіковані відповідно до домінуючої цінності, яку вони створюють для споживача. У цьому контексті доцільно виділити три основні групи продуктів: інноваційно-креативні диференційовані продукти, стандартизовані продукти та продукти підвищеної якості. Відповідно кожна група формує власний механізм споживчого вибору та потребує застосування специфічних підходів до управління конкурентоспроможністю.

Для інноваційно-креативних диференційованих продуктів основною споживчою цінністю виступає унікальність. Споживач обирає такий продукт не лише через його функціональні характеристики, але й через можливість самовираження, підкреслення власної індивідуальності, соціального статусу або належності до певної спільноти. У сучасній економіці до цієї категорії належать високотехнологічні продукти, цифрові сервіси, програмне забезпечення, дизайнерські товари, творчі індустрії, консалтингові послуги, освітні продукти, медіаконтент та інноваційні бізнес-моделі.

Конкурентоспроможність у цьому сегменті забезпечується шляхом постійного оновлення продукту, стимулювання творчої діяльності персоналу, впровадження інноваційних технологій, використання сучасних методів маркетингових комунікацій та формування сильного бренду. Особливого значення набуває розвиток організаційної культури, яка підтримує креативність, експериментування та генерацію нових ідей. У таких умовах основним ресурсом бізнесу стають знання, компетентності працівників та інтелектуальний капітал.

Для стандартизованих продуктів вирішальним чинником споживчого вибору виступає економічність. Споживач прагне мінімізувати витрати фінансових, часових та інших ресурсів, отримуючи необхідний рівень корисності за найнижчої можливої ціни. Така поведінка характерна для масових товарів широкого вжитку, транспортних послуг, комунікаційних сервісів, логістичних рішень, електронної комерції та багатьох видів цифрових платформ.

У цьому випадку система управління конкурентоспроможністю повинна орієнтуватися на підвищення продуктивності, оптимізацію бізнес-процесів, автоматизацію виробництва та скорочення непродуктивних витрат. Важливу роль відіграють цифрові технології управління ресурсами підприємства, системи аналітики даних, платформи електронної взаємодії з клієнтами та технології штучного інтелекту, які дозволяють підвищувати ефективність діяльності та знижувати собівартість продукції. Основною метою бізнесу стає створення максимальної цінності для клієнта при мінімальних витратах ресурсів.

Третю групу становлять продукти, для яких визначальним фактором споживчого вибору є якість. У цьому випадку клієнт орієнтується на надійність, безпечність, довговічність, стабільність функціонування та рівень сервісного обслуговування. До цієї категорії належать складні технічні системи, автомобілі, медичні послуги, фінансові продукти, страхування, освітні програми, програмне забезпечення критичного призначення та інші продукти, помилки в роботі яких можуть спричинити значні втрати для користувача.



Формування конкурентоспроможності на основі якості передбачає впровадження систем управління якістю, використання сучасних методів контролю, сертифікації, стандартизації та безперервного вдосконалення бізнес-процесів. Особливу роль відіграє залучення висококваліфікованих фахівців, здатних забезпечувати стабільність результатів діяльності підприємства та підтримувати високі стандарти продукції й обслуговування.

Важливою особливістю сучасного бізнесу є те, що жодна з наведених споживчих переваг не існує ізольовано. Навіть найбільш інноваційний продукт повинен забезпечувати прийнятний рівень якості та економічної доцільності. У свою чергу стандартизований продукт потребує певного рівня диференціації для виділення серед конкурентів, а якісний продукт повинен залишатися доступним для цільової аудиторії. Саме тому ефективна конкурентна стратегія передбачає формування оптимального балансу між інноваційністю, економічністю та якістю залежно від особливостей ринку та очікувань споживачів.

У цифровій економіці значення вектора споживчої переваги додатково посилюється завдяки можливостям аналізу великих масивів даних. Використання технологій штучного інтелекту, машинного навчання та інтелектуальної аналітики дозволяє підприємствам виявляти приховані закономірності поведінки клієнтів, прогнозувати зміни попиту та формувати персоналізовані пропозиції. У результаті конкурентоспроможність бізнесу все більше залежить від здатності своєчасно ідентифікувати домінуючі потреби споживачів та адаптувати до них усі елементи бізнес-моделі.

Отже, вектор споживчої переваги є фундаментальною характеристикою сучасного ринку та виступає основою формування конкурентних переваг підприємства. Залежно від домінуючих потреб клієнта конкурентоспроможність бізнесу може базуватися на економічності, якості або інноваційно-креативній диференціації. Успішними стають ті підприємства, які здатні не лише визначити провідний мотив споживчого вибору, але й узгодити з ним виробничу, маркетингову, інноваційну, кадрову та фінансову політику. Саме такий підхід забезпечує довгострокову конкурентну стійкість бізнесу, підвищення лояльності

споживачів та формування передумов для сталого розвитку в умовах цифрової економіки та суспільства знань.

Для забезпечення високої конкурентоспроможності підприємств у сучасному бізнес-середовищі особливого значення набуває формування ефективної системи управління виробництвом, ціноутворенням, маркетинговими комунікаціями та збутом продукції. В умовах глобалізації, цифрової трансформації економіки та посилення конкурентного тиску підприємства повинні орієнтуватися на стандартизацію бізнес-процесів, підвищення операційної ефективності, забезпечення стабільної якості продукції та створення цінності для споживачів.

Методи управління конкурентоспроможністю в області формування продукту мають бути спрямовані на забезпечення відповідності продукції встановленим стандартам якості, технічним регламентам, галузевим нормам і вимогам безпеки. У сучасній економіці сертифікація виступає не лише інструментом контролю якості, а й важливим чинником формування довіри споживачів, інвесторів і партнерів[ ]. Впровадження міжнародних стандартів управління якістю, екологічного менеджменту, інформаційної безпеки та соціальної відповідальності дозволяє підприємствам підвищувати власну ринкову репутацію, зменшувати операційні ризики та розширювати можливості виходу на міжнародні ринки. Добровільна сертифікація дедалі частіше стає інструментом стратегічного позиціонування компаній та підтвердження їхньої конкурентної переваги.

У сфері ціноутворення ефективне управління конкурентоспроможністю передбачає використання комплексного підходу до формування цінової політики. Ціна повинна забезпечувати відшкодування виробничих і збутових витрат, формування прибутку та одночасно залишатися привабливою для споживача. У сучасних умовах ціноутворення визначається не лише витратами виробництва, а й рівнем попиту, сприйняттям цінності продукту клієнтом, інтенсивністю конкуренції, інноваційністю продукції та особливостями ринкового сегмента. Значного поширення набувають методи динамічного

ціноутворення, засновані на аналізі великих масивів даних, прогнозуванні поведінки споживачів і використанні цифрових технологій підтримки прийняття управлінських рішень. Конкурентоспроможна цінова політика повинна забезпечувати баланс між економічною ефективністю діяльності підприємства та довгостроковим збереженням лояльності клієнтів.

Важливим елементом підвищення конкурентоспроможності є система маркетингових комунікацій та рекламної діяльності. Сучасний бізнес дедалі більше переходить від традиційних рекламних моделей до інтегрованих цифрових комунікацій, які дозволяють персоналізувати взаємодію зі споживачем. Рекламна діяльність повинна не лише інформувати про характеристики продукції чи послуг, але й формувати позитивний імідж бренду, демонструвати унікальні конкурентні переваги підприємства та створювати довгострокову емоційну прив'язаність клієнтів. Особливого значення набувають цифровий маркетинг, контент-маркетинг, соціальні мережі, аналітика поведінки споживачів та технології штучного інтелекту для автоматизації маркетингових процесів. Інформаційна підтримка бренду повинна акцентувати увагу на якості продукції, інноваційності рішень, надійності підприємства та його відповідальності перед суспільством.

У сфері збуту продукції конкурентоспроможність підприємства значною мірою залежить від ефективності логістичних процесів та організації каналів реалізації. Підприємства можуть використовувати як традиційні посередницькі мережі, так і прямі канали взаємодії зі споживачами через електронну комерцію та цифрові торговельні платформи. Розвиток омніканальних моделей збуту забезпечує інтеграцію фізичних та цифрових каналів продажу, підвищує доступність продукції та створює додаткові можливості для формування конкурентних переваг. Особливого значення набуває швидкість обробки замовлень, якість сервісного обслуговування, гнучкість логістичних ланцюгів та здатність оперативно реагувати на зміни ринкової кон'юнктури.

Методи управління конкурентоспроможністю у сфері виробництва орієнтовані на досягнення високої продуктивності, оптимізацію використання

ресурсів та забезпечення стабільної якості продукції. Основою сучасних виробничих систем стає концепція процесного управління, яка передбачає інтеграцію всіх виробничих операцій у єдиний цифровий простір. Автоматизація виробництва, роботизація технологічних процесів, використання технологій Індустрії 4.0, Інтернету речей, цифрових двійників та систем підтримки прийняття рішень дозволяють суттєво підвищити ефективність діяльності підприємств. Особливе значення має раціональне розміщення виробничих потужностей, оптимізація операційних циклів, ефективне управління матеріальними потоками та мінімізація непродуктивних витрат.

Організація виробництва повинна базуватися на принципах безперервного вдосконалення, стандартизації процесів та використання сучасних методів управління якістю. Застосування концепцій Lean Management, Six Sigma, Total Quality Management та Agile-підходів дозволяє скорочувати втрати, підвищувати продуктивність праці та забезпечувати гнучкість виробничих систем. Важливим фактором виступає також ефективне управління інформаційними потоками, оскільки своєчасне отримання достовірної інформації створює передумови для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Таким чином, сучасна система управління конкурентоспроможністю бізнесу повинна розглядатися як комплекс взаємопов'язаних механізмів формування продукту, ціноутворення, маркетингових комунікацій, збуту та виробництва. Їх узгоджене функціонування забезпечує формування стійких конкурентних переваг, підвищення адаптивності підприємства до змін зовнішнього середовища та створення умов для довгострокового економічного розвитку. Особливу роль у цьому процесі відіграють цифрові технології, які забезпечують автоматизацію бізнес-процесів, підвищують якість управлінських рішень та сприяють формуванню інноваційних моделей ведення бізнесу в умовах цифрової економіки.

Наведений аналіз операційного циклу виробничого підприємства дозволяє узагальнити логіку організації бізнес-процесів у будь-якій галузі як цілісну систему взаємопов'язаних стадій створення, перетворення та реалізації продукту

(послуги), що функціонує на основі принципів потоковості, керованості та ресурсної збалансованості.

У загальному вигляді бізнес-діяльність доцільно розглядати як багатостадійний процес, який охоплює підготовчий етап, етап формування продукту та етап його безпосереднього виробництва і реалізації. На підготовчій стадії здійснюється формування ресурсної бази підприємства, що включає забезпечення матеріальними, технічними, кадровими та організаційно-правовими ресурсами. Саме на цьому етапі закладаються передумови ефективності майбутньої діяльності через оптимізацію структури активів, формування виробничої інфраструктури, добір персоналу та створення нормативно-дозвільної бази функціонування бізнесу.

Другий етап характеризується проєктуванням та структуризацією продукту або послуги відповідно до ринкового попиту. На цьому рівні визначається асортиментна політика, формуються виробничі програми, здійснюється технологічне планування, а також налагоджуються договірні відносини з постачальниками ресурсів. Важливим елементом даної стадії є організація логістичних та інформаційних потоків, які забезпечують узгодженість між попитом, виробничими можливостями та ресурсним забезпеченням підприємства. Одночасно формується маркетингова складова, що передбачає позиціонування продукту на ринку та інформування потенційних споживачів.

Третя стадія охоплює безпосереднє виробництво, трансформацію ресурсів у готовий продукт та його реалізацію кінцевому споживачу. У межах цього етапу реалізується повний технологічний цикл — від первинної обробки сировини до випуску готової продукції або надання послуг. Особлива увага приділяється дотриманню технологічних регламентів, забезпеченню якості продукції, контролю параметрів виробничого процесу та оптимізації витрат. Завершальним елементом є збутова діяльність, яка включає канали реалізації, логістику постачання та післяпродажний супровід.

Важливою особливістю сучасного бізнесу є інтеграція виробничих, інформаційних та фінансових потоків у єдину систему управління. Це забезпечується застосуванням цифрових технологій, автоматизованих систем планування ресурсів, диспетчеризації та контролю якості. Такий підхід дозволяє підвищити швидкість прийняття управлінських рішень, зменшити рівень невизначеності та забезпечити адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища.

Організація праці в сучасному бізнесі ґрунтується на принципах багатофункціональності персоналу, гнучкості компетенцій та орієнтації на результат. Працівники повинні бути здатними виконувати суміжні функції, швидко адаптуватися до змін технологій та брати участь у процесах безперервного вдосконалення виробництва. Це формує основу конкурентоспроможності підприємства в умовах динамічного ринку.

Фінансово-економічний вимір діяльності передбачає планування, облік та контроль грошових потоків, формування інвестиційної політики, управління витратами та забезпечення фінансової стійкості. Особливу роль відіграє сезонність або циклічність діяльності, що потребує створення резервів і гнучкого фінансового планування.

Таким чином, сучасна модель бізнесу може бути представлена як інтегрована система взаємопов'язаних виробничо-логістичних, інформаційних, фінансових та управлінських процесів, орієнтована на забезпечення ефективності використання ресурсів, стабільність розвитку та максимальне задоволення потреб споживача. Її ключовою характеристикою є перехід від фрагментованого управління окремими функціями до системного підходу, в якому підприємство розглядається як єдиний організм безперервного створення цінності.

Наведемо узагальнені результати дослідження щодо формування та застосування методів управління підвищенням конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств, закладів харчування та логістичних

структур у межах концепції уніфікованого банку управлінських прийомів. У межах проведеного аналізу встановлено, що сукупність класичних і модифікованих методів управління конкурентоспроможністю може бути інтерпретована як система інструментів адаптивного впливу на ключові параметри продукту, процесу його створення, доставки та споживання. Застосування зазначених методів у практиці підприємницьких структур агробізнесу дозволяє ідентифікувати фактори зниження ефективності управління, що проявляються у вигляді так званих факторів-мінімумів, які обмежують формування стійких конкурентних переваг на ринку та потребують оперативного коригування управлінських рішень.

У сфері управління формуванням продукту встановлено, що важливим напрямом підвищення конкурентоспроможності є варіативність товарної пропозиції на основі однотипної сировинної бази. Такий підхід забезпечує можливість конструювання широкої номенклатури кінцевих продуктів із обмеженого набору вихідних компонентів, що особливо актуально для підприємств харчової промисловості та закладів громадського харчування. Методи композиції та декомпозиції продукту реалізуються через модульну структуру товару, яка дозволяє здійснювати фасування, комбінування та розукрупнення продукту відповідно до потреб різних сегментів споживачів. У цьому контексті подвоєння або множинність продукту виступає як інструмент розширення споживчого досвіду, коли один товар орієнтується на колективне або спільне споживання, формуючи додаткову емоційну цінність. Візуалізація споживчих властивостей через зовнішній вигляд продукту виконує функцію підсилення сприйняття цінності та сприяє диференціації товарної пропозиції на ринку.

У межах параметра «розмір продукту» встановлено, що ефективними є методи мініатюризації та масштабування, які дозволяють адаптувати товар до індивідуальних або масових потреб споживачів. Дроблення продукту забезпечує гнучкість споживання та знижує бар'єр входу для окремих категорій клієнтів, тоді як формування комплексних продуктів або наборів сприяє підвищенню

середнього чека та формуванню цілісного споживчого досвіду. Об'єднання продуктів у функціональні комплекси виступає як інструмент підвищення доданої вартості та оптимізації структури споживання.

Аналіз параметра «форма продукту» засвідчує, що модифікація зовнішньої конфігурації товару є важливим інструментом продовження його життєвого циклу на ринку. Нетрадиційні форми продукту виконують функцію інноваційного оновлення споживчої пропозиції без суттєвої зміни базової рецептури або технології виробництва. Водночас спрощення форми продукту через стандартизацію та уніфікацію технологічних рішень дозволяє підвищити ефективність виробництва та знизити витрати, що є критично важливим для підприємств масового виробництва. Важливим елементом є також інформаційне забезпечення споживача щодо складу та способу використання продукту, що знижує невизначеність і підвищує рівень довіри до товару.

У сфері сервісного забезпечення конкурентоспроможності доведено, що інтеграція додаткових послуг у структуру продукту суттєво підвищує його ринкову привабливість. Повний сервісний супровід, що включає інформаційне забезпечення, консультаційні послуги та логістичну підтримку, формує комплексну споживчу цінність. Водночас диференційовані моделі сервісу дозволяють адаптувати рівень обслуговування до платоспроможності та очікувань різних груп споживачів, що забезпечує гнучкість ринкової стратегії підприємства.

Окрему групу становлять методи управління життєвим циклом продукту, які пов'язані з його моральним старінням та регулюванням інтенсивності споживання. Заплановане оновлення асортименту сприяє формуванню постійного попиту та стимулює інноваційну активність підприємства. Водночас управління інтенсивністю споживання дозволяє формувати нові поведінкові моделі споживачів, орієнтовані на раціоналізацію або оздоровлення споживання, що особливо актуально в умовах зростання уваги до якості життя та сталого розвитку.



У напрямі додаткових функцій продукту встановлено, що ефективною є стратегія функціональної диверсифікації, коли базовий продукт поєднується з додатковими споживчими або сервісними властивостями. Це дозволяє формувати синергетичний ефект споживання, підвищуючи загальну цінність пропозиції для кінцевого користувача. Додаткові функції можуть мати як утилітарний, так і емоційний характер, забезпечуючи одночасно задоволення раціональних і ірраціональних потреб споживача.

У сфері переміщення та логістики продукту доведено, що підвищення конкурентоспроможності значною мірою визначається ефективністю систем доставки та швидкістю доступу споживача до товару. Використання сучасних логістичних технологій, включаючи кур'єрські сервіси, цифрові платформи замовлення та моделі «швидкої доставки», забезпечує скорочення часу між формуванням попиту та його задоволенням. Це створює додаткову споживчу цінність, що безпосередньо впливає на рівень конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Таким чином, проведене дослідження дозволяє констатувати, що система управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу має багатовимірний характер і охоплює взаємопов'язані механізми трансформації продукту, оптимізації сервісу, модифікації споживчих властивостей та вдосконалення логістичних процесів. Інтеграція зазначених підходів у єдину управлінську систему створює передумови для формування стійких конкурентних переваг у довгостроковій перспективі.

Розглянемо методи управління підвищенням конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств та закладів харчування, пов'язані з реалізацією додаткової властивості продукту, що полягає у можливості регулювання його параметрів у процесі виробництва, реалізації та безпосереднього споживання[56]. У межах сучасних підходів до формування споживчої цінності продукту зазначена властивість інтерпретується як механізм адаптації товару до індивідуальних уподобань кінцевого користувача, що

забезпечує підвищення рівня персоналізації споживання та розширення ринкових можливостей підприємства.

Реалізація регулювання параметрів продукту може здійснюватися через перехід від дискретних до безперервних (плавних) способів налаштування його характеристик. Зокрема, для харчових продуктів такими параметрами виступають органолептичні властивості, включаючи рівень солоності, гостроти та ароматичної насиченості. Формування гнучкої системи регулювання досягається шляхом розділення базового продукту та функціональних добавок, які постачаються у вигляді окремих компонентів, що дозволяє споживачу самостійно формувати кінцевий смаковий профіль. Такий підхід трансформує продукт із фіксованого об'єкта споживання у відкриту систему, параметри якої визначаються у процесі взаємодії зі споживачем.

Адаптація продукту до індивідуальних потреб клієнта безпосередньо в процесі споживання є одним із ключових напрямів розвитку сервісно-орієнтованих моделей агробізнесу. Вона реалізується через надання можливості вибору консистенції, концентрації інгредієнтів або способу приготування кінцевого продукту. Така модель дозволяє враховувати ситуативні уподобання споживача та забезпечує підвищення сприйманої цінності товару без суттєвого збільшення виробничих витрат. У результаті формується ефект «участі споживача у виробництві», що підсилює лояльність до бренду та підвищує конкурентні позиції підприємства.

Окремим напрямом є підвищення рівня компактності продукту через зміну його фізико-технологічних характеристик, зокрема шляхом висушування, дегідратації або подрібнення до порошкоподібного стану. Така трансформація забезпечує зменшення логістичних витрат, оптимізацію умов зберігання та транспортування, а також розширення сфер використання продукції. Одночасно підвищується технологічна універсальність продукту, що сприяє його інтеграції у різні сегменти ринку харчових товарів.

Базовим підходом залишається витратний метод, відповідно до якого ціна визначається як сума повних витрат виробництва та запланованого прибутку[ 1]. Його модифікацією виступає метод надбавок до оптової ціни постачальника, що широко використовується у багаторівневих системах агропродовольчого ланцюга. Водночас важливого значення набувають методи ціноутворення, засновані на урахуванні ринкових обмежень і стратегічних орієнтирів підприємства. До них належать моделі, що передбачають встановлення цін у межах міжфірмових або міждержавних угод, а також адаптацію цін до загальної ринкової кон'юнктури. У межах стратегічного позиціонування підприємства застосовується диференціація цін залежно від цільового сегмента споживачів, зокрема встановлення преміальних цін для елітних споживачів та більш доступних цінових рівнів для масового сегмента ринку. Значне місце займають методи сегментно-орієнтованого ціноутворення, зокрема стратегія «зняття вершків», яка передбачає встановлення високої початкової ціни на інноваційний або унікальний продукт з подальшим її поступовим зниженням у міру насичення ринку. Додатково використовуються гнучкі системи знижок і надбавок, які дозволяють адаптувати ціну до платоспроможності різних категорій споживачів, забезпечуючи баланс між обсягом реалізації та рівнем прибутковості.

Окрему групу становлять методи психологічного ціноутворення, що базуються на врахуванні особливостей сприйняття вартості споживачем. Зниження ціни на незначну абсолютну величину при збереженні її в межах психологічно привабливого порогу дозволяє суттєво впливати на рішення про купівлю. Такий підхід ґрунтується на поведінкових моделях економічного вибору, де ключову роль відіграє не абсолютне значення ціни, а її когнітивне сприйняття.

Важливим інструментом є також механізми динамічного регулювання цін, які враховують сезонність попиту, етапи технологічної обробки продукту та структуру споживчої вартості. Регулювання ціни залежно від сезону дозволяє оптимізувати доходи підприємства в умовах коливання попиту, тоді як декомпозиція ціни за елементами споживчої цінності забезпечує можливість

індивідуалізованого вибору споживачем окремих характеристик продукту. Така модель формує новий рівень взаємодії між виробником і споживачем, де ціна виступає не лише економічним параметром, а й інструментом конструювання споживчого досвіду.

Таким чином, управління конкурентоспроможністю підприємств аграрного сектору та сфери харчування на основі регулювання параметрів продукту і гнучких цінових стратегій забезпечує підвищення адаптивності бізнес-моделі, розширення спектра споживчих можливостей та формування стійких конкурентних переваг у динамічному ринковому середовищі.

Методи управління підвищенням конкурентоспроможності підприємницьких структур агробізнесу, закладів харчування та транспортно-логістичних систем доцільно розглядати як системно організований банк уніфікованих управлінських впливів, що охоплюють усі ключові функціональні підсистеми виробничо-ринкової діяльності. У межах зазначеного підходу управлінські інструменти інтерпретуються як механізми цілеспрямованого формування, підтримання та відновлення конкурентних переваг через оптимізацію продукту, процесів його створення, просування, реалізації, а також ресурсного забезпечення і взаємодії з кінцевим споживачем. Концептуальною основою такої системи є поєднання стандартизації, інноваційності, екологічності та клієнтоорієнтованості, що забезпечує адаптацію підприємства до умов високої ринкової динаміки та інформаційної економіки.

У сфері продуктової політики ключовим є застосування методів уніфікації, модульності та варіативного комбінування продукту, що дозволяє формувати різні споживчі конфігурації на основі обмеженої сукупності базових компонентів. З позицій конкурентоспроможності особливого значення набуває здатність підприємства забезпечувати баланс між стандартизацією, що знижує витрати та підвищує масовість виробництва, і диференціацією, яка формує унікальність споживчої пропозиції. Додатково реалізуються підходи до структурного розширення функціональності продукту через інтеграцію

сервісних компонентів, персоналізованих параметрів споживання та адаптивних характеристик, що підвищує рівень споживчої цінності.

У ціновій політиці підприємств агробізнесу та сфери харчування управлінські методи базуються на поєднанні витратного, ринкового та поведінкового підходів до формування вартості продукції. При цьому ціна розглядається як інтегральний індикатор сприйняття цінності продукту споживачем, що визначається не лише рівнем витрат, але й характеристиками якості, інноваційності та брендової диференціації. Ефективне ціноутворення передбачає використання гнучких механізмів сегментації ринку, диференційованих надбавок і знижок, а також адаптивних стратегій, орієнтованих на зміну еластичності попиту залежно від соціально-економічного контексту споживчої поведінки.

Рекламно-комунікаційна діяльність у системі управління конкурентоспроможністю реалізується через багаторівневу структуру впливу на споживача, що включає інформаційний, емоційний та поведінковий компоненти. Управлінські методи охоплюють як раціональне інформування про характеристики продукту, так і формування асоціативних образів, здатних впливати на підсвідомі механізми вибору. Важливим є також використання персоніфікованих комунікаційних каналів, які забезпечують індивідуалізацію взаємодії з клієнтом і підвищують рівень його лояльності до підприємства.

Збутова політика підприємств агропромислового комплексу та сфери послуг формує комплекс методів організації руху продукції від виробника до кінцевого споживача. У цьому контексті застосовуються як прямі, так і опосередковані канали реалізації, включаючи використання посередницьких структур, спеціалізованих торговельних мереж та цифрових платформ. Ключовим завданням є мінімізація транзакційних витрат, підвищення швидкості обігу товару та забезпечення максимальної доступності продукції для цільових сегментів ринку.

Операційний блок методів управління конкурентоспроможністю охоплює виробничо-технологічні аспекти діяльності підприємства, включаючи організацію виробничих процесів, логістичних потоків, матеріально-технічного забезпечення та систем контролю якості. У сучасних умовах пріоритетного значення набуває впровадження принципів ресурсоефективності, екологічної безпеки та цифрової інтеграції виробничих систем, що дозволяє забезпечити стабільність функціонування підприємства та відповідність міжнародним стандартам якості й безпеки.

Окрему підсистему становлять методи управління персоналом, які визначають конкурентоспроможність через рівень професійної компетентності, мотивації та організаційної культури працівників. Ефективне управління людськими ресурсами передбачає поєднання стратегічного планування кадрового потенціалу, системи матеріального і нематеріального стимулювання, а також формування середовища безперервного професійного розвитку.

У сфері фінансово-бюджетного управління ключовими є методи оптимізації витратної частини діяльності, раціоналізації податкового навантаження та ефективного розподілу прибутку. Вони спрямовані на підвищення фінансової стійкості підприємства, забезпечення інвестиційної привабливості та формування ресурсної бази для інноваційного розвитку.

Узагальнено зазначені методи формують цілісну систему управління конкурентоспроможністю, в якій кожна функціональна підсистема взаємодіє з іншими, забезпечуючи синергетичний ефект підвищення ефективності підприємницьких структур у сфері агробізнесу, харчової промисловості та транспортно-логістичних послуг.

Методи щодо розвитку бізнесу в аграрному секторі доцільно розглядати як інтегровану систему управлінських інструментів, спрямованих на забезпечення довгострокової економічної стійкості, інноваційної динаміки та конкурентоспроможності підприємств агропромислового комплексу, закладів харчування та транспортно-логістичних структур. У цьому контексті планування

бізнес-діяльності виступає базовою функцією стратегічного управління, що реалізується через використання методів екстраполяції, прямого розрахунку, нормативного підходу та економіко-математичного моделювання. Зазначені інструменти забезпечують формування обґрунтованих прогностичних показників розвитку підприємства та створюють основу для цільового формування прибутку як ключового фінансового ресурсу розширеного відтворення.

Формування прибутку підприємств аграрного бізнесу та суміжних галузей розглядається як результат системного управління операційними доходами і витратами, що дозволяє забезпечити баланс між ефективністю виробничих процесів і ринковими можливостями реалізації продукції. Додатковим інструментом фінансового управління є механізм виробничого левериджу, який забезпечує зміну фінансового результату за рахунок оптимізації структури витрат і масштабів виробництва, що особливо актуально для підприємств із високою часткою постійних витрат.

Інвестиційна складова розвитку бізнесу в аграрному секторі базується на реінвестуванні прибутку у високотехнологічні та інноваційні рішення, що спрямовані на підвищення продуктивності, зниження ресурсомісткості та розширення технологічних можливостей виробництва. Такий підхід забезпечує формування довгострокових конкурентних переваг через технологічну модернізацію матеріально-технічної бази та впровадження цифрових рішень у виробничі та управлінські процеси.

Фінансова підсистема управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу, закладів харчування та транспортних структур охоплює комплекс методів, спрямованих на забезпечення стабільності грошових потоків, підвищення ліквідності та формування позитивного інвестиційного іміджу підприємства. У межах цієї підсистеми важливе значення мають інструменти бюджетування, управління дебіторською і кредиторською заборгованістю, синхронізації грошових потоків та антикризового фінансового менеджменту, що дозволяють забезпечити фінансову стійкість навіть в умовах ринкової нестабільності.

Окремий напрям становлять методи формування фінансових резервів і накопичення ресурсів для розвитку. До них належать інструменти інвестиційного портфельного управління, диверсифікації джерел фінансування та оптимізації структури капіталу підприємства. Фінансове забезпечення витрат у цьому випадку розглядається як функція збалансованого управління доходами і витратами з урахуванням стратегічних пріоритетів розвитку бізнесу.

Узагальнення результатів дослідження дозволяє констатувати, що сучасна модель розвитку аграрного бізнесу в умовах інформаційної економіки ґрунтується на взаємозв'язку споживчого вектора конкурентної переваги, виробничо-технологічної структури підприємства та фінансово-інвестиційного механізму його функціонування. У цих умовах визначальним стає орієнтування підприємства на домінуючий тип споживчої цінності, насамперед економічність для товарів масового споживання, що формує відповідний тип виробничої та управлінської траєкторії розвитку.

Додатково встановлено, що ефективне функціонування підприємств агробізнесу забезпечується за рахунок формування дисипативної організаційної структури, в якій ключову роль відіграє персонал як системоутворюючий елемент, тоді як маркетинг, виробництво, витрати, інвестиції та фінанси виступають взаємопов'язаними підсистемами створення споживчої цінності. Така структура дозволяє адаптуватися до змін ринкового середовища та забезпечувати стійкість конкурентних позицій у довгостроковій перспективі.

Результати дослідження також підтверджують доцільність використання адаптивних моделей прийняття рішень споживачем, у межах яких ключовим етапом є вибір альтернативи на основі рейтингової оцінки споживчих характеристик товару. Це дозволяє підприємствам формувати ефективні стратегії позиціонування продукції з урахуванням домінуючих мотивацій споживача та специфіки ринкового попиту.

Таким чином, розвиток аграрного бізнесу в сучасних умовах визначається синтезом фінансових, виробничих, інвестиційних та маркетингових механізмів



управління, що забезпечують формування стійких конкурентних переваг і довгострокову ефективність функціонування підприємницьких структур.

### **5.11. Особливості управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу з базовою конкурентною стратегією «висока якість»**

Управління конкурентоспроможністю підприємств із базовою конкурентною стратегією «висока якість» характеризується домінуванням якісної детермінанти у формуванні споживчої цінності продукції та відповідною переорієнтацією всієї системи менеджменту на забезпечення стабільно високих стандартів виробництва, сервісу та післяпродажного супроводу. У межах такої стратегії якість виступає системоутворюючим фактором, що визначає архітектоніку виробничих процесів, інвестиційних рішень, кадрової політики та маркетингових комунікацій, а також формує довгострокову ринкову позицію підприємства через створення стійкої репутаційної переваги.

Ключовою особливістю управління є пріоритетність забезпечення стабільності якісних характеристик продукції над мінімізацією витрат, що передбачає використання ресурсомістких, але технологічно досконалих виробничих рішень, спрямованих на мінімізацію дефектності, підвищення надійності та довговічності товарів і послуг. У цьому контексті значна увага приділяється впровадженню систем управління якістю, стандартизації технологічних процесів відповідно до міжнародних норм, а також безперервному контролю параметрів продукції на всіх етапах її життєвого циклу. Якість розглядається не як статична характеристика, а як динамічна властивість, що потребує постійного вдосконалення через інновації та технологічне оновлення.

Виробнича підсистема підприємства у межах стратегії «висока якість» орієнтується на використання високоточного обладнання, спеціалізованих технологічних ліній і професійно підготовленого персоналу, здатного

забезпечити стабільність параметрів продукції. Важливою умовою є формування культури якості, яка передбачає залучення працівників до процесів постійного вдосконалення, ідентифікації відхилень та запобігання виробничим помилкам. Це зумовлює підвищені вимоги до системи підбору, навчання та мотивації персоналу, оскільки людський фактор у даній моделі набуває критичного значення для забезпечення конкурентної стійкості.

Маркетингова політика підприємств, що реалізують стратегію високої якості, базується на формуванні довіри до бренду та довгострокових відносин із споживачами, для яких ключовими є параметри надійності, безпеки та стабільності характеристик продукції. Комунікаційні стратегії спрямовані на підтвердження якісних переваг через сертифікацію, стандартизацію та репутаційні механізми, що знижують невизначеність споживчого вибору. При цьому цінова політика, як правило, характеризується преміальним позиціонуванням, оскільки висока якість об'єктивно корелює з підвищеними витратами на виробництво та контроль.

Інвестиційна діяльність у межах даної стратегії концентрується на модернізації технологічної бази, впровадженні систем автоматизованого контролю якості та розвитку інноваційних рішень, що забезпечують стабільність виробничих параметрів. Фінансове управління при цьому орієнтується на довгострокову ефективність, а не на короткострокову мінімізацію витрат, що передбачає формування резервів для забезпечення безперервного вдосконалення якості.

Отже, стратегія «висока якість» у системі управління конкурентоспроможністю підприємств передбачає інтеграцію технологічних, організаційних і управлінських рішень, спрямованих на формування стабільно високих споживчих характеристик продукції, що забезпечує довгострокову лояльність споживачів і стійкі конкурентні позиції на ринку навіть за умов підвищеної цінової чутливості.

Управління конкурентоспроможністю підприємств із базовою конкурентною стратегією «висока якість» характеризується домінуванням якісних параметрів продукту та послуги як системоутворюючого фактора довгострокової ринкової позиції. У межах сучасної економіки знань така стратегія набуває особливої значущості для підприємств-комплементаторів агробізнесу, до яких належать ремонтні агромайстерні, машинобудівні структури, страхові організації, освітні заклади, медичні установи та інші суб'єкти інфраструктурного забезпечення аграрного виробництва, оскільки саме вони формують якісну інституційну та технологічну підтримку основного виробничого процесу. У зазначених умовах конкурентоспроможність визначається не стільки ціновими характеристиками, скільки здатністю забезпечити стабільно відтворюваний високий рівень якості результатів діяльності, що безпосередньо впливає на формування довіри та лояльності споживача.

Системоутворюючим принципом реалізації стратегії «висока якість» є інтеграція всіх функціональних підсистем підприємства у єдину модель якості, в якій маркетингова, виробнича, кадрова, фінансова, інвестиційна та витратна компоненти орієнтовані на забезпечення стабільності якісних характеристик продукту. Маркетингова діяльність у цьому контексті трансформується у механізм формування та підтримки сприйняття якості як ключової споживчої цінності, що реалізується через диференційоване ціноутворення, орієнтоване на пропорційність ціни рівню якості, а також через комунікаційні стратегії, спрямовані на демонстрацію надійності, безпеки та довговічності продукту. Збутова політика набуває характеру демонстраційної моделі якості, в якій споживач отримує можливість безпосереднього підтвердження заявлених параметрів через сервіс, гарантійне обслуговування та постсервісний супровід.

Виробнича підсистема в умовах орієнтації на високу якість базується на серійному або малосерійному виробництві з посиленими процедурами контролю параметрів продукції на всіх етапах життєвого циклу. Ключове значення набуває впровадження систем управління якістю, які забезпечують стандартизацію

технологічних процесів, мінімізацію відхилень та підвищення стабільності результатів виробництва. Особливу роль відіграє організація праці, спрямована на формування професійних компетентностей працівників, орієнтованих на безперервне вдосконалення продукції, що передбачає залучення персоналу до процесів раціоналізації та інноваційного розвитку виробничого середовища.

Кадрова політика в межах даної стратегії набуває функціонального характеру забезпечення якості через формування професійної структури персоналу, орієнтованої на стабільне відтворення високих стандартів виконання робіт. При цьому критично важливим є поєднання технічної компетентності з орієнтацією на якісні показники результату діяльності, що забезпечується через систему підбору, навчання, мотивації та оцінювання працівників. Управління персоналом у такій моделі виступає не лише адміністративною функцією, а й інструментом формування якісної конкурентної переваги.

Бюджетно-економічна складова управління спрямовується на забезпечення раціонального розподілу ресурсів із пріоритетом витрат, що безпосередньо впливають на якість продукції та послуг. Витрати, які не мають прямого зв'язку з якісними параметрами, підлягають оптимізації або елімінуванню, тоді як інвестиційні ресурси концентруються у напрямках модернізації технологічної бази та впровадження інноваційних рішень. Фінансова підсистема виконує функцію стабілізації та підтримки безперервності процесів забезпечення якості через оптимізацію грошових потоків і формування стійкої ресурсної бази розвитку.

Інвестиційна політика у стратегії високої якості орієнтована на технологічне оновлення, впровадження сучасного обладнання, цифровізацію виробничих процесів та підвищення загального технологічного рівня підприємства. Такий підхід забезпечує довгострокову конкурентну стійкість через системне підвищення якісних характеристик продукції, що, у свою чергу, формує стабільний попит та підвищує рівень лояльності споживачів.

Узагальнення теоретико-методичних положень дозволяє стверджувати, що стратегія «висока якість» у системі управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу та їх комплементаторів формує інтегровану модель розвитку, в якій усі функціональні підсистеми підпорядковані єдиній цілі забезпечення стабільно високих параметрів продукту. У результаті конкурентна перевага набуває характеру довгострокової стійкості, що базується на довірі споживача, репутаційному капіталі та здатності підприємства адаптивно підтримувати та підвищувати якість у змінних умовах ринкового середовища.

Планування заходів у сфері якості послуг у системі управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу та сервісних структур комплементарного типу характеризується дворівневою організацією, яка забезпечує поєднання довгострокової стратегічної орієнтації з оперативною регламентацією поточних процесів. На стратегічному рівні планування якості визначає фундаментальні напрями розвитку підприємства у контексті формування стабільних конкурентних переваг, адаптації до змін зовнішнього середовища та раціонального розподілу ресурсів між ключовими функціональними підсистемами. У цьому випадку стратегія якості інтегрується з політикою якості та набуває форми системного орієнтира, що визначає траєкторію розвитку підприємства на перспективу.

Поточне планування якості виконує функцію операціоналізації стратегічних рішень і конкретизує систему заходів у межах річного або короткострокового горизонту. Його сутність полягає у трансформації стратегічних цілей у вимірювані показники діяльності, що забезпечують контрольоване досягнення заданого рівня якості послуг. При цьому планування базується на тріаді управлінських запитів, які визначають вихідний стан системи, цільовий стан та механізми переходу між ними, що дозволяє забезпечити логічну узгодженість управлінських дій у часі та просторі.

У системі управління якістю ключове значення має орієнтація на вимоги споживача, ринкову кон'юнктуру та характеристики зовнішнього середовища, що визначає необхідність безперервного моніторингу параметрів попиту та

коригування управлінських рішень. Завершальною стадією формалізації системи якості виступає її сертифікація відповідно до міжнародних або національних стандартів, що виконує функцію зовнішнього підтвердження стабільності та відтворюваності якісних характеристик послуг. Наявність сертифікованої системи якості формує додатковий рівень довіри з боку споживачів і виступає інституційним механізмом підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Важливим елементом забезпечення якості є система підготовки та навчання персоналу, яка має диференційований характер і враховує функціональну роль працівників у виробничо-сервісному процесі. Управлінський персонал потребує формування системного розуміння принципів управління якістю, здатності до стратегічного планування та оцінювання впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на якість послуг. Виконавчий персонал орієнтується на практичне забезпечення стабільності технологічних і сервісних процедур, що безпосередньо впливають на кінцевий результат.

Зазначені підходи знаходять практичне відображення у діяльності підприємств агросервісного сектору, зокрема ремонтних майстерень агротехніки та освітніх структур підготовки кадрів, де функціонують формалізовані системи управління якістю, включаючи стратегічні документи, стандарти обслуговування та процедури внутрішнього контролю. У таких організаціях забезпечується поєднання стратегічного управління якістю з оперативним контролем результатів діяльності, що формує цілісну систему гарантування стабільного рівня послуг.

Цінова політика в межах стратегічної орієнтації на якість ґрунтується на принципі пропорційності між рівнем ціни та рівнем якості послуг, що дозволяє сегментувати ринок відповідно до споживчих очікувань. Диференціація цін у ремонтному та освітньому секторах відображає різний рівень складності, технологічності та результативності послуг, що забезпечує економічну обґрунтованість вартості та підсилює конкурентні позиції підприємства.

Комунікаційна політика, зокрема рекламна діяльність, у даній моделі управління орієнтується на інформування споживача щодо високого рівня якості послуг, що формує стійкий позитивний імідж підприємства. Рекламні повідомлення акцентують увагу на відповідності міжнародним стандартам, професіоналізмі персоналу та стабільності результатів, що підсилює сприйняття надійності та професійної компетентності організації.

Збутова діяльність у сфері послуг високої якості базується на принципі демонстраційної прозорості, коли споживач отримує можливість безпосередньо оцінити рівень сервісу, умови обслуговування та результати діяльності підприємства. Особливе значення має персоналізована взаємодія зі споживачем, що підвищує рівень довіри та сприяє формуванню довгострокових партнерських відносин.

Операційна структура надання послуг включає вибір типу організації виробничого процесу, матеріально-технічного забезпечення, системи управління якістю, оперативного планування та організації праці. У контексті стратегії високої якості перевага надається серійним або індивідуалізованим моделям обслуговування з посиленими процедурами контролю та стандартизації, що забезпечує стабільність результатів і мінімізацію варіативності якості.

Таким чином, управління конкурентоспроможністю підприємств із орієнтацією на високу якість формує комплексну багаторівневу систему, в якій стратегічне планування, оперативне управління, кадрова політика, фінансово-економічні механізми та комунікаційні інструменти інтегруються в єдиний контур забезпечення якості, що визначає стійкість ринкових позицій та довгострокову ефективність функціонування підприємства.

## **5.12. Вплив на результативність управління конкурентоспроможністю**

Результативність управління конкурентоспроможністю підприємств визначається сукупним впливом взаємопов'язаних внутрішніх і зовнішніх факторів, які формують здатність економічної системи забезпечувати стійкі ринкові переваги в умовах динамічного конкурентного середовища. У науково-методичному розумінні цей вплив слід розглядати як багатовимірний процес, у якому поєднуються ресурсні, організаційні, технологічні, інституційні та поведінкові детермінанти, що визначають ефективність реалізації стратегій розвитку підприємства.

Ключовим внутрішнім чинником, що впливає на результативність управління конкурентоспроможністю, виступає рівень узгодженості між функціональними підсистемами підприємства, зокрема маркетинговою, виробничою, фінансовою та кадровою. Висока ступінь інтеграції цих підсистем забезпечує формування синергетичного ефекту, коли сумарний результат діяльності перевищує просту арифметичну суму окремих функціональних внесків. У таких умовах управлінські рішення набувають системного характеру, а їх реалізація сприяє підвищенню адаптивності підприємства до змін ринкового середовища.

Важливу роль у забезпеченні результативності відіграє якість управлінських рішень, яка безпосередньо залежить від повноти та достовірності інформаційного забезпечення. У сучасних умовах цифровізації економіки інформаційні технології виступають ключовим інструментом підвищення точності прогнозування, оперативності аналізу та обґрунтованості стратегічного планування, що дозволяє мінімізувати управлінські ризики та підвищити ефективність розподілу ресурсів.

Значний вплив на результативність управління конкурентоспроможністю має інноваційна активність підприємства, яка визначає здатність до впровадження нових технологій, продуктів і організаційних рішень. Інноваційність у даному контексті виконує функцію механізму оновлення конкурентних переваг, забезпечуючи їх відповідність сучасним вимогам ринку та змінюваним потребам споживачів. При цьому особливого значення набуває



здатність підприємства до швидкої трансформації знань у практичні управлінські та виробничі рішення.

Істотним зовнішнім фактором впливу є ринкова кон'юнктура, яка визначає рівень попиту, структуру споживчих переваг та інтенсивність конкурентної боротьби. Умови високої конкуренції стимулюють підприємства до підвищення ефективності внутрішніх процесів, оптимізації витрат та посилення диференціації продукту, що в сукупності сприяє зростанню загальної результативності управління.

Окремого значення набуває інституційне середовище, яке включає нормативно-правове регулювання, стандартизацію, сертифікацію та механізми державної політики. Його вплив проявляється через формування обмежень і стимулів, які визначають допустимі параметри господарської діяльності та водночас створюють умови для розвитку конкурентних переваг на основі дотримання якісних і технологічних стандартів.

Узагальнюючи, слід зазначити, що вплив на результативність управління конкурентоспроможністю має комплексний характер і формується на перетині внутрішньої організаційної ефективності та зовнішніх ринково-інституційних умов. Оптимізація цього впливу передбачає системну інтеграцію управлінських механізмів, підвищення інформаційної забезпеченості рішень, розвиток інноваційного потенціалу та адаптацію до змін зовнішнього середовища, що в сукупності визначає стійкість і довгострокову ефективність конкурентного розвитку підприємства.

Результативність управління конкурентоспроможністю підприємств аграрного сектору, ремонтних майстерень та освітніх структур визначається ступенем узгодженості між внутрішньою організацією діяльності та зовнішніми вимогами ринку, що в умовах орієнтації на високу якість проявляється через здатність системи управління забезпечувати стабільний рівень споживчої цінності послуг і продукції. У науковому розумінні така результативність формується як інтегральний ефект взаємодії маркетингової, виробничої,

кадрової, фінансової та сервісної підсистем, де кожна з них виконує функцію підтримки параметрів якості, а також мінімізації відхилень від очікувань споживача. Особливого значення набуває узгодження стратегічних і операційних рішень, оскільки стратегічне планування якості визначає довгострокову траєкторію розвитку підприємства, тоді як поточні управлінські дії забезпечують адаптацію до змін ринкового середовища і конкретних вимог замовників.

На рівні виробничих і сервісних процесів результативність управління конкурентоспроможністю безпосередньо залежить від організаційної структури операційного циклу, який у випадку ремонтних майстерень і освітніх закладів набуває серійного характеру з чітко регламентованими стадіями обслуговування або навчання. Використання технологічного принципу розміщення процесів сприяє підвищенню керованості потоків робіт, зменшенню втрат часу та ресурсів, а також забезпечує можливість стандартизації процедур контролю якості. У цьому контексті впровадження систем управління якістю, що базуються на стандартах серії ISO та внутрішніх регламентах, виступає ключовим фактором підвищення стабільності результатів і зниження варіативності послуг, що безпосередньо впливає на сприйняття якості споживачем.

Кадрова складова відіграє визначальну роль у формуванні результативності конкурентоспроможності, оскільки саме персонал забезпечує трансформацію технологічних і організаційних рішень у фактичну якість продукту або послуги. Підбір працівників із відповідними психофізіологічними та професійними характеристиками, орієнтованими на якість, дозволяє зменшити кількість помилок, підвищити стабільність виконання операцій та забезпечити відповідність очікуванням споживачів щодо надійності, безпеки й комфорту. Водночас ефективність кадрової політики залежить від системи мотивації, що має бути безпосередньо пов'язана з показниками якості, а також від організації безперервного навчання та адаптації персоналу до змін технологічних і ринкових умов.

конкурентоспроможністю визначається здатністю підприємства забезпечувати баланс між витратами на підтримку високої якості та рівнем доходів, що формуються на основі сприйнятої споживчої цінності. У цьому аспекті важливим є оптимізаційний підхід до структури витрат, який передбачає усунення непродуктивних витрат та переорієнтацію ресурсів на заходи, що прямо впливають на якість продукції та послуг. Додатковим чинником виступає ефективність інвестицій у технологічне оновлення, яке забезпечує довгострокове підвищення конкурентоспроможності через зменшення операційних ризиків і підвищення стабільності виробничих процесів.

Таким чином, вплив на результативність управління конкурентоспроможністю має системний характер і реалізується через інтеграцію стратегічного планування якості, раціональної організації операційних процесів, кадрового забезпечення та фінансової збалансованості. У сукупності це формує стійку модель підприємства, здатного забезпечувати стабільну високу якість послуг і продукції, що є визначальним фактором утримання та розширення ринкових позицій в умовах посилення конкуренції.

Сформована модель управління конкурентоспроможністю підприємств, орієнтованих на базову стратегію «висока якість», демонструє системний характер впливу характеристик персоналу на ефективність усіх функціональних підсистем управління. Ключовим методологічним положенням є те, що працівники, орієнтовані на раціоналізацію якості, виступають не лише виконавцями операцій, а й активними агентами удосконалення технологічного процесу, що визначає стійкість підприємства до кризових коливань та сезонних змін завантаження. У такій системі кадрова політика трансформується з традиційної моделі управління зайнятістю у модель довгострокового утримання інтелектуально та технологічно значущого персоналу, здатного забезпечувати безперервне підвищення споживчої цінності продукції або послуг.

Управління персоналом у межах зазначеної концепції набуває функціонально інтегрованого характеру, оскільки підбір, розстановка, адаптація,

мотивація та оцінювання працівників безпосередньо підпорядковуються критеріям якості кінцевого результату. Зокрема, розстановка кадрів здійснюється таким чином, щоб створювати умови для реалізації раціоналізаторського потенціалу, а процес адаптації набуває характеру професійної соціалізації через участь у гуртках якості та колективних формах удосконалення технологічних рішень. Мотиваційний механізм базується на прямому зв'язку між результатами раціоналізаторської діяльності та матеріальним стимулюванням, що формує стійку орієнтацію працівників на підвищення ефективності виробничих і сервісних процесів. Оцінювання персоналу, у свою чергу, трансформується у систему атестації, спрямовану на виявлення здатності до удосконалення технології та забезпечення стабільної якості, тоді як припинення трудових відносин розглядається як наслідок невиконання контрактних зобов'язань щодо якості продукції або послуг.

У фінансово-економічному вимірі підвищення конкурентоспроможності реалізується через цілеспрямовану політику бюджетування витрат, у якій пріоритет надається інвестиціям у якість та мінімізації непродуктивних витрат. Структура заробітної плати формується з урахуванням преміальної складової, що стимулює раціоналізацію виробничих процесів, тоді як амортизаційна політика орієнтується на прискорене оновлення технічної бази, що дозволяє підтримувати технологічний рівень, необхідний для забезпечення стабільної якості. Важливим елементом є оптимізація операційних витрат, зокрема за рахунок автоматизації документообігу та скорочення логістичних і складських витрат, що забезпечує перерозподіл ресурсів у напрямі підвищення споживчої цінності продукту.

Інвестиційна складова системи управління конкурентоспроможністю визначається пріоритетним спрямуванням прибутку на придбання технологій, що безпосередньо впливають на якість продукції та послуг. Це включає впровадження високоточних виробничих технологій, сучасних методів обробки матеріалів, а також інноваційних рішень у сфері організації сервісного обслуговування. Таким чином, прибуток виконує не лише функцію фінансового

результату, але й стає інструментом довгострокового відтворення конкурентних переваг підприємства.

Фінансова підсистема у межах моделі орієнтується на забезпечення стабільності грошових потоків та адаптацію до нерівномірності попиту, що є характерним для підприємств ремонтного та освітнього профілю. Основним джерелом фінансування виступають власні кошти, що підвищує автономність підприємства та зменшує залежність від зовнішніх фінансових ризиків. Облік фінансових операцій виконує функцію не лише контролю, а й стратегічного забезпечення якості, оскільки дозволяє формувати інформаційну основу для прийняття рішень щодо розвитку підприємства.

Узагальнення отриманих положень дозволяє стверджувати, що система управління конкурентоспроможністю підприємств, орієнтованих на високу якість, базується на інтеграції взаємопов'язаних функціональних підсистем, у межах яких маркетинг, виробництво, персонал, витрати, інвестиції та фінанси формують єдину дисипативну структуру. Її стійкість забезпечується постійним відтворенням якості як системоутворюючого параметра, що визначає узгодженість усіх управлінських рішень та забезпечує довгострокове утримання конкурентних позицій підприємства на ринку.

Результати проведеного узагальнення банку уніфікованих методів управління конкурентоспроможністю агромайстерні та освітніх структур свідчать про те, що формування продукту високої якості в умовах ремонтної та навчальної діяльності доцільно розглядати як багатовимірний процес, у межах якого інтегруються характеристики основних і допоміжних властивостей послуги. Такий підхід дозволяє інтерпретувати продукт не як статичний результат діяльності, а як динамічну систему споживчої цінності, що модифікується відповідно до запитів ринку та рівня очікувань клієнтів. У цьому контексті банк методів виконує функцію структурованого інструментарію управління, який забезпечує адаптацію підприємства до змін зовнішнього середовища через варіативність способів формування та реалізації послуг.

У межах групи методів, що визначають основні властивості продукту, ключове значення має параметр «вид», який у сфері ремонту та підготовки кадрів реалізується через гнучку конфігурацію комплексу послуг. Зміна видового складу послуг забезпечує можливість адаптації до різних сегментів споживачів шляхом комбінування або розділення сервісних елементів, що створює ефект індивідуалізації пропозиції. Операції складання та розкладання продукту відображають модульний характер послуги, коли окремі елементи можуть бути інтегровані або відокремлені залежно від потреб споживача, що підвищує рівень її функціональної гнучкості. Подвоєння продукту, орієнтоване на одночасне обслуговування кількох споживачів, виступає як механізм оптимізації завантаження виробничих ресурсів та підвищення економічної ефективності діяльності підприємства.

Параметр «розмір» у системі управління продуктом інтерпретується як кількісна характеристика обсягу послуг, що надаються, і виконує функцію диференціації ринкової пропозиції. Залучення споживача через варіативність масштабу послуги дозволяє формувати різні рівні доступу до продукту, починаючи від базових і завершуючи розширеними пакетами. Дроблення продукту забезпечує можливість поетапного споживання послуги, що особливо важливо для освітніх структур, де формування компетентностей відбувається поступово. Об'єднання в комплексні пакети формує інтегровані рішення типу «повного сервісу», що підвищує сприйняту цінність послуги. Варіативність комплектації та умовна модифікація обсягу послуги виступають як інструменти психологічного та економічного впливу на рішення споживача.

Формування «форми» продукту відображає його зовнішню організацію та спосіб подання споживачеві, що безпосередньо впливає на конкурентне позиціонування підприємства. Використання нетрадиційних форм послуг, таких як дистанційне навчання або мобільні ремонтні сервіси, сприяє розширенню ринку та підвищенню доступності послуг, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації та мобільності. Спрощення форми продукту через оптимізацію процесів надання послуг забезпечує зменшення транзакційних витрат та

підвищення оперативності обслуговування, що є критично важливим для секторів із високою чутливістю до часу виконання.

Ключовим елементом споживчої орієнтації виступає параметр «виправдання очікувань», який визначається рівнем інформаційної прозорості щодо характеристик продукту та умов його надання. Деталізоване інформування клієнта формує адекватні очікування та знижує ризики незадоволеності, що безпосередньо впливає на рівень лояльності споживачів. У свою чергу, сервісна складова продукту виступає інтегруючим фактором, що об'єднує всі елементи споживчої цінності в єдину систему, де повний сервіс забезпечує комплексне задоволення потреб клієнта та формує довгострокові конкурентні переваги підприємства.

Таким чином, структура банку уніфікованих методів управління конкурентоспроможністю агромайстерні та освітніх закладів відображає багаторівневу систему формування продукту, у якій основні та допоміжні властивості інтегруються через механізми варіативності виду, розміру, форми, очікувань і сервісу. Така систематизація забезпечує підвищення адаптивності підприємства до ринкових умов і формує передумови для стійкого зростання його конкурентоспроможності на основі орієнтації на якість як системоутворюючий параметр.

Система методів управління конкурентоспроможністю продукту в агромайстернях та освітніх структурах, орієнтованих на сервіс і підготовку кадрів, може розглядатися як багаторівнева конструкція, у якій життєвий цикл продукту включає не лише етапи формування та споживання, але й керовані механізми його трансформації, оновлення та поступового витіснення з ринку. У цьому контексті методи безкоштовного сервісу виступають інструментом підвищення первинної привабливості пропозиції, оскільки розширений комплекс послуг без додаткових витрат для споживача формує ефект зниження бар'єру входу та підвищує ймовірність довгострокової взаємодії з підприємством. Такий підхід виконує функцію початкової консолідації

клієнтської бази та створює передумови для формування стійкої лояльності до бренду послуги.

Окрему роль у системі управління конкурентоспроможністю відіграють методи, пов'язані з керованою ліквідацією продукту, які відображають процеси оновлення ринкової пропозиції через механізми морального старіння та зниження актуальності попередніх рішень. Заплановане витіснення продукту ґрунтується на формуванні у споживача уявлення про підвищену цінність нових форматів послуг порівняно з попередніми, що забезпечує природний перехід попиту до оновлених рішень. Паралельно застосовується підхід керованого зменшення обсягу споживання продукту, який трансформує структуру потреби таким чином, що часткове споживання послуги інтерпретується як елемент більш високої мети, пов'язаної з розвитком компетентностей або досягненням довгострокових освітніх і професійних результатів.

Важливим напрямом підвищення конкурентоспроможності є розширення функціональності продукту, що реалізується через інтеграцію додаткових сервісів у базову освітню або ремонтну послугу. Така інтеграція формує багатофункціональний характер пропозиції, за якого споживач отримує не лише основний результат, але й супутні вигоди, що підвищують загальну сприйняту цінність продукту. Додаткові функції можуть набувати інноваційного або навіть ігрового характеру, що сприяє емоційній залученості споживача та підвищенню рівня його задоволеності. У структурі освітніх послуг це може проявлятися через поєднання професійної підготовки з мовною або міжнародною складовою, що підвищує мобільність випускника на ринку праці.

Сегментування продукту відповідно до характеристик споживача забезпечує адаптивність системи пропозиції до різних груп попиту та дозволяє формувати індивідуалізовані пакети послуг. Такий підхід базується на маркетинговому аналізі потреб клієнтів і передбачає комбонування основних та додаткових елементів у залежності від рівня підготовки, професійних цілей або фінансових можливостей споживача. У цьому контексті інструменти комунікації, включаючи фірмову атрибутику, інформаційні матеріали та цифрові



носії, виконують функцію підтримки впізнаваності підприємства та закріплення його позицій у свідомості споживача.

Напрямок фізичного та логістичного переміщення продукту характеризується підвищенням мобільності сервісу та зниженням часових витрат на доступ до нього. Реалізація мобільних форм обслуговування, дистанційних освітніх технологій та логістичних схем доставки ресурсів створює умови для розширення географії діяльності підприємства та підвищення його конкурентних переваг. У межах цього підходу важливим є також прискорення процесу включення споживача у використання продукту через попередню підготовку або навчання, що зменшує адаптаційні витрати та підвищує ефективність використання послуги.

Окремий клас методів пов'язаний із регулюванням параметрів продукту, що забезпечує його адаптивність у процесі споживання. Перехід до гнучкого управління характеристиками послуги дозволяє враховувати індивідуальні потреби клієнта в режимі реального часу, підвищуючи точність відповідності між очікуваннями та результатом. Використання цифрових технологій та автоматизованих систем управління створює можливість масштабування таких рішень і підвищує технологічний рівень підприємства. Додатково підвищується зручність доступу до продукту через його цифровізацію та мобільність носіїв інформації.

У сфері ціноутворення методи управління конкурентоспроможністю базуються на поєднанні економічного обґрунтування вартості та поведінкових механізмів впливу на споживача. Раціональне формування ціни передбачає врахування витратної структури, ринкових обмежень та платоспроможності цільових сегментів, тоді як психологічні підходи орієнтовані на корекцію сприйняття вартості через механізми візуальної та когнітивної оцінки. У сукупності ці інструменти забезпечують баланс між економічною ефективністю підприємства та конкурентною привабливістю його продукту.

Таким чином, система методів управління конкурентоспроможністю агромайстерень і освітніх закладів формує цілісну модель, у якій продукт розглядається як динамічна конструкція, що безперервно адаптується до змін ринку через механізми сервісного розширення, функціональної інтеграції, сегментації, мобільності, параметричного регулювання та гнучкого ціноутворення.

Структурування банку методів управління підвищенням конкурентоспроможності майстерень з ремонту агротехніки та закладів підготовки кадрів у межах аграрного сектору дозволяє інтерпретувати їх як цілісну багаторівневу систему регуляції конкурентних переваг, що охоплює продуктовий, виробничий, маркетинговий, операційний, кадровий, фінансовий та витратний контури. Узгодження зазначених контурів забезпечує формування інтегрованого ефекту, який проявляється у стабілізації якості послуг, підвищенні адаптивності до змін попиту та зростанні ринкової стійкості підприємства. Вирішальне значення має орієнтація на стандартизовану якість як системоутворюючий критерій, оскільки саме вона визначає узгодженість між виробничими можливостями та очікуваннями споживача, що в умовах сервісної економіки трансформується у ключовий фактор формування лояльності.

У межах продуктової підсистеми конкурентоспроможність забезпечується через диференціацію послуг за їх характеристиками, формами реалізації та рівнем сервісного супроводу, що дає змогу адаптувати базовий продукт до різних сегментів ринку без втрати його стандартизованої основи. Виробнича підсистема виконує функцію матеріального забезпечення якості через організацію серійного або гнучкого виробництва, раціональне розміщення потужностей і впровадження систем оперативного управління, зокрема механізмів «точно-вчасно» та диспетчеризації, що знижує варіативність процесів і мінімізує відхилення від заданих параметрів якості. Паралельно кадрова підсистема виконує роль носія інноваційної та раціоналізаційної поведінки, оскільки кваліфікаційна структура персоналу та його мотиваційні характеристики безпосередньо впливають на здатність підприємства

підтримувати стабільний рівень сервісу та здійснювати вдосконалення технологічних процесів.

Окремого значення набуває підсистема витрат, у межах якої конкурентоспроможність формується через усунення непродуктивних витрат і застосування логістичних та організаційних інструментів оптимізації ресурсних потоків. Це забезпечує перерозподіл фінансових ресурсів на користь тих напрямів, що безпосередньо впливають на підвищення якості послуг і розширення споживчої цінності. Фінансова підсистема, у свою чергу, виконує функцію стабілізації розвитку через планування грошових потоків і забезпечення інвестиційної підтримки технологічного оновлення, що підсилює довгострокову конкурентну позицію підприємства.

Важливим інтеграційним елементом виступає маркетингова та комунікаційна діяльність, яка формує інформаційне середовище сприйняття якості, забезпечує трансляцію конкурентних переваг і сприяє закріпленню ринкової позиції підприємства через підвищення рівня довіри споживача. У сукупності взаємодія зазначених підсистем формує системний ефект синергії, за якого результативність управління конкурентоспроможністю перевищує сумарний ефект окремих управлінських заходів, оскільки забезпечується узгоджене функціонування всіх елементів виробничо-сервісної системи.

Таким чином, вплив на результативність управління конкурентоспроможністю визначається ступенем інтегрованості методів управління, рівнем їхньої відповідності базовій стратегії якості та здатністю підприємства забезпечувати безперервне відтворення високого стандарту послуг у змінному ринковому середовищі, що в підсумку формує стійку конкурентну позицію аграрного підприємства або закладу підготовки кадрів у довгостроковій перспективі.

Узагальнення методів управління підвищенням конкурентоспроможності майстерні та курсів з підготовки кадрів у сфері формування і використання прибутку демонструє їхню підпорядкованість стратегічній орієнтації на якість як

системоутворюючий критерій фінансово-економічного розвитку підприємства. Прибуток у такій моделі розглядається не лише як результат господарської діяльності, а як інструмент відтворення конкурентних переваг через інвестиційне та фінансове забезпечення технологічного оновлення, що забезпечує довгострокову стійкість ринкових позицій. У цьому контексті розвиток бізнесу в привабливих для споживача сегментах виступає базовим напрямом капіталізації конкурентних переваг, оскільки дозволяє конвертувати якісні характеристики послуг у стабільний грошовий потік, що формує фінансову основу розширеного відтворення.

Інвестиційна складова банку методів визначається спрямуванням прибутку на впровадження технологій, які безпосередньо впливають на підвищення якості послуг і точність задоволення споживчого попиту. До таких технологій належать засоби діагностики ринкових потреб, цифрові платформи управління навчальними процесами, автоматизовані системи технічного обслуговування та інші інноваційні рішення, що підвищують ефективність операційних процесів. Інвестиції в подібні технології забезпечують структурну модернізацію підприємства та підвищують його адаптивність до змін зовнішнього середовища, формуючи передумови для переходу до більш складних організаційно-технологічних форм виробництва та сервісу.

Фінансова підсистема управління конкурентоспроможністю характеризується орієнтацією на накопичення та раціональне використання ресурсів, що забезпечують стабільність витратної та інвестиційної діяльності. Бюджетування в такій моделі виконує функцію інструмента стратегічного розподілу ресурсів між ключовими напрямками розвитку, забезпечуючи баланс між поточними витратами та довгостроковими інвестиційними потребами. Управління дебіторською та кредиторською заборгованістю розглядається як механізм підтримання ліквідності, а синхронізація фінансових потоків сприяє зниженню трансакційних ризиків і підвищенню фінансової стійкості підприємства. Додатковим елементом є система моніторингу фінансових

відхилень, що дозволяє своєчасно коригувати управлінські рішення відповідно до змін економічного середовища.

Інструментарій управління фінансовими ризиками та формування інвестиційного портфеля забезпечує диверсифікацію джерел доходів і зниження залежності від кон'юнктурних коливань ринку, що є особливо важливим для підприємств аграрного та освітньо-сервісного секторів. Формування балансу грошових потоків у цьому контексті виконує функцію стабілізаційного механізму, який забезпечує безперервність фінансування операційної та інвестиційної діяльності.

Узагальнені результати дослідження підтверджують, що система управління конкурентоспроможністю підприємств агробізнесу високотехнологічного типу формується як інтегрована модель, у якій домінує стратегічна орієнтація на якість, а фінансові та інвестиційні інструменти виконують функцію забезпечення її відтворення. У цій моделі конкурентна перевага трансформується у стійку економічну категорію через узгодження ринкових сигналів, технологічного розвитку та внутрішніх фінансових механізмів, що забезпечує перехід підприємства до траєкторії довгострокового конкурентного зростання.

### **5.13. Управління конкурентоспроможністю підприємств бізнесу з конкурентною стратегією інноваційно-диференційованого розвитку**

Управління конкурентоспроможністю підприємств бізнесу з інноваційно-диференційованою стратегією розвитку базується на системній інтеграції інноваційної активності та диференціації продуктового портфеля як ключових джерел формування унікальної ринкової позиції. У межах такої стратегії конкурентоспроможність розглядається як динамічна характеристика, що визначається здатністю підприємства безперервно генерувати нові споживчі

властивості продукту, адаптуватися до змін попиту та водночас формувати відмінності, які ускладнюють пряме копіювання конкурентами.

Інноваційна складова управління передбачає орієнтацію на створення нових технологічних, організаційних та сервісних рішень, які забезпечують підвищення ефективності виробництва і розширення функціональної цінності продукту. У цьому контексті інновації виступають не лише як результат науково-технічного розвитку, але і як інструмент трансформації бізнес-моделі підприємства, що забезпечує перехід від ресурсно-орієнтованого до знаннєво-орієнтованого типу конкуренції.

Диференційована складова конкурентної стратегії полягає у формуванні багатовимірної структури пропозиції, яка враховує сегментацію ринку, різноманітність споживчих переваг та індивідуалізацію попиту. У цьому випадку підприємство створює систему варіативних продуктів або послуг, що відрізняються за якістю, функціональністю, сервісним супроводом або технологічним рівнем, що дозволяє одночасно обслуговувати декілька ринкових ніш без втрати загальної ефективності.

Інтеграція інноваційної та диференційованої компонент формує складну управлінську систему, у якій маркетингова, виробнича, кадрова, фінансова та інвестиційна підсистеми функціонують як взаємопов'язані елементи єдиного механізму створення конкурентної переваги. Маркетингова підсистема виконує функцію виявлення нових потреб та формування ринкових сигналів, виробнича забезпечує реалізацію інновацій у продукті, кадрова створює інтелектуальну основу змін, а фінансово-інвестиційна забезпечує ресурсну підтримку безперервного оновлення.

Особливого значення набуває управління життєвим циклом інновацій, що передбачає своєчасне оновлення продуктового портфеля та попередження технологічного старіння. У таких умовах конкурентоспроможність підприємства визначається швидкістю трансформації ідей у комерційні продукти та здатністю масштабувати успішні інноваційні рішення на різні сегменти ринку.

Таким чином, інноваційно-диференційований тип конкурентної стратегії формує модель управління, у якій стійка конкурентна перевага досягається через поєднання технологічного оновлення, гнучкої сегментації ринку та високого рівня адаптивності організаційної структури, що забезпечує довгострокову ринкову ефективність підприємства в умовах динамічного та висококонкурентного середовища.

Управління конкурентоспроможністю підприємств із інноваційно-диференційованою стратегією розвитку ґрунтується на формуванні багатовимірної системи створення цінності, в якій ключовим ресурсом виступає здатність підприємства генерувати унікальні властивості продукту та трансформувати їх у стійкі конкурентні переваги на ринку. У межах аграрного сектору та креативних індустрій така модель набуває особливої специфіки, оскільки конкурентоспроможність визначається не лише ефективністю виробничих процесів, а й рівнем інноваційності, диференціації та здатністю інтегрувати виробничі, сервісні й комунікаційні компоненти в єдину систему споживчого досвіду.

Управлінський механізм у такій стратегії передбачає, що продукт підприємства не є статичним результатом виробництва, а розглядається як динамічна система інноваційно-креативних характеристик, які постійно адаптуються до змін попиту. У цьому контексті конкурентоспроможність забезпечується через узгодження кількох ключових підсистем: продуктової, цінової, комунікаційної, виробничої, кадрової, інвестиційної та фінансової, кожна з яких орієнтована на посилення диференційованих властивостей кінцевого результату діяльності.

Особливого значення набуває продуктова підсистема, яка в умовах інноваційно-диференційованого розвитку орієнтується на створення унікального споживчого досвіду. Для аграрних виставкових центрів це проявляється у формуванні інтерактивного середовища демонстрації технологій виробництва та переробки продукції, де споживач виступає активним учасником процесу пізнання. Для підприємств ресторанного типу це реалізується через

інтеграцію гастрономічного продукту з культурними, естетичними та сервісними компонентами, що забезпечує багаторівневе задоволення потреб. В агротуристичних структурах аналогічний підхід передбачає формування комплексного туристичного пакета, який поєднує рекреаційні, освітні та культурні елементи в єдину систему споживання.

Ціноутворення в межах такої моделі має диференційований характер і безпосередньо пов'язується з рівнем інноваційності та унікальності продукту. Вартість формується не лише на основі витрат, а й з урахуванням споживчої оцінки доданої цінності, яка виникає внаслідок персоналізації, інтерактивності та емоційної насиченості послуги. Таким чином, ціна виконує сигнальну функцію, відображаючи ступінь креативності та складності створеного продукту.

Рекламно-комунікаційна підсистема в умовах інноваційно-диференційованої стратегії орієнтується на формування у споживача образу підприємства як носія інновацій, творчості та високого рівня сервісної культури. Основним завданням є не лише інформування, а й залучення споживача до взаємодії з продуктом через демонстраційні формати, мультимедійні технології та персоналізовані комунікації, що підсилюють ефект залученості та формують довгострокову лояльність.

Виробнича підсистема характеризується переходом від стандартизованого до індивідуалізованого або гнучкого типу виробництва, що дозволяє оперативно адаптувати продукт до специфічних запитів споживача. Такий підхід передбачає інтеграцію технологічних, організаційних та інформаційних рішень, спрямованих на мінімізацію часу реакції підприємства на зміни ринкового середовища та підвищення якості кінцевого результату.

Кадрова політика в межах інноваційно-диференційованої стратегії базується на відборі працівників творчого типу, здатних до генерації нових рішень і участі в процесах інноваційного розвитку. Персонал розглядається як



ключовий носій конкурентних переваг, а система мотивації орієнтується на стимулювання креативності, ініціативності та професійного саморозвитку.

Інвестиційна та фінансова підсистеми забезпечують ресурсну підтримку інноваційних процесів шляхом спрямування прибутку на впровадження нових технологій, цифровізацію процесів управління та розширення можливостей персоналізованого обслуговування. Особлива увага приділяється формуванню збалансованих фінансових потоків, що дозволяють підтримувати стабільність розвитку підприємства в умовах ринкової невизначеності.

Узагальнюючи, можна зазначити, що управління конкурентоспроможністю підприємств інноваційно-диференційованого типу ґрунтується на формуванні інтегрованої системи створення унікальної споживчої цінності, в якій ключову роль відіграє синергія між технологічними, організаційними та соціально-культурними компонентами. Такий підхід забезпечує перехід підприємства до моделі стійкого розвитку, в якій конкурентні переваги формуються не через стандартизацію, а через постійне розширення спектра інноваційних і креативних рішень у всіх сферах його діяльності.

Отримані результати дослідження дозволяють уточнити роль диференціації як системоутворювального чинника формування конкурентоспроможності підприємств агротуристичного та виставкового бізнесу, що функціонують в умовах монополістичної конкуренції та високої варіативності споживчих переваг. Встановлено, що ключовим детермінантом стійкої лояльності споживача виступає не лише рівень базової якості послуги, а насамперед ступінь її індивідуалізації та різноманіття варіантів споживчого вибору, що формує ефект персоналізованої цінності та підвищує інтенсивність повторного попиту.

В умовах агротуристичного та агровиставкового ринку інноваційно-креативна диференціація виступає базовою конкурентною стратегією, яка забезпечує трансформацію стандартної послуги у багатовимірний продукт, що включає інформаційний, емоційний, освітній та рекреаційний компоненти.

Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку креативної економіки, де споживання послуг переходить у площину формування досвіду взаємодії зі змістом продукту, а не лише його функціонального використання.

Аналіз теоретичних підходів до диференціації туристичних послуг дозволяє констатувати відсутність уніфікованої концепції, що зумовлює фрагментарність управлінських рішень і зниження ефективності стратегій позиціонування. Існуючі підходи варіюються від сегментаційно-орієнтованих моделей до типологізації споживачів та інтегрального оцінювання факторів конкурентоспроможності, однак їх спільним обмеженням є недостатня інтеграція креативної складової як системного ресурсу розвитку.

Запропонована концептуальна основа базується на ієрархічному зв'язку між рівнями потреб споживача та відповідними конкурентними стратегіями підприємства, що дозволяє структурувати ринок за логікою нарощування складності споживчої цінності. У цій моделі стратегія інноваційно-креативної диференціації виступає домінантною для верхнього рівня потреб, пов'язаних із самовираженням, де продукт набуває форми унікального культурного або емоційного досвіду. На нижчих рівнях ієрархії домінують стратегії забезпечення якості та економічності, які орієнтовані на задоволення базових фізіологічних і безпекових потреб.

Особливістю агротуристичних та агровиставкових підприємств є їхня здатність інтегрувати різні рівні споживчих потреб в єдину систему пропозиції, що проявляється у поєднанні рекреаційних, освітніх та культурних функцій. У такій системі виставковий центр трансформується у платформу інтерактивної комунікації між виробником і споживачем, ресторан аграрної кухні виконує не лише сервісну, а й культурно-ідентифікаційну функцію, а агротуристичне підприємство формує комплексний продукт, який поєднує просторовий, інформаційний та емоційний виміри.

З позицій управління конкурентоспроможністю інноваційно-креативна диференціація забезпечує формування адаптивної системи ринкової взаємодії, в

якій підприємство постійно генерує нові варіанти продукту відповідно до змін попиту та соціокультурного контексту. Це передбачає використання гнучких виробничих і сервісних структур, персоналізованих комунікаційних стратегій та механізмів безперервного оновлення пропозиції, що підсилює ефект унікальності та знижує рівень прямої цінової конкуренції.

Таким чином, інноваційно-креативна диференціація виступає не лише інструментом ринкового позиціонування, а й системною основою формування довгострокової конкурентоспроможності підприємств агротуристичного та виставкового бізнесу, забезпечуючи перехід від традиційної моделі надання послуг до моделі створення комплексного споживчого досвіду в межах креативної економіки.

У галузях креативної індустрії диференціація набуває статусу базової конкурентної стратегії, оскільки саме вона визначає принципову архітектуру формування ринкової пропозиції та забезпечує трансформацію стандартного продукту в унікальний культурно-ціннісний досвід. На відміну від традиційних секторів економіки, де диференціація виконує допоміжну функцію підсилення конкурентних переваг, у туристичній та агротуристичній сферах вона виступає системоутворювальним механізмом розвитку підприємства, що визначає його позиціонування, структуру продукту, модель взаємодії зі споживачем і довгострокову траєкторію зростання.

Емпіричний аналіз структури туристичного ринку демонструє виражену асиметрію розподілу ринкових часток між обмеженою групою лідерів і численними аутсайдерами. Концентрація значної частки ринку у невеликій кількості підприємств свідчить про те, що саме інноваційно-креативні моделі диференціації забезпечують здатність до масштабування бізнесу та формування стійкої лояльності споживачів. Натомість підприємства-аутсайдери, які орієнтуються переважно на стратегію мінімізації витрат і стандартизовані пакетні рішення, демонструють низьку ринкову стійкість та обмежену здатність до розширення клієнтської бази.

У межах туристичної індустрії конкурентоспроможний інноваційно-креативний продукт характеризується не просто множинністю варіантів подорожей, а цілеспрямованим формуванням досвіду, який інтегрує рекреаційні, освітні, культурні та соціально-розвивальні компоненти. Такий продукт орієнтований на задоволення вищих рівнів потреб споживача, зокрема потреб у самореалізації та самоактуалізації, що принципово змінює логіку споживчого вибору. Туристичний пакет у цьому випадку набуває функції інструменту особистісного розвитку, а не лише засобу відпочинку.

Порівняльний аналіз стратегічних моделей поведінки учасників ринку засвідчує принципову відмінність між лідерами та аутсайдерами. Лідируючі туристичні підприємства формують диверсифіковані портфелі послуг, які охоплюють широкий географічний і тематичний спектр, включаючи подієвий, освітній, релігійний, аграрний та культурно-пізнавальний туризм. Вони активно впроваджують індивідуалізовані турпакети, розширюють партнерські мережі, інвестують у маркетингову інфраструктуру та цифрові системи бронювання, що забезпечує їм можливість оперативної адаптації до змін попиту. У свою чергу, аутсайдерські підприємства переважно реалізують стандартизовані продукти з низькою доданою вартістю, що базуються на економії витрат і мінімізації сервісної складової, що обмежує їх конкурентні можливості.

Окремого значення набуває розвиток аграрного та сільського туризму, де диференціація реалізується через інтеграцію природного, виробничого та культурного середовища у єдиний туристичний продукт. Різні національні моделі зеленого туризму демонструють варіативність підходів до організації взаємодії між туристом і господарством, що відображає рівень глибини включення споживача у виробничо-культурний процес. Так, британська модель орієнтується на спільне проживання та рекреаційний досвід, німецька — на трудову інтеграцію та культурні події, французька й італійська — на гастрономічно-виноробну та історико-культурну складову, польська — на організаційно-економічну структуру господарств, а чеська — на рекреацію у виноробних і природоохоронних регіонах. Така різноманітність підтверджує, що

саме диференціація формує межі ринку та визначає конкурентну привабливість туристичних продуктів.

Узагальнення результатів дозволяє стверджувати, що в креативних галузях економіки диференціація виконує функцію не лише інструменту ринкового позиціонування, а й механізму формування самої структури попиту. Вона забезпечує перехід від стандартизованого споживання до індивідуалізованих моделей туристичного досвіду, у яких ключовим ресурсом конкурентоспроможності виступає здатність підприємства створювати унікальні, емоційно та культурно насичені продукти, орієнтовані на довгострокову взаємодію зі споживачем.

Результати емпіричного аналізу агротуристичного ринку підтверджують, що конкурентоспроможність підприємств у сфері туроператорської діяльності визначається не стільки фінансовими параметрами або масштабом ресурсної бази, скільки здатністю формувати індивідуалізований інноваційно-креативний продукт, орієнтований на задоволення потреб вищого рівня. У межах сучасної поведінкової моделі туристичного попиту ключове значення набуває не рекреаційна функція як така, а можливість інтеграції туристичного досвіду у процеси особистісної самоактуалізації, формування життєвих стратегій та підвищення соціально-професійної ефективності індивіда.

Виявлені кореляційні залежності між часткою ринку підприємства та показниками його внутрішнього потенціалу засвідчують, що найбільш значущий вплив на конкурентоспроможність мають інтегровані нематеріальні та організаційно-управлінські чинники. Високий коефіцієнт кореляції між ринковою часткою та загальним потенціалом конкурентоспроможності підтверджує системний характер цього зв'язку, тоді як показники фінансового результату демонструють значно слабший вплив, що свідчить про домінування якісних характеристик управління над класичними економічними індикаторами.

Структурна модель потенціалу конкурентоспроможності підприємства-агротуроператора, представлена у вигляді зваженої багатофакторної функції,

відображає ієрархію ключових підсистем, серед яких домінуючу роль відіграють продуктова, цінова, виробнича, кадрова та інвестиційна складові. Така конфігурація свідчить про те, що конкурентоспроможність формується як результат синергетичної взаємодії елементів, які забезпечують як створення диференційованого продукту, так і його ефективну комерціалізацію в умовах динамічного попиту.

Особливого значення набуває продуктова підсистема, яка в умовах інноваційно-креативної диференціації набуває ознак багатовимірної конструкції, що включає географічну, тематичну, культурну та персоналізовану варіативність туристичних пропозицій. У цьому контексті туристичний продукт трансформується у платформу індивідуалізованого досвіду, що адаптується до психологічного профілю, вікових характеристик та життєвих цілей споживача.

Цінова підсистема виконує функцію відображення рівня інноваційності продукту, формуючи вартість як похідну від складності та унікальності туристичного досвіду. Виробнича складова, у свою чергу, орієнтована на гнучкі моделі організації сервісу, зокрема використання «витягуючих» технологій управління попитом, які забезпечують оперативне формування індивідуальних турпакетів у режимі реального часу.

Кадрова компонента виступає ключовим нематеріальним ресурсом конкурентоспроможності, оскільки ефективність реалізації інноваційно-креативної диференціації безпосередньо залежить від наявності персоналу з розвиненими когнітивними, інтуїтивними та комунікативними здібностями. У таких умовах традиційні критерії формальної освіти поступаються місцем оцінці креативного потенціалу працівників і їх здатності до прийняття рішень в умовах невизначеності.

Інвестиційна підсистема забезпечує технологічну та інформаційну підтримку процесів диференціації, зокрема через розвиток цифрових платформ, систем онлайн-комунікації та аналітичних інструментів управління попитом. Це

створює умови для інтеграції підприємства у глобальний інформаційний простір та підвищує його адаптивність до змін ринкової кон'юнктури.

Узагальнення результатів дослідження дозволяє констатувати, що в умовах інформаційного суспільства формується трикомпонентна модель споживчих пріоритетів, де економічність домінує у сфері базових фізіологічних потреб, якість визначає вибір у сегменті безпеки та комфорту, а інноваційно-креативна диференціація стає визначальною у сфері вищих потреб, пов'язаних із розвитком особистості. Саме остання компонента формує стратегічну основу конкурентоспроможності підприємств агротуристичної сфери, визначаючи їх здатність до довгострокового розвитку та стійкого позиціонування на ринку послуг.

Управління конкурентоспроможністю підприємств бізнесу з конкурентною стратегією інноваційно-диференційованого розвитку ґрунтується на системній інтеграції маркетингових, виробничих, кадрових, фінансових та інвестиційних механізмів, орієнтованих на формування унікального, індивідуалізованого та інноваційно насиченого продукту, здатного забезпечити довгострокову лояльність споживача. У межах такої моделі підприємство функціонує в умовах монополістичної конкуренції, де визначальним фактором виступає нецінова диференціація, а ключовим ресурсом конкурентної переваги є здатність до постійного оновлення продуктового портфеля відповідно до змін у структурі потреб, що охоплюють не лише базові, а й вищі рівні мотивації споживача.

Концептуально інноваційно-диференційований розвиток передбачає перехід від стандартизованих моделей виробництва та збуту до гнучких, клієнтоорієнтованих систем, у яких продукт розглядається як багатовимірна конструкція, що поєднує матеріальні, інформаційні, сервісні та креативні компоненти. У цьому контексті маркетингова підсистема виконує функцію ідентифікації та конструювання унікальних сегментів попиту, формуючи основу для персоналізації пропозиції. Виробнича підсистема трансформується у гнучке середовище створення індивідуалізованих рішень, що базуються на модульності,

цифровізації та швидкій адаптації до змін ринкових сигналів. Кадрова підсистема набуває визначального значення, оскільки ефективність інноваційно-диференційованої стратегії безпосередньо залежить від креативного потенціалу персоналу, його здатності до інтуїтивного прийняття рішень, міждисциплінарної взаємодії та орієнтації на формування доданої цінності через сервісну взаємодію зі споживачем.

Фінансово-економічний блок управління у межах даної стратегії характеризується переорієнтацією з мінімізації витрат як домінуючої мети на забезпечення інвестиційної підтримки інновацій, цифрової інфраструктури та розширення спектра диференційованих послуг. При цьому прибуток виконує функцію не лише результативного показника, а й джерела відтворення конкурентних переваг через реінвестування у технології, маркетингову аналітику та розвиток персоналу. Управління витратами набуває селективного характеру, за якого оптимізуються непродуктивні витрати, тоді як витрати, пов'язані з підвищенням якості, інноваційністю та унікальністю продукту, розглядаються як стратегічно необхідні.

У межах підприємств агротуристичного та креативного секторів інноваційно-диференційована стратегія проявляється у формуванні продукту, що спрямований на задоволення потреб вищого порядку, зокрема самовираження, самоактуалізації та культурного розвитку споживача. Такий продукт набуває форми комплексної послуги, яка інтегрує рекреаційні, пізнавальні, освітні, духовні та розважальні компоненти, забезпечуючи багатовимірний досвід взаємодії споживача з середовищем. У цьому контексті агротуроператор виступає не лише як постачальник послуг, а як інтегратор культурно-освітніх і соціально-комунікаційних процесів, що формують додану цінність через персоналізацію маршруту, змісту та форм взаємодії.

Ефективність реалізації інноваційно-диференційованої моделі управління конкурентоспроможністю визначається ступенем узгодженості між елементами внутрішньої системи підприємства та зовнішніми сигналами ринку. Ключовим інтеграційним механізмом виступає здатність підприємства трансформувати



інформацію про споживчі переваги у конкретні управлінські рішення щодо структури продукту, методів його просування, організації виробничого процесу та системи стимулювання персоналу. Таким чином формується динамічна адаптивна система, у якій конкурентоспроможність набуває властивостей самопідтримуваного процесу, що базується на безперервній інноваційній диференціації та нарощуванні унікальності ринкової пропозиції.

Управління конкурентоспроможністю підприємств аграрного туризму в умовах інноваційно-креативної диференціації продукту набуває характеру комплексної системи, в якій ключовим об'єктом регулювання виступає не стільки матеріальна складова послуги, скільки її смисловий, символічний та ціннісно-орієнтований зміст. Формування продукту у цій моделі базується на переході від рекреаційної функції до багаторівневої функції розвитку особистості споживача, що включає фізіологічну відновлюваність, соціальну адаптацію та когнітивно-духовну трансформацію. Унаслідок цього туристична послуга набуває ознак інноваційно-креативного аграрного продукту як інтегрованої системи сервісів, спрямованих на задоволення як базових, так і вищих потреб, включаючи самовираження та формування індивідуальної траєкторії саморозвитку.

У межах такої концепції ціноутворення трансформується у механізм відображення не лише витратної складової, але й інтенсивності нематеріальної цінності продукту, пов'язаної з його здатністю забезпечувати розширення досвіду споживача та формування нових когнітивних і емоційних станів. Вартість туристичного продукту визначається ступенем його диференціації, рівнем індивідуалізації програми та глибиною впливу на потреби вищого порядку, що призводить до формування преміального сегмента попиту, орієнтованого на якісно нові форми споживання дозвілля.

Рекламна діяльність у даній моделі виконує функцію не лише інформування, але й конструювання очікувань споживача через формування семантичних образів досвіду, які асоціюються з розвитком особистості, емоційною насиченістю та культурною трансформацією. Внаслідок цього

комунікаційна стратегія переходить від опису послуг до створення смислових наративів, що відображають можливість досягнення станів самореалізації та внутрішнього розвитку. Такий підхід забезпечує підвищення лояльності споживача за рахунок посилення ідентифікації з брендом туристичного продукту як носієм унікального досвіду.

Збутова діяльність у структурі інноваційно-диференційованого туризму набуває ознак просторово-організаційної моделі, у якій ключовим фактором виступає середовище споживання послуги, що формується як інтерактивний простір багатоканальної взаємодії. Ефективність збуту визначається здатністю підприємства створювати умови для максимального розкриття варіативності продукту, що реалізується через персоналізацію маршрутів, гнучкість програм та інтеграцію супутніх сервісів.

Виробнича підсистема у такій моделі трансформується у систему проектування індивідуалізованих туристичних продуктів, де організація процесу базується на принципах гнучкого планування, модульної структури послуг та оперативної адаптації до змін попиту. Операційна діяльність охоплює багатостадійний цикл, що включає підготовчий етап формування ресурсної бази, етап конструювання продукту через кооперацію з партнерами та інституційне оформлення, а також етап реалізації послуг у форматі інтерактивної взаємодії з клієнтом у реальному часі.

Особливого значення набуває організація просторової моделі обслуговування, в якій споживач виступає центральним елементом системи, а навколишнє середовище виконує функцію інформаційно-емоційного підсилення процесу прийняття рішення. Така конфігурація забезпечує підвищення сприйнятої цінності послуги та формує умови для довгострокової лояльності.

Узагальнення результатів дозволяє визначити, що конкурентоспроможність підприємств аграрного туризму в умовах інноваційно-креативної диференціації детермінується здатністю до інтеграції трьох взаємопов'язаних компонентів: смислової трансформації продукту,

персоналізації сервісної взаємодії та організаційної гнучкості виробничо-збутових процесів. Саме синергія цих елементів забезпечує формування стійкої конкурентної переваги в умовах інформаційно насиченого та висококонкурентного ринку послуг.

## **РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНІ ГУРТКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ САМООРГАНІЗАЦІЇ, САМОНАВЧАННЯ ТА ПУБЛІКАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ В УМОВАХ КРИЗОВОЇ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА**

Розділ 6 присвячено теоретико-методологічному обґрунтуванню ролі науково-дослідних гуртків як ключового інструмента самоорганізації, самонавчання та підвищення публікаційної активності закладів освіти в умовах кризової інформатизації суспільства. У розділі розглядаються механізми формування адаптивних систем антикризового управління в освітніх організаціях, зокрема через інтеграцію підходів самоорганізації та організаційного навчання, а також їхнє застосування в контексті управління ІТ-компаніями як модельного середовища.

Окрему увагу приділено трансформації освітнього менеджменту під впливом цифровізації та кризових викликів, що зумовлює необхідність переходу до гнучких, самоадаптивних управлінських структур. У цьому контексті організаційне навчання розглядається як системоутворюючий фактор антикризового розвитку закладу освіти, що забезпечує безперервне оновлення компетентнісного потенціалу учасників освітнього процесу.

Важливим елементом дослідження є розроблення критеріально-діагностичного інструментарію оцінювання потенціалу самонавчання закладу освіти, який дозволяє визначати рівень його адаптивності та готовності до інноваційних трансформацій. Показано, що науково-дослідні гуртки виконують системоутворюючу функцію у процесах самоорганізації освітнього середовища, забезпечуючи інтеграцію дослідницької, навчальної та інноваційної діяльності.

У межах розділу аналізується вплив наукових профілів гуртків і їх учасників на підвищення наукометричних показників, зокрема цитованості результатів досліджень, а також розглядаються патентна активність, авторські

свідоцтва та методичні розробки як форма практичної реалізації результатів гурткової роботи в умовах кризових викликів. Окреслено логіку формування публікаційної діяльності наукових гуртків як інструменту розвитку дослідницької культури та самонавчання.

Завершальна частина розділу присвячена аналізу трансформації публікаційного простору науково-дослідних гуртків, визначенню його функціональної структури та ролі у забезпеченні сталого розвитку закладів освіти в умовах цифрової та соціально-економічної нестабільності.

### **6.1.Проектування механізмів самоорганізації та самонавчання в антикризовому управлінні ІТ-компаніями.**

Сучасний розвиток підприємств ІТ-бізнесу відбувається в умовах високої динамічності ринку, швидкого оновлення технологій та постійного зростання вимог споживачів до якості інформаційних продуктів і послуг. За таких умов особливого значення набувають процеси самоорганізації та самонавчання підприємства, які забезпечують його здатність адаптуватися до змін зовнішнього середовища, підтримувати конкурентоспроможність та формувати умови для сталого розвитку.

Теорія проектування самоорганізації й самонавчання в управлінні підприємствами ІТ-бізнесу базується на поєднанні стратегічного управління, інноваційного розвитку та безперервного накопичення знань. Її сутність полягає у формуванні механізмів, які забезпечують здатність підприємства самостійно вдосконалювати власні бізнес-процеси, швидко реагувати на зміни ринкового середовища та ефективно використовувати накопичений досвід для прийняття управлінських рішень.

В основі функціонування ІТ-підприємства доцільно використовувати конкурентну стратегію інноваційно-креативної диференціації. Зазначена

стратегія передбачає створення унікального інформаційного продукту, який має високий рівень інноваційності та відрізняється від аналогічних рішень конкурентів. Конкурентні переваги досягаються не лише завдяки технологічним характеристикам продукту, а й через здатність підприємства постійно генерувати нові ідеї, адаптувати їх до потреб споживачів та оперативно впроваджувати у виробничу діяльність.

У рамках такого підходу формується диференційно-дисипативна структура управління, яка характеризується високою гнучкістю та здатністю до самоорганізації. Її функціонування спрямоване на створення інноваційних інформаційних продуктів, орієнтованих на індивідуальні потреби замовників. Вартість таких продуктів визначається рівнем їх унікальності, функціональності та креативної складової. Важливим елементом системи є рекламна діяльність, яка акцентує увагу на особливих характеристиках продукту та його конкурентних перевагах. Збутова політика орієнтована на демонстрацію широких можливостей використання розроблених рішень та формування довгострокових відносин зі споживачами.

Ключовим ресурсом ІТ-підприємства виступає персонал. Ефективність діяльності значною мірою залежить від професійних компетентностей працівників, їх творчого потенціалу та здатності до постійного навчання. Тому система управління повинна передбачати створення умов для професійного розвитку співробітників, стимулювання інноваційної активності та підтримку творчих ініціатив. Особливого значення набувають механізми мотивації, які заохочують працівників до розроблення нових технологічних рішень, удосконалення програмних продуктів та впровадження сучасних інформаційних технологій.

Самонавчання підприємства реалізується через безперервний моніторинг технологічних інновацій, аналіз досвіду провідних компаній та впровадження кращих практик у власну діяльність. Одним із найбільш ефективних інструментів такого навчання є бенчмаркінг, який дозволяє порівнювати

результати діяльності підприємства з досягненнями лідерів галузі, виявляти резерви підвищення ефективності та формувати напрями подальшого розвитку.

Важливим інструментом набуття знань про специфіку діяльності замовника є розроблення інклюзивного бізнес-проекту розвитку підприємства-споживача інформаційного продукту. Такий проект дозволяє комплексно дослідити особливості функціонування підприємства, визначити проблемні аспекти його діяльності та сформулювати вимоги до майбутнього інформаційного рішення.

Структура бізнес-проекту включає маркетинговий, виробничий, економічний та фінансовий плани. Маркетинговий план спрямований на дослідження ринку, визначення потреб споживачів, аналіз конкурентного середовища та прогнозування обсягів реалізації продукції. Виробничий план охоплює питання організації виробничих процесів, управління персоналом, контролю якості та оптимізації інформаційних потоків. Економічний план передбачає оцінювання витрат, собівартості продукції та показників рентабельності. Фінансовий план включає аналіз джерел фінансування, управління грошовими потоками та оцінювання фінансових ризиків.

Одним із головних завдань ІТ-підприємства є підвищення рівня самоорганізації та самонавчання підприємства-замовника шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій. Для цього необхідно здійснити моделювання його діяльності як системи взаємопов'язаних інформаційних та матеріальних потоків. У межах такої моделі інформаційний потік відображає передачу вимог споживачів до продукції та послуг, а матеріальний потік характеризує процес створення та доставки кінцевого продукту споживачеві.

Ефективність функціонування підприємства значною мірою визначається швидкістю та якістю проходження зазначених потоків. Тому важливим завданням є виявлення так званих «вузьких місць», які обмежують продуктивність системи та знижують її ефективність. Усунення таких обмежень

здійснюється шляхом впровадження інформаційних технологій, автоматизації бізнес-процесів та вдосконалення методів управління.

Для оцінювання ефективності управлінських рішень доцільно використовувати спеціальні бізнес-форми, у яких поряд із фінансово-економічними показниками відображаються методи управління, що застосовуються на підприємстві. Це дозволяє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між результатами діяльності та управлінськими впливами.

Особливого значення набуває оперативний контроль показників діяльності за короткі проміжки часу, зокрема на помісячній основі. Порівняння планових і фактичних результатів дає можливість своєчасно виявляти відхилення, встановлювати причини їх виникнення та коригувати відповідні управлінські рішення. Якщо зниження економічної ефективності пов'язане зі скороченням обсягів реалізації продукції, необхідно вдосконалювати маркетингову політику; якщо проблема виникає у виробничій сфері – коригувати виробничі процеси та систему управління персоналом; якщо спостерігається погіршення фінансових результатів — удосконалювати механізми бюджетування та управління фінансовими ресурсами.

Таким чином, теорія проєктування самоорганізації та самонавчання підприємств ІТ-бізнесу формує наукові засади створення адаптивних систем управління, здатних забезпечувати високий рівень конкурентоспроможності, інноваційності та ефективності функціонування підприємств в умовах цифрової економіки. Її практична реалізація сприяє своєчасному виявленню проблемних зон, удосконаленню управлінських процесів та формуванню стійких конкурентних переваг на ринку інформаційних технологій.

Методологія проєктування самоорганізації та самонавчання в управлінні підприємствами ІТ-бізнесу ґрунтується на формуванні системи критеріїв, показників і механізмів оцінювання, які забезпечують адаптивний розвиток підприємства в умовах високої динаміки цифрового середовища. Основною метою такого підходу є створення управлінської системи, здатної самостійно



реагувати на зміни ринкової кон'юнктури, технологічних тенденцій та потреб споживачів шляхом накопичення знань, аналізу результатів діяльності та безперервного вдосконалення управлінських рішень.

Важливим елементом методології є визначення інтегрального показника оцінювання рівня самоорганізації підприємства. Такий показник повинен характеризувати не лише поточний стан функціонування організації, а й її здатність підтримувати стабільний розвиток у довгостроковій перспективі. Оцінювання рівня самоорганізації доцільно здійснювати за двома взаємопов'язаними напрямками: оцінюванням стійкості процесів самоорганізації та визначенням відповідності діяльності підприємства принципам самоорганізованого управління.

Стійкість самоорганізації характеризує здатність підприємства зберігати ефективність функціонування під впливом внутрішніх і зовнішніх змін. До таких змін належать коливання попиту на ІТ-продукти, поява нових технологій, зміна конкурентного середовища, трансформація вимог замовників та вплив макроекономічних факторів. Високий рівень стійкості свідчить про наявність механізмів адаптації, що забезпечують безперервність бізнес-процесів та підтримання конкурентоспроможності підприємства.

Другий складник інтегрального показника характеризує відповідність діяльності підприємства обраній моделі розвитку. Така відповідність визначається рівнем реалізації бізнес-проекту, дотриманням конкурентної стратегії та відповідністю нормативним і галузевим вимогам. Самоорганізація вважається ефективною лише за умови одночасного досягнення стійкого функціонування та відповідності стратегічним орієнтирам розвитку підприємства.

Особливістю ІТ-підприємств є їх належність до сектору креативної економіки, де основним джерелом конкурентних переваг виступають знання, інновації та творчий потенціал персоналу. Саме тому базовою конкурентною стратегією таких підприємств є інноваційно-креативна диференціація,

спрямована на створення унікальних програмних продуктів і цифрових сервісів. Реалізація цієї стратегії потребує відповідної організаційної структури управління, яка забезпечує швидке генерування нових ідей, ефективний обмін знаннями та оперативне впровадження інновацій.

У процесі самоорганізації особлива увага приділяється управлінню основними функціональними підсистемами підприємства. У сфері розроблення продуктів акцент робиться на створенні інноваційних рішень, що формують додаткову цінність для споживачів. Політика ціноутворення орієнтується на врахування унікальних властивостей програмного продукту та рівня його технологічної новизни. Маркетингова діяльність спрямовується на демонстрацію інноваційних переваг розробок, а процеси збуту передбачають індивідуальний підхід до потреб клієнтів.

Виробничі процеси ІТ-підприємства характеризуються високим рівнем гнучкості та орієнтацією на виконання індивідуальних замовлень. Організація робіт базується на сучасних методологіях управління проєктами, використанні цифрових платформ взаємодії та автоматизованих систем контролю виконання завдань. Значну роль відіграють інформаційні потоки, які забезпечують оперативний обмін даними між усіма учасниками процесу розроблення програмного забезпечення.

Ключовим ресурсом ІТ-підприємства виступає персонал, тому система управління кадрами повинна бути орієнтована на залучення висококваліфікованих фахівців, розвиток їх компетентностей та стимулювання творчої активності. Важливими інструментами є програми професійного навчання, система мотивації, підтримка інноваційної діяльності та створення умов для постійного саморозвитку працівників.

Одним із центральних елементів методології є використання бенчмаркінгу як інструменту самонавчання організації. Бенчмаркінг передбачає систематичне порівняння результатів діяльності підприємства з показниками провідних компаній галузі та виявлення найефективніших управлінських практик. На

основі накопиченого досвіду формується база знань, яка використовується для вдосконалення бізнес-процесів і прийняття управлінських рішень.

Практична реалізація механізмів самоорганізації передбачає постійний моніторинг ключових показників діяльності підприємства. До таких показників належать обсяги реалізації продукції, рівень витрат, прибутковість, продуктивність праці, ефективність використання ресурсів та фінансова стійкість. Порівняння планових і фактичних значень дає змогу своєчасно виявляти відхилення та встановлювати причини зниження ефективності.

У разі виявлення негативних тенденцій проводиться аналіз факторів, які обмежують розвиток підприємства. Такі фактори можуть бути пов'язані з недосконалістю маркетингової політики, неефективною організацією виробничих процесів, недостатнім рівнем кваліфікації персоналу, нераціональним використанням фінансових ресурсів або недоліками в системі управління інформаційними потоками. Усунення цих факторів забезпечує відновлення ефективного функціонування підприємства та підвищення рівня його самоорганізації.

Таким чином, методологічний підхід до проектування самоорганізації та самонавчання підприємств ІТ-бізнесу базується на поєднанні стратегічного управління, системи моніторингу результатів діяльності, механізмів бенчмаркінгу та безперервного вдосконалення управлінських процесів. Реалізація запропонованого підходу створює передумови для підвищення конкурентоспроможності ІТ-підприємств, забезпечення їх інноваційного розвитку та формування здатності до адаптації в умовах цифрової трансформації економіки.

## **6.2. Трансформація освітнього менеджменту в умовах інформатизації та кризових викликів.**

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується одночасним впливом глобальних кризових явищ, стрімким розвитком цифрових технологій та переходом до економіки знань. За таких умов заклади освіти змушені постійно адаптуватися до змін зовнішнього середовища, забезпечувати високу якість освітніх послуг та формувати умови для безперервного професійного розвитку педагогічних працівників. Це зумовлює необхідність застосування механізмів самоорганізації та самонавчання як ключових чинників забезпечення ефективного функціонування освітніх установ.

Теоретичною основою дослідження процесів самоорганізації та самонавчання закладів освіти є сучасні концепції управління складними соціально-економічними системами, синергетичний підхід, теорія самоорганізації, а також положення стратегічного менеджменту та управління якістю. Важливого значення набувають такі поняття, як синергія, дисипативні структури, бенчмаркінг, адаптивне управління та безперервне вдосконалення діяльності організації.

На відміну від комерційних підприємств, головною метою діяльності закладу освіти є не отримання прибутку, а формування людського капіталу, розвиток професійних компетентностей здобувачів освіти та забезпечення потреб суспільства у висококваліфікованих фахівцях. Водночас сучасні умови функціонування освітньої сфери вимагають використання ринкових механізмів управління, орієнтації на потреби споживачів освітніх послуг та постійного підвищення конкурентоспроможності закладу.

Однією з основних особливостей самоорганізації закладу освіти є орієнтація на базову конкурентну стратегію «висока якість». Якість освіти виступає головним критерієм оцінювання діяльності закладу та визначає його позиції на ринку освітніх послуг. Сучасний здобувач освіти прагне отримати не лише теоретичні знання, а й практичні компетентності, які забезпечать успішне працевлаштування, професійне зростання та можливість самореалізації. Тому система управління закладом освіти повинна бути спрямована на максимальне

задоволення освітніх потреб особистості та формування умов для її всебічного розвитку.

Реалізація стратегії високої якості потребує створення якісно-дисипативної структури управління освітньою діяльністю. Така структура передбачає організацію освітнього процесу за спеціальностями та освітніми програмами, формування кафедр, циклових комісій і факультетів як центрів накопичення професійних знань та педагогічного досвіду. Саме ці структурні підрозділи забезпечують поширення інноваційних освітніх технологій, сприяють професійному зростанню викладачів і створюють умови для колективного самонавчання.

Важливою складовою самоорганізації закладу освіти є систематичне проведення маркетингових досліджень ринку освітніх послуг. Аналіз потреб роботодавців, тенденцій розвитку ринку праці, демографічних процесів та освітніх запитів населення дає можливість своєчасно коригувати перелік спеціальностей, зміст освітніх програм та напрями розвитку закладу. Особливого значення набувають інструменти стратегічного аналізу, зокрема SWOT-аналіз, оцінювання конкурентоспроможності, дослідження конкурентного середовища та прогнозування перспективних напрямів підготовки фахівців.

В умовах цифрової трансформації суспільства значно зростає роль інформаційних технологій у забезпеченні якості освіти. Викладачі повинні постійно оновлювати зміст навчальних дисциплін відповідно до сучасних досягнень науки та техніки, використовувати цифрові платформи навчання, технології дистанційної освіти, системи управління навчальним процесом та інструменти штучного інтелекту. У зв'язку з цим важливим напрямом самонавчання педагогічного колективу стає формування та постійне поповнення банку кращих освітніх практик і методик, отриманих шляхом бенчмаркінгу провідних українських та зарубіжних закладів освіти.

Особливого значення набуває врахування принципів сталого розвитку та соціальної відповідальності. Освітній процес повинен формувати у здобувачів

освіти не лише професійні знання та навички, а й відповідальне ставлення до суспільства, навколишнього середовища та майбутніх поколінь. Тому сучасні освітні програми мають базуватися на принципах соціо-еколого-економічної збалансованості та відповідати потребам сталого розвитку держави.

Ефективність самоорганізації закладу освіти визначається рівнем його здатності адаптуватися до змін зовнішнього середовища та підтримувати стабільний розвиток у довгостроковій перспективі. Для цього необхідно здійснювати постійний моніторинг результатів діяльності, оцінювати ефективність управлінських рішень і своєчасно виявляти фактори, які стримують розвиток установи. Особлива увага приділяється пошуку так званих «вузьких місць» у системі управління, які можуть негативно впливати на якість освітніх послуг, ефективність використання ресурсів або конкурентоспроможність закладу.

Практичним прикладом реалізації принципів самоорганізації та самонавчання може слугувати діяльність Білгород-Дністровського фахового коледжу природокористування, будівництва та комп'ютерних технологій. У процесі свого розвитку заклад сформував систему управління, орієнтовану на забезпечення високої якості освітніх послуг, постійне вдосконалення освітнього процесу та адаптацію до потреб регіонального ринку праці.

У коледжі функціонує розгалужена система структурних підрозділів, що охоплює різні напрями підготовки фахівців, зокрема у сферах інформаційних технологій, будівництва, архітектури, агрономії, менеджменту, фінансів та екології. Така структура сприяє спеціалізації освітньої діяльності, накопиченню професійного досвіду та формуванню умов для ефективного самонавчання педагогічного колективу.

Проведені маркетингові дослідження ринку освітніх послуг Одеського регіону дозволили визначити найбільш перспективні напрями підготовки фахівців. Особливий попит спостерігається на спеціальності, пов'язані з інформаційними технологіями, комп'ютерною інженерією, архітектурою,

будівництвом, геодезією, аграрним сектором, менеджментом та фінансами. Врахування цих тенденцій дозволяє закладу освіти забезпечувати актуальність освітніх програм та підтримувати високий рівень працевлаштування випускників.

Таким чином, самоорганізація та самонавчання закладів освіти в умовах кризових явищ і цифрової трансформації виступають важливими чинниками забезпечення їх стійкого розвитку. Реалізація принципів адаптивного управління, орієнтація на якість освітніх послуг, використання сучасних інформаційних технологій та впровадження механізмів бенчмаркінгу створюють передумови для підвищення ефективності діяльності освітніх установ та їх успішного функціонування в умовах сучасного суспільства.

Особливого значення набуває розвиток антикризового управління, яке передбачає своєчасне виявлення ризиків, оцінювання можливих наслідків кризових ситуацій та розроблення заходів щодо мінімізації їх негативного впливу. У сучасних умовах стійкість закладу освіти значною мірою залежить від здатності його керівництва швидко адаптуватися до змін та забезпечувати безперервність освітньої діяльності навіть за несприятливих зовнішніх обставин.

Важливою складовою трансформації освітнього менеджменту є зміна ролі керівника закладу освіти. Якщо раніше основна увага приділялася адміністративним функціям, то сьогодні керівник виступає стратегічним лідером, організатором інноваційних процесів та координатором цифрової трансформації освітнього середовища. Його діяльність спрямовується на формування сприятливого інноваційного клімату, розвиток кадрового потенціалу та підтримку професійного зростання педагогічних працівників.

Зростає роль систем моніторингу та оцінювання якості освіти. Використання цифрових інструментів дає змогу здійснювати постійний контроль результатів навчання, аналізувати ефективність освітніх програм, оцінювати рівень задоволеності здобувачів освіти та оперативно коригувати

управлінські рішення. У результаті підвищується прозорість діяльності закладу освіти та ефективність використання ресурсів.

Трансформація освітнього менеджменту також передбачає активне впровадження принципів відкритості, партнерства та мережевої взаємодії. Заклади освіти дедалі частіше співпрацюють із роботодавцями, науковими установами, органами влади та міжнародними організаціями, що сприяє підвищенню якості освітніх послуг та адаптації освітніх програм до потреб сучасного ринку праці.

Таким чином, інформатизація суспільства та сучасні кризові виклики зумовлюють глибоку трансформацію освітнього менеджменту. Основними напрямками таких змін є цифровізація управлінських процесів, розвиток адаптивних моделей управління, впровадження інноваційних технологій, посилення антикризового менеджменту та формування культури безперервного самонавчання. Реалізація зазначених підходів створює умови для підвищення конкурентоспроможності закладів освіти, забезпечення їх стійкого розвитку та ефективного функціонування в умовах цифрової економіки та глобальних суспільних змін.

### **6.3. Організаційне навчання як фактор антикризового управління сучасним закладом освіти.**

Організаційне навчання являє собою безперервний процес накопичення, поширення, аналізу та використання знань усіма учасниками освітнього процесу з метою вдосконалення діяльності закладу освіти. На відміну від індивідуального навчання, яке спрямоване на розвиток окремої особистості, організаційне навчання охоплює всю систему управління та забезпечує формування колективного інтелекту організації. У результаті створюються умови для своєчасного реагування на зовнішні виклики, запобігання кризовим явищам та підвищення ефективності управлінських рішень.



В умовах кризових ситуацій організаційне навчання стає важливим інструментом антикризового управління. Його основне призначення полягає у формуванні здатності закладу освіти швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища, переглядати традиційні підходи до організації освітнього процесу та впроваджувати інноваційні рішення. Завдяки постійному аналізу власного досвіду, узагальненню результатів діяльності та вивченню кращих практик інших освітніх установ формується механізм самонавчання організації, що забезпечує її сталий розвиток навіть за несприятливих умов.

Особливу роль організаційне навчання відіграє в процесі цифрової трансформації освіти. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології суттєво змінюють зміст, форми та методи навчання, що вимагає від педагогічних працівників постійного підвищення цифрової компетентності. У зв'язку з цим керівництво закладу освіти повинно створювати умови для професійного розвитку персоналу, організовувати систематичне навчання, проведення тренінгів, вебінарів, майстер-класів та інших заходів, спрямованих на освоєння новітніх освітніх технологій.

Одним із найважливіших елементів організаційного навчання є формування культури обміну знаннями. У сучасному закладі освіти знання повинні розглядатися як стратегічний ресурс розвитку. Створення електронних баз знань, методичних банків, цифрових платформ для спільної роботи, професійних спільнот викладачів та механізмів внутрішнього наставництва сприяє накопиченню та поширенню позитивного досвіду. Це дозволяє зменшити ризики втрати важливої інформації та забезпечити спадковість професійних компетентностей.

Ефективність організаційного навчання значною мірою залежить від здатності керівництва створювати умови для розвитку інноваційної культури. У такому середовищі працівники мають можливість відкрито висловлювати свої ідеї, брати участь у розробці управлінських рішень та ініціювати зміни. Саме залучення персоналу до процесів удосконалення діяльності закладу освіти сприяє підвищенню рівня мотивації та відповідальності за результати роботи.

У контексті антикризового управління важливим напрямом організаційного навчання є використання механізмів бенчмаркінгу. Вивчення успішного досвіду інших освітніх установ дозволяє виявляти ефективні управлінські практики, адаптувати їх до власних умов функціонування та впроваджувати інноваційні підходи до вирішення проблем. Завдяки цьому заклад освіти отримує можливість оперативно реагувати на виклики зовнішнього середовища та підвищувати власну конкурентоспроможність.

Важливим результатом організаційного навчання є формування здатності закладу освіти до самоорганізації. Самоорганізована система характеризується високим рівнем гнучкості, автономності та здатності до саморозвитку. Такі організації швидше адаптуються до змін, ефективніше використовують наявні ресурси та забезпечують більш високу якість освітніх послуг. Самоорганізація створює передумови для переходу від реактивного до проактивного управління, коли рішення приймаються не лише у відповідь на кризу, а й з метою її попередження.

Таким чином, організаційне навчання виступає важливим чинником антикризового управління сучасним закладом освіти. Воно забезпечує накопичення та використання знань, розвиток професійних компетентностей персоналу, формування культури інновацій, підтримку процесів самоорганізації та підвищення адаптивності освітньої установи. У сучасних умовах саме здатність організації навчатися швидше за зміни зовнішнього середовища стає визначальною умовою її успішного функціонування та довгострокового розвитку.

#### **6.4. Критеріально-діагностичний інструментарій оцінювання потенціалу самонавчання закладу освіти.**

Сучасний заклад освіти функціонує в умовах швидких соціально-економічних змін, цифровізації освітнього середовища та зростання вимог до

якості освітніх послуг. За таких умов особливого значення набуває здатність освітньої організації до самонавчання, тобто до систематичного накопичення, аналізу, поширення та використання знань для власного розвитку.

Ефективне управління процесами самонавчання потребує наявності відповідного діагностичного інструментарію, який дозволяє оцінювати рівень готовності закладу освіти до змін, визначати сильні та слабкі сторони організаційного розвитку, а також формувати рекомендації щодо підвищення ефективності управлінської діяльності.

Проблематика організаційного навчання та самоорганізації розглядається у працях зарубіжних і вітчизняних учених. Значний внесок у розвиток концепції організаційного навчання зробили П. Сенге, К. Арджиріс, Д. Шон, І. Нонака та інші дослідники. У сфері освітнього менеджменту особлива увага приділяється формуванню навчальної організації, здатної адаптуватися до змін зовнішнього середовища та забезпечувати сталий розвиток.

Разом із тим питання розроблення комплексного критеріально-діагностичного інструментарію оцінювання потенціалу самонавчання закладів освіти потребує подальшого наукового опрацювання.

Потенціал самонавчання закладу освіти доцільно розглядати як сукупність організаційних, кадрових, інформаційних та управлінських можливостей, що забезпечують здатність освітньої організації до постійного оновлення знань, впровадження інновацій та адаптації до змін зовнішнього середовища.

Для оцінювання потенціалу самонавчання пропонується використовувати систему взаємопов'язаних критеріїв:

- рівень організаційної культури;
- ступінь залучення персоналу до процесів управління;
- розвиток інформаційно-комунікаційного середовища;
- інноваційна активність працівників;

- ефективність внутрішніх комунікацій;
- рівень професійного розвитку педагогічного персоналу;
- адаптивність організації до змін.

Кожний критерій може характеризуватися сукупністю кількісних та якісних показників.

Оцінювання потенціалу самонавчання не може базуватися виключно на статистичних показниках. Для отримання об'єктивних результатів доцільно використовувати комплексний підхід, який поєднує різні методи збору та аналізу інформації.

**Самооцінювання (Self-assessment).** Самооцінювання передбачає проведення регулярного анонімного анкетування працівників закладу освіти щодо їх участі у процесах прийняття рішень, можливостей професійного розвитку, доступності інформації та рівня підтримки інноваційних ініціатив.

Застосування даного методу дозволяє визначити рівень суб'єктивного сприйняття працівниками організаційного клімату та готовності закладу до самонавчання.

**Метод 360 градусів.** Метод 360 градусів забезпечує отримання комплексної оцінки управлінських процесів через залучення різних груп стейкхолдерів: адміністрації, педагогічних працівників, студентів, батьків та роботодавців.

Перевагою методу є можливість виявлення розбіжностей між внутрішнім та зовнішнім сприйняттям ефективності управління, а також визначення напрямів удосконалення діяльності закладу освіти.

**Аналіз інцидентів (Case Study).** Важливим інструментом діагностики є аналіз реальних проблемних ситуацій, що виникали в діяльності закладу освіти. Дослідження механізмів реагування на кризові події дозволяє оцінити ефективність процесів самоорганізації, швидкість прийняття рішень та здатність колективу до колективного навчання.

Особливу увагу доцільно приділяти випадкам переходу на дистанційне навчання, кіберінцидентам, кадровим змінам або іншим кризовим подіям.

Одним із найбільш інформативних показників потенціалу самонавчання є рівень інноваційної активності працівників. Для цього доцільно здійснювати моніторинг:

1. кількості ініціатив, запропонованих працівниками;
2. кількості реалізованих інноваційних проєктів;
3. участі педагогічних працівників у професійних спільнотах;
4. впровадження нових освітніх технологій;
5. результатів експериментальної діяльності.

Високий рівень інноваційної активності свідчить про сформовану культуру організаційного навчання та готовність до змін.

**Рівні оцінювання потенціалу самонавчання.** За результатами діагностики доцільно виділяти три рівні розвитку потенціалу самонавчання:

**Високий рівень.** Заклад освіти характеризується розвиненою культурою навчання, високою інноваційною активністю персоналу, ефективними комунікаціями та здатністю до швидкої адаптації.

**Середній рівень.** Наявні окремі елементи організаційного навчання, проте їх застосування має фрагментарний характер.

**Низький рівень.** Відсутні системні механізми накопичення та використання знань, спостерігається низька інноваційна активність і слабка готовність до змін.

Запропонований критеріально-діагностичний інструментарій дозволяє комплексно оцінювати потенціал самонавчання закладу освіти та визначати рівень його готовності до розвитку в умовах цифрової трансформації та кризових викликів. Використання самоаудиту, методу 360 градусів, аналізу інцидентів та моніторингу інноваційної активності забезпечує отримання об'єктивної інформації про стан організаційного навчання та сприяє прийняттю

обґрунтованих управлінських рішень. Практичне застосування запропонованого підходу дозволить підвищити адаптивність освітніх установ, ефективність їх функціонування та конкурентоспроможність на ринку освітніх послуг.

### **6.5. Функція гуртків у процесі самоорганізації закладу освіти**

У сучасних умовах розвитку освіти наукові гуртки, проблемні групи, творчі лабораторії та студентські об'єднання виконують важливу роль у формуванні механізмів самоорганізації закладу освіти. Їх діяльність виходить за межі традиційної позааудиторної роботи та перетворюється на один із ключових інструментів розвитку організаційного навчання, генерації інновацій та формування адаптивного освітнього середовища. Саме в межах гурткової діяльності створюються умови для активної взаємодії учасників освітнього процесу, обміну знаннями, розвитку творчого потенціалу та апробації нових підходів до вирішення актуальних проблем.

Однією з найважливіших функцій гуртків у процесі самоорганізації закладу освіти є формування горизонтальних управлінських зв'язків. На відміну від традиційної ієрархічної моделі управління, де основні рішення приймаються адміністрацією або викладачами, у діяльності гуртків відбувається перехід до більш гнучких форм взаємодії. Учасники освітнього процесу об'єднуються навколо спільної проблеми або проєкту незалежно від свого статусу чи посадового становища. За таких умов знання, досвід та професійні компетентності стають важливішими за формальну посаду. Зокрема, студенти можуть володіти сучасними цифровими навичками або практичним досвідом використання новітніх інформаційних технологій, що сприяє виникненню явища зворотного наставництва (*reverse mentoring*), коли викладачі також отримують нові знання від здобувачів освіти. Такий підхід формує культуру партнерства, взаємного навчання та колективного пошуку рішень.

Важливою характеристикою гурткової діяльності є її проєктна спрямованість. Наукові та творчі гуртки мають здатність швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища та адаптувати напрями своєї діяльності до актуальних суспільних потреб. В умовах кризових ситуацій вони можуть оперативно трансформуватися у майданчики для розроблення практичних рішень, спрямованих на подолання конкретних проблем. Це можуть бути проєкти зі створення інформаційних систем підтримки освітнього процесу, розроблення програмних продуктів для дистанційного навчання, створення чат-ботів інформаційної підтримки, аналізу даних, використання технологій штучного інтелекту, моделювання складних процесів, а також реалізація соціальних та волонтерських ініціатив. Завдяки цьому гуртки виступають важливими елементами інноваційної інфраструктури закладу освіти та сприяють підвищенню його адаптивності до зовнішніх викликів.

Особливе значення гуртки мають для формування лідерського потенціалу освітньої організації. Саме в процесі роботи над колективними проєктами учасники набувають досвіду організації діяльності команди, управління ресурсами, планування роботи, прийняття рішень та відповідальності за отримані результати. У таких умовах відбувається виявлення найбільш активних, ініціативних та креативних учасників освітнього процесу, які поступово стають неформальними лідерами колективу. Надалі вони можуть виступати агентами змін, ініціювати нові освітні та наукові проєкти, брати участь у вдосконаленні системи управління закладом освіти та поширювати інноваційні практики серед інших учасників освітнього процесу. Крім того, гуртки виконують функцію генераторів нових знань та інновацій. У процесі спільної дослідницької діяльності відбувається створення нових ідей, методик, технологій та організаційних рішень, які можуть бути використані для вдосконалення освітнього процесу та розвитку закладу освіти загалом. Завдяки цьому формується механізм безперервного організаційного навчання, який забезпечує накопичення інтелектуального капіталу та підвищення конкурентоспроможності освітньої установи.

Таким чином, наукові гуртки та творчі об'єднання виступають важливими інституційними механізмами самоорганізації закладу освіти. Вони сприяють розвитку горизонтальних комунікацій, формуванню культури співпраці та взаємного навчання, забезпечують реалізацію проєктного підходу до вирішення актуальних завдань, формують лідерський потенціал учасників освітнього процесу та створюють умови для генерації інновацій. У результаті підвищується здатність закладу освіти до саморозвитку, адаптації до змін і забезпечення сталого функціонування в умовах сучасних викликів.

Важливою складовою формування закладу освіти як організації, що навчається, є діяльність наукових, творчих та професійно орієнтованих гуртків. У сучасних умовах інформатизації суспільства, швидкого розвитку цифрових технологій та постійного оновлення професійних знань саме гурткова робота створює сприятливе середовище для безперервного навчання, накопичення інтелектуального капіталу та поширення інноваційного досвіду серед усіх учасників освітнього процесу.

Однією з ключових функцій гуртків є забезпечення ефективного обміну знаннями (Knowledge Sharing). Учасники наукових та професійних спільнот, як правило, першими ознайомлюються з новими інформаційними технологіями, програмними засобами, інструментами штучного інтелекту, сучасними методиками досліджень та практиками їх застосування. Отримані знання не залишаються в межах окремої групи, а поширюються через відкриті семінари, майстер-класи, воркшопи, круглі столи та науково-практичні конференції. Такий механізм забезпечує швидку трансформацію індивідуальних знань у колективний інтелект організації та сприяє формуванню культури безперервного професійного розвитку.

Особливого значення в сучасному освітньому середовищі набуває випереджальне навчання. На відміну від формальних освітніх програм, зміст яких часто оновлюється протягом тривалого часу, діяльність гуртків характеризується високою гнучкістю та здатністю оперативно реагувати на зміни зовнішнього середовища. Тематика занять може змінюватися відповідно



до актуальних потреб ринку праці, розвитку інформаційних технологій, появи нових наукових напрямів або суспільних викликів. Завдяки цьому здобувачі освіти отримують можливість опановувати перспективні компетентності ще до їх інтеграції в офіційні освітні програми. Гуртки фактично виконують роль інноваційних лабораторій, де апробуються нові підходи до навчання та професійної підготовки.

Не менш важливою функцією гурткової діяльності є цифрова соціалізація учасників освітнього процесу. Використання сучасних комунікаційних платформ дозволяє формувати віртуальні наукові та професійні спільноти, діяльність яких не обмежується фізичним простором закладу освіти. Онлайн-середовища забезпечують постійний доступ до навчальних матеріалів, можливість колективного виконання проєктів, проведення наукових дискусій та спільного вирішення дослідницьких завдань. Особливої актуальності такий формат роботи набув в умовах кризових ситуацій, воєнних дій, дистанційного навчання та вимушеної мобільності учасників освітнього процесу. Завдяки цифровим комунікаціям забезпечується безперервність навчання та підтримується активна взаємодія між студентами, викладачами, науковцями та представниками професійної спільноти.

Гуртки також виконують функцію генераторів інновацій та осередків розвитку дослідницької культури. Саме в межах таких об'єднань відбувається формування навичок самостійного пошуку інформації, критичного мислення, проведення наукових досліджень, підготовки проєктів та презентації результатів власної діяльності. Учасники набувають досвіду роботи в команді, розвивають навички міждисциплінарної взаємодії та вчаться адаптуватися до швидких змін у професійному середовищі.

Таким чином, гурткова діяльність виступає одним із найважливіших механізмів функціонування закладу освіти як організації, що навчається. Вона забезпечує ефективний обмін знаннями, створює умови для випереджального навчання, сприяє цифровій соціалізації учасників освітнього процесу та формує основу для розвитку інноваційного потенціалу освітньої установи. У результаті

підвищується здатність закладу освіти до самооновлення, адаптації до зовнішніх змін та забезпечення високої якості освітніх послуг в умовах сучасного інформаційного суспільства.

#### **6.6. Використання наукових профілів гуртка та його учасників для підвищення цитованості результатів досліджень**

Важливим напрямом розвитку наукових гуртків в умовах цифровізації освіти є створення та активне використання наукових профілів у міжнародних академічних мережах і наукометричних системах. До найбільш поширених платформ належать ResearchGate, Academia.edu та Google Scholar. Їх використання сприяє популяризації результатів наукової діяльності гуртка, розширенню міжнародної наукової співпраці та підвищенню рівня цитованості наукових публікацій.

Створення профілю наукового гуртка дозволяє сформувати єдиний інформаційний простір для представлення результатів досліджень його учасників. У профілі можуть розміщуватися відомості про наукові проекти, публікації, участь у конференціях, наукових семінарах, конкурсах студентських наукових робіт та інших формах дослідницької діяльності. Це сприяє формуванню позитивного іміджу гуртка та підвищенню його впізнаваності серед наукової спільноти.

Особливу роль відіграє створення індивідуальних профілів викладачів, аспірантів та студентів. Наявність актуальних профілів із повним переліком наукових праць забезпечує доступність результатів досліджень для широкого кола науковців, полегшує пошук публікацій та сприяє їх використанню в подальших дослідженнях. Крім того, сучасні академічні платформи автоматично відстежують показники цитованості, індекс Гірша та інші наукометричні характеристики, що дозволяє оцінювати ефективність наукової діяльності як окремих дослідників, так і наукового гуртка загалом.

Важливою перевагою використання наукових профілів є можливість формування професійних мереж співробітництва. Учасники гуртка можуть встановлювати контакти з дослідниками з інших закладів освіти та наукових установ, обмінюватися результатами досліджень, брати участь у спільних проєктах і міжнародних наукових ініціативах. Це сприяє інтеграції молодих науковців у світовий науковий простір та підвищує якість дослідницької діяльності.

Систематичне наповнення профілів новими публікаціями, матеріалами конференцій, препринтами, презентаціями та навчально-методичними розробками забезпечує збільшення видимості результатів наукової роботи в мережі Інтернет. У свою чергу, це позитивно впливає на рівень цитованості наукових праць, сприяє поширенню нових знань та підвищує науковий рейтинг закладу освіти.

Таким чином, використання наукових профілів у системах ResearchGate, Academia.edu та Google Scholar є важливим інструментом цифрової трансформації наукової діяльності гуртків. Воно забезпечує ефективне представлення результатів досліджень, розширює можливості наукової комунікації, сприяє розвитку академічної мобільності та підвищує рівень цитованості наукових праць учасників освітньо-наукового процесу.

## **6.7. Патенти, авторські свідоцтва та методичні розробки як результат діяльності гуртка в умовах кризових викликів**

Важливим показником ефективності діяльності наукових гуртків є створення практично значущих результатів інтелектуальної діяльності, які можуть бути використані для подолання кризових явищ у суспільстві, економіці, освіті та виробничій сфері. До таких результатів належать патенти на винаходи та корисні моделі, авторські свідоцтва на програмні продукти, бази даних,

навчальні ресурси, а також методичні рекомендації для підприємств, органів місцевого самоврядування, освітніх установ і громадських організацій.

У сучасних умовах цифрової трансформації та зростання кількості ризиків наукові гуртки дедалі частіше виступають осередками створення інноваційних рішень. Результатом їхньої роботи можуть бути програмні комплекси для автоматизації управлінських процесів, системи моніторингу та прогнозування ризиків, інформаційно-аналітичні платформи підтримки прийняття рішень, засоби кіберзахисту інформаційних ресурсів, а також технології дистанційної взаємодії та навчання. Оформлення таких розробок у вигляді патентів або авторських свідоцтв сприяє захисту прав інтелектуальної власності та створює передумови для їх подальшого впровадження.

Особливого значення набуває підготовка методичних рекомендацій, орієнтованих на вирішення актуальних проблем бізнесу та територіальних громад. У кризових умовах такі рекомендації можуть стосуватися підвищення рівня кібербезпеки організацій, впровадження цифрових сервісів управління, використання технологій штучного інтелекту для аналізу даних, організації дистанційної роботи персоналу, оптимізації ресурсного забезпечення або підвищення ефективності комунікацій між громадою та органами влади.

Наукові гуртки також можуть брати участь у розробленні соціально значущих проєктів, спрямованих на підтримку освітніх закладів, малого та середнього бізнесу, волонтерських організацій і громадських об'єднань. У таких випадках результати досліджень трансформуються у практичні інструменти, інструкції, програмні рішення та методичні матеріали, що сприяють підвищенню стійкості організацій до зовнішніх викликів та невизначеності.

Важливою перевагою зазначеної діяльності є поєднання наукової, освітньої та практичної складових. Учасники гуртка набувають досвіду проведення досліджень, створення інноваційних продуктів, оформлення об'єктів інтелектуальної власності та впровадження отриманих результатів у реальну практику. Це сприяє формуванню підприємницького мислення, розвитку

інноваційної культури та посиленню взаємодії між закладами освіти, бізнесом і територіальними громадами.

Таким чином, патенти, авторські свідоцтва, програмні розробки та методичні рекомендації є не лише результатом наукової творчості учасників гуртка, а й важливим інструментом підтримки процесів самоорганізації, самонавчання та антикризового розвитку суспільства в умовах сучасних глобальних викликів.

### **6.7. Логіка публікаційної роботи наукового гуртка**

Публікаційна діяльність є одним із ключових механізмів реалізації наукового потенціалу гуртка та забезпечення його інтеграції у вітчизняний і міжнародний науковий простір. Вона виконує не лише функцію поширення результатів досліджень, а й виступає важливим інструментом самонавчання, формування дослідницьких компетентностей та розвитку академічної культури учасників.

Логіка публікаційної роботи гуртка базується на принципі послідовного переходу від накопичення знань до їх наукового узагальнення, апробації та поширення. Початковим етапом є вивчення сучасного стану проблеми шляхом аналізу наукової літератури, нормативних документів, статистичних матеріалів та практичного досвіду. Учасники гуртка здійснюють пошук інформації в наукометричних базах даних, аналізують сучасні тенденції розвитку відповідної галузі знань та визначають актуальні напрями подальших досліджень.

Наступним етапом є проведення власних досліджень, виконання експериментів, моделювання процесів або аналіз емпіричних даних. Отримані результати обговорюються на засіданнях гуртка, де проходять первинну експертну оцінку та наукове рецензування. Такий підхід сприяє формуванню навичок критичного мислення, аргументації та наукової дискусії.

Важливим елементом публікаційної стратегії є поетапна апробація результатів. Спочатку результати досліджень представляються у вигляді тез доповідей на студентських конференціях, круглих столах, семінарах або наукових форумах. Після отримання зауважень та рекомендацій матеріали доопрацьовуються й трансформуються у повноцінні наукові статті для фахових видань, збірників наукових праць або міжнародних журналів.

Особливе значення має формування системи колективних публікацій, у межах якої досвідчені викладачі, аспіранти та молоді дослідники працюють над спільними науковими проєктами. Така модель забезпечує передачу досвіду між поколіннями науковців, сприяє розвитку наставництва та підвищує якість підготовки наукових праць.

Сучасна логіка публікаційної діяльності передбачає також використання цифрових інструментів наукової комунікації. Результати досліджень розміщуються в електронних репозитаріях, наукових соціальних мережах, персональних профілях дослідників та академічних платформах. Це підвищує видимість наукових результатів, сприяє їх поширенню серед професійної спільноти та забезпечує зростання показників цитованості.

Завершальним етапом публікаційної роботи є впровадження отриманих результатів у практичну діяльність, розроблення методичних рекомендацій, програмних продуктів, навчальних матеріалів, патентів або інших об'єктів інтелектуальної власності. Таким чином, публікаційна діяльність гуртка набуває завершеного циклу: від наукової ідеї та дослідження до поширення знань і практичного використання отриманих результатів.

Ефективно організована система публікаційної роботи сприяє формуванню дослідницької культури, розвитку навичок академічного письма, підвищенню наукового рейтингу закладу освіти та створенню умов для функціонування гуртка як самоорганізованої спільноти, що постійно навчається і генерує нові знання.

## **6.8. Логіка публікаційної діяльності наукового гуртка в умовах самонавчання та самоорганізації**

Важливим елементом функціонування наукового гуртка як осередку самонавчання є формування ефективної системи підготовки та поширення наукових результатів. Публікаційна діяльність виступає не лише засобом апробації результатів досліджень, але й інструментом передачі знань, розвитку дослідницьких компетентностей та формування академічної культури учасників освітнього процесу.

Одним із ключових принципів організації роботи гуртка є реалізація моделі «рівний-рівному» (peer-to-peer learning). У межах цієї моделі старші студенти, магістранти та аспіранти виконують функції наставників для молодших учасників гуртка. Вони передають досвід пошуку наукової інформації, підготовки тез доповідей, оформлення наукових статей, роботи з наукометричними базами даних та академічними профілями дослідника. Такий підхід сприяє формуванню безперервного середовища обміну знаннями, у якому навчання відбувається не лише за схемою «викладач – студент», а й через горизонтальні комунікації між учасниками наукової спільноти. У результаті формується стійка система відтворення дослідницьких компетентностей та підтримується спадкоємність наукових традицій.

Суттєвого значення набуває також логіка швидкого реагування на актуальні виклики зовнішнього середовища. В умовах кризових явищ, стрімкого розвитку інформаційних технологій та постійного оновлення знань науковий гурток повинен забезпечувати оперативне опрацювання нових проблем і швидке поширення отриманих результатів. Для цього активно використовуються електронні журнали, репозитарії відкритого доступу, конференційні платформи, наукові соціальні мережі та цифрові комунікаційні ресурси. Завдяки цьому результати досліджень можуть бути представлені професійній спільноті у

максимально короткі терміни, що підвищує їх практичну цінність та актуальність.

Не менш важливою є логіка інтеграції результатів наукової діяльності гуртка в освітній процес закладу освіти. Отримані під час досліджень результати, підготовлені наукові статті, методичні матеріали та проєктні розробки використовуються як основа для оновлення змісту навчальних дисциплін, створення нових вибіркового курсів, практичних занять, лабораторних робіт та навчально-методичних комплексів. Таким чином забезпечується швидке впровадження інноваційних знань у навчальний процес та підвищується його відповідність сучасним вимогам науки, техніки й ринку праці.

Поєднання принципів наставництва, оперативного поширення знань та інтеграції наукових результатів у навчальну діяльність створює умови для формування наукового гуртка як самонавчальної організації. Така організація здатна ефективно генерувати нові знання, адаптуватися до змін зовнішнього середовища та забезпечувати постійний професійний розвиток усіх учасників освітнього процесу.

#### **6.9. Сфера та логіка публікаційної діяльності науково-дослідних гуртків як інструмент самонавчання закладу освіти**

У сучасних умовах інформатизації суспільства, цифрової трансформації освіти та посилення вимог до якості підготовки фахівців науково-дослідні гуртки набувають особливого значення як осередки формування дослідницьких компетентностей, розвитку академічної культури та поширення інноваційних знань. Одним із найважливіших напрямів діяльності таких гуртків є організація публікаційної роботи, яка забезпечує не лише апробацію результатів досліджень, а й створює умови для самонавчання всіх учасників освітнього процесу.



Сфера публікаційної діяльності науково-дослідних гуртків охоплює широкий спектр наукових та навчально-методичних результатів. До неї належать підготовка тез доповідей для наукових конференцій, публікація статей у фахових і міжнародних виданнях, участь у колективних монографіях, розроблення методичних рекомендацій, створення навчальних посібників, підготовка аналітичних матеріалів для органів влади, громадських організацій та бізнес-структур. У технічних і природничих галузях результатами діяльності гуртків можуть бути також патенти, авторські свідоцтва, програмні продукти, бази даних та інші об'єкти інтелектуальної власності.

Публікаційна діяльність виконує функцію механізму накопичення та поширення знань у закладі освіти. Кожна підготовлена наукова праця стає джерелом нової інформації для інших учасників освітнього процесу та сприяє формуванню внутрішнього інформаційного середовища закладу. Завдяки цьому створюються передумови для розвитку організації, що навчається, у якій знання постійно генеруються, систематизуються та передаються між різними поколіннями студентів, аспірантів і викладачів.

Логіка публікаційної діяльності науково-дослідного гуртка ґрунтується на принципах безперервного навчання, колективної творчості та інтеграції науки й освіти. Важливу роль відіграє модель «рівний-рівному», відповідно до якої досвідчені учасники гуртка здійснюють наставництво молодших дослідників. У процесі спільної підготовки публікацій передаються навички пошуку наукової інформації, роботи з електронними базами даних, проведення досліджень, аналізу результатів та оформлення наукових праць відповідно до міжнародних вимог академічної доброчесності.

Особливістю сучасних наукових гуртків є орієнтація на швидке реагування на виклики зовнішнього середовища. Тематика досліджень формується з урахуванням актуальних проблем науки, економіки, освіти та суспільства. Завдяки використанню цифрових платформ, електронних журналів, репозитаріїв відкритого доступу та наукових соціальних мереж результати досліджень можуть оперативно поширюватися серед наукової спільноти та практиків. Це

забезпечує високу актуальність публікацій і підвищує практичну цінність отриманих результатів.

Важливою складовою логіки публікаційної діяльності є її інтеграція в освітній процес. Результати досліджень використовуються для оновлення змісту навчальних дисциплін, розроблення нових курсів, удосконалення лабораторних і практичних занять, підготовки дипломних та кваліфікаційних робіт. Таким чином наукові здобутки гуртка стають інструментом модернізації освітньої діяльності закладу та забезпечують зв'язок між наукою і навчанням.

Сучасна публікаційна діяльність також передбачає активне використання міжнародних цифрових наукових платформ, зокрема Google Scholar, ResearchGate, Academia.edu, ORCID та інших систем наукової комунікації. Формування електронних профілів учасників гуртка сприяє підвищенню видимості результатів досліджень, розширенню академічних контактів та інтеграції закладу освіти до світового наукового простору.

Отже, публікаційна діяльність науково-дослідних гуртків є не лише формою представлення результатів досліджень, а й важливим механізмом самонавчання закладу освіти. Вона забезпечує накопичення інтелектуального капіталу, розвиток дослідницьких компетентностей, поширення інноваційних знань та формування культури безперервного професійного розвитку, що є необхідною умовою ефективного функціонування сучасної освітньої організації в умовах динамічних суспільних змін.

#### **6.10. Науково-дослідні гуртки в системі самоорганізації та самонавчання закладів освіти**

У сучасних умовах цифрової трансформації суспільства, стрімкого розвитку інформаційних технологій та постійного оновлення знань особливого значення набуває здатність закладів освіти до самоорганізації та самонавчання.

Від ефективності цих процесів залежить конкурентоспроможність освітньої установи, її адаптивність до змін зовнішнього середовища та здатність забезпечувати якісну підготовку фахівців. Одним із найбільш ефективних інструментів розвитку самоорганізації та самонавчання виступають науково-дослідні гуртки, які створюють сприятливе середовище для генерації знань, розвитку творчого потенціалу учасників освітнього процесу та формування інноваційної культури.

Науково-дослідний гурток є добровільним об'єднанням студентів, аспірантів і викладачів, діяльність якого спрямована на проведення досліджень, реалізацію наукових проєктів, підготовку публікацій та впровадження інноваційних розробок. На відміну від традиційних форм навчання, де основна роль належить викладачу, у межах гуртка формується більш гнучка система взаємодії, заснована на партнерстві, спільному пошуку рішень та колективному виробленні нових знань. Саме тому науково-дослідні гуртки виступають важливими осередками самоорганізації освітнього середовища.

У системі самоорганізації закладу освіти науково-дослідні гуртки виконують функцію горизонтальних комунікацій між учасниками освітнього процесу. Вони забезпечують взаємодію між студентами різних курсів, аспірантами, молодими науковцями та досвідченими викладачами, створюючи умови для ефективного обміну знаннями та досвідом. У таких колективах значною мірою зменшується вплив жорсткої адміністративної ієрархії, а ключову роль починають відігравати компетентність, ініціативність і творчий потенціал учасників. Це сприяє формуванню середовища, у якому нові ідеї можуть виникати та реалізовуватися незалежно від формального статусу їх авторів.

Особливе значення науково-дослідні гуртки мають для розвитку самонавчання. Учасники гуртків постійно залучаються до пошуку нової інформації, аналізу сучасних наукових джерел, освоєння новітніх технологій і методів дослідження. На відміну від навчальних програм, які оновлюються через певні часові інтервали, тематика гурткової роботи може змінюватися оперативно

відповідно до актуальних наукових, технологічних або суспільних викликів. Завдяки цьому формується механізм випереджального навчання, коли учасники отримують знання про новітні технології та методики ще до їх офіційного включення до освітніх програм.

Однією з важливих функцій науково-дослідних гуртків є створення та поширення знань усередині закладу освіти. Учасники гуртків виступають своєрідними агентами інновацій, які освоюють нові технології, програмні засоби, методики аналізу даних або педагогічні підходи, а потім поширюють ці знання серед інших студентів і викладачів через семінари, майстер-класи, відкриті лекції та спільні проєкти. Таким чином формується внутрішня система управління знаннями, що є характерною ознакою організації, яка навчається.

У періоди кризових явищ роль науково-дослідних гуртків суттєво зростає. В умовах пандемій, воєнних конфліктів, економічних потрясінь або технологічних змін саме гуртки здатні оперативно реагувати на нові виклики шляхом розроблення прикладних рішень і проєктів. Вони можуть виступати платформами для створення інформаційних ресурсів, цифрових сервісів, програмних продуктів, методичних рекомендацій та інших інноваційних розробок, необхідних для адаптації закладу освіти до нових умов функціонування.

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології значно розширюють можливості діяльності науково-дослідних гуртків. Використання платформ дистанційної взаємодії, хмарних сервісів, наукових соціальних мереж та цифрових репозитаріїв дозволяє створювати віртуальні дослідницькі спільноти, які функціонують незалежно від територіального розташування учасників. Такі спільноти забезпечують безперервність процесів самонавчання навіть за умов обмеження традиційних форм комунікації.

Важливим результатом діяльності науково-дослідних гуртків є формування кадрового резерву закладу освіти. У процесі дослідницької діяльності виявляються найбільш активні та здібні студенти, які в майбутньому

можуть продовжити навчання в аспірантурі, долучитися до науково-педагогічної діяльності або стати керівниками інноваційних проєктів. Таким чином забезпечується відтворення інтелектуального потенціалу освітньої установи та її довгостроковий розвиток.

Отже, науково-дослідні гуртки є важливим елементом системи самоорганізації та самонавчання закладів освіти. Вони сприяють формуванню культури безперервного навчання, розвитку дослідницьких компетентностей, створенню та поширенню нових знань, забезпечують адаптацію освітнього середовища до змін зовнішнього середовища та виступають одним із ключових механізмів інноваційного розвитку сучасної освітньої організації.

#### **6.11. Трансформація публікаційного простору науково-дослідних гуртків в умовах кризової інформатизації суспільства**

Сучасні процеси цифровізації освіти, глобальні кризові явища, воєнні виклики та стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій суттєво змінюють характер наукової діяльності закладів освіти. Особливого значення в цих умовах набувають науково-дослідні гуртки, які виступають не лише осередками розвитку дослідницьких компетентностей здобувачів освіти, а й важливими елементами системи самоорганізації та самонавчання освітніх установ. Одним із найбільш помітних напрямів трансформації діяльності гуртків є зміна підходів до підготовки, поширення та використання результатів наукових досліджень.

Традиційна модель публікаційної діяльності, що базувалася переважно на друкованих виданнях, поступово поступається місцем цифровим формам наукової комунікації. Сучасний науково-дослідний гурток функціонує в умовах глобального інформаційного простору, де результати досліджень можуть бути оперативно представлені широкій міжнародній аудиторії через електронні журнали, цифрові репозитарії, наукові соціальні мережі та спеціалізовані

інформаційні платформи. Це створює нові можливості для популяризації результатів досліджень, підвищення цитованості наукових праць та інтеграції учасників гуртків у світове наукове співтовариство.

В умовах кризової інформатизації суспільства особливого значення набуває оперативність поширення наукових результатів. Якщо раніше між завершенням дослідження та його публікацією могли проходити місяці або навіть роки, то сучасні цифрові технології дозволяють значно скоротити цей часовий проміжок. Наукові гуртки отримують можливість швидко реагувати на актуальні виклики суспільства, здійснювати дослідження проблем, що виникають у реальному часі, та оперативно представляти результати через електронні збірники конференцій, наукові портали, відкриті архіви препринтів та професійні інформаційні платформи.

Суттєвих змін зазнає і структура авторських колективів. Використання хмарних технологій, систем спільного редагування документів, платформ дистанційної комунікації та управління проєктами забезпечує можливість організації міждисциплінарних і міжуніверситетських дослідницьких груп. Учасники гуртків можуть спільно виконувати наукові проєкти незалежно від місця перебування, що особливо актуально в умовах воєнного стану, вимушеної міграції або інших кризових обставин.

Важливою особливістю сучасного публікаційного простору стає розвиток культури відкритої науки. Науково-дослідні гуртки дедалі активніше використовують відкриті репозитарії, електронні бібліотеки та міжнародні наукометричні платформи для розміщення результатів своїх досліджень. Поширення відкритого доступу до наукової інформації сприяє розширенню академічної співпраці, підвищенню прозорості досліджень та формуванню навичок академічної доброчесності серед здобувачів освіти.

Інформатизація суспільства також змінює критерії оцінювання результативності діяльності наукових гуртків. Поряд із кількістю опублікованих праць дедалі більшого значення набувають показники видимості досліджень у

цифровому середовищі, індекси цитування, активність у міжнародних наукових мережах, участь у глобальних наукових проєктах та вплив результатів досліджень на вирішення актуальних соціально-економічних проблем.

Особливу роль у трансформації публікаційного простору відіграють наукові профілі учасників гуртків у системах Google Scholar, ResearchGate, Academia.edu, ORCID та інших цифрових платформах. Вони забезпечують формування персонального наукового портфоліо дослідника, сприяють популяризації результатів наукової діяльності та створюють умови для професійного розвитку молодих учених.

Таким чином, трансформація публікаційного простору науково-дослідних гуртків в умовах кризової інформатизації суспільства характеризується переходом до цифрових форм наукової комунікації, розвитком відкритої науки, розширенням міжнародної співпраці, прискоренням процесів поширення результатів досліджень та посиленням ролі електронних інформаційних ресурсів. Зазначені процеси сприяють підвищенню ефективності наукової діяльності гуртків, розвитку механізмів самоорганізації та самонавчання закладів освіти, а також формуванню сучасного інноваційного освітньо-наукового середовища.

## **6.12. Сфера публікаційної роботи науково-дослідних гуртків**

Публікаційна діяльність науково-дослідних гуртків (НДГ) є одним із ключових механізмів реалізації наукового потенціалу закладу освіти та важливим інструментом його самонавчання. В умовах цифровізації науки та розвитку концепції відкритого доступу сфера публікаційної роботи НДГ охоплює академічний, цифровий та прикладний напрями поширення результатів досліджень.

**Академічна (формальна) сфера.** Традиційним напрямом публікаційної діяльності НДГ є академічна сфера, що забезпечує офіційну апробацію та визнання результатів наукових досліджень. Однією з найважливіших форм такої діяльності є підготовка наукових статей для публікації у фахових виданнях категорій А та Б. Особливу роль відіграє практика співавторства викладачів і студентів, яка створює умови для передачі дослідницького досвіду, формування навичок академічного письма та підготовки молодих науковців до самостійної дослідницької діяльності.

Важливим етапом становлення майбутнього дослідника є участь у наукових конференціях різного рівня. Підготовка тез доповідей дозволяє учасникам гуртка апробувати результати власних досліджень, отримати фахові рекомендації від наукової спільноти та розвинути навички публічного представлення наукових результатів. Особливого значення набуває участь у міжнародних та всеукраїнських наукових форумах, які сприяють інтеграції молодих дослідників у сучасний науковий простір.

Додатковим майданчиком для наукової активності виступають студентські наукові вісники, збірники наукових праць та інші спеціалізовані видання закладів освіти. Такі публікації створюють сприятливі умови для перших кроків молодих дослідників у науковій діяльності та формування власного наукового портфоліо.

**Цифрова мережева сфера (Open Science).** Розвиток концепції відкритої науки суттєво трансформував механізми поширення наукових результатів. Важливою складовою публікаційної діяльності НДГ стали інституційні репозитарії, у яких розміщуються препринти статей, звіти про виконані дослідження, кваліфікаційні роботи та інші наукові матеріали. Використання репозитаріїв забезпечує відкритий доступ до результатів досліджень, підвищує їх видимість та сприяє поширенню наукових знань серед широкого кола користувачів.



Значну роль у сучасній науковій комунікації відіграють академічні соціальні мережі та цифрові наукометричні платформи. Створення та підтримка профілів науково-дослідного гуртка і його учасників у системах Google Scholar, ResearchGate, Academia.edu, ORCID та інших ресурсах дозволяє підвищувати рівень цитованості наукових праць, розширювати професійні контакти та інтегрувати результати досліджень у міжнародний науковий простір. Такі інструменти сприяють формуванню цифрової репутації дослідника та закладу освіти загалом.

**Прикладна (суспільно орієнтована) сфера.** Важливим напрямом діяльності науково-дослідних гуртків є поширення результатів досліджень серед зацікавлених сторін – органів влади, бізнесу, громадських організацій та місцевих громад. У цьому випадку результати наукової роботи набувають прикладного характеру та спрямовуються на вирішення конкретних соціально-економічних проблем.

До результатів такої діяльності можуть належати патенти на винаходи, авторські свідоцтва, програмні продукти, аналітичні звіти, експертні висновки та методичні рекомендації. Особливо актуальними є розробки, спрямовані на подолання наслідків кризових явищ, підвищення ефективності управління, розвиток цифрових технологій, удосконалення освітніх процесів та забезпечення інформаційної безпеки.

Таким чином, публікаційна діяльність науково-дослідних гуртків охоплює широкий спектр академічних, цифрових та прикладних форм поширення знань. Її розвиток сприяє формуванню дослідницьких компетентностей здобувачів освіти, інтеграції закладу освіти у міжнародний науковий простір та забезпеченню ефективного функціонування механізмів самоорганізації й самонавчання в освітньому середовищі.

## ВИСНОВКИ

У монографії представлено нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності та безпеки розвитку підприємств на основі математичного моделювання міцності тонкостінних елементів конструкцій, інтеграції методів механіки руйнування, інформаційних технологій моніторингу технічного стану обладнання та економіко-математичних моделей управління виробничими ризиками.

Проведений аналіз теоретичних засад оцінювання ефективності та безпеки розвитку підприємств дозволив встановити взаємозв'язок між технічним станом виробничих систем, рівнем надійності обладнання та економічними результатами діяльності суб'єктів господарювання. Обґрунтовано, що забезпечення технічної безпеки є необхідною умовою сталого розвитку підприємства та формування його конкурентних переваг у довгостроковій перспективі.

Розроблено та систематизовано математичні моделі дослідження напружено-деформованого стану тонкостінних елементів із дефектами, тріщинами та неоднорідностями матеріалу. Узагальнено підходи до розв'язання крайових задач механіки руйнування, досліджено можливості застосування енергетичних критеріїв міцності та стійкості конструкцій, а також удосконалено підходи до використання методу мінімізації енергетичної похибки для оцінювання технічного стану відповідальних елементів обладнання.

Виконано аналіз сучасних чисельно-аналітичних методів дослідження тонкостінних конструкцій та доведено їх ефективність для прогнозування розвитку дефектів, оцінювання залишкового ресурсу обладнання та визначення критичних режимів експлуатації. Встановлено, що використання математичного моделювання дозволяє підвищити достовірність прогнозування відмов та знизити рівень виробничих ризиків.

Обґрунтовано доцільність використання інформаційних технологій моніторингу та діагностики технічного стану обладнання. Розглянуто сучасні системи неперервного контролю структурної цілісності конструкцій, методи обробки діагностичних даних, засоби прогнозування розвитку дефектів та цифрові технології підтримки прийняття управлінських рішень. Показано, що інтеграція цифрових інструментів із математичними моделями суттєво підвищує ефективність управління життєвим циклом технічних систем.

Розроблено концептуальні положення економіко-математичного моделювання розвитку підприємства з урахуванням технічного стану основних засобів. Визначено вплив показників надійності, безвідмовності та залишкового ресурсу обладнання на продуктивність, собівартість продукції, інвестиційну привабливість та конкурентоспроможність підприємства. Запропоновано підходи до оптимізації інвестиційних програм модернізації виробничих систем і формування стратегій безпечного та ефективного розвитку.

Особливу увагу приділено дослідженню ролі науково-дослідних гуртків у забезпеченні процесів самоорганізації, самонавчання та розвитку інноваційного потенціалу закладів освіти в умовах кризової інформатизації суспільства. Встановлено, що науково-дослідні гуртки виступають ефективним механізмом формування культури безперервного навчання, розвитку дослідницьких компетентностей, генерації інноваційних ідей та забезпечення високого рівня публікаційної активності.

Обґрунтовано значення організаційного навчання, цифрових комунікацій, академічних профілів дослідників, відкритої науки та публікаційної діяльності для підвищення якості наукових досліджень і міжнародної видимості результатів наукової роботи. Показано, що науково-дослідні гуртки здатні виконувати функції інноваційних осередків, які забезпечують інтеграцію освіти, науки та практики в умовах сучасних суспільних викликів.

Отримані результати створюють теоретичне та методичне підґрунтя для подальшого розвитку методів математичного моделювання технічного стану

конструкцій, цифрового моніторингу виробничих систем, управління ризиками експлуатації обладнання та формування ефективних механізмів самонавчання організацій. Практичне використання запропонованих підходів сприятиме підвищенню надійності технічних систем, зміцненню економічної безпеки підприємств та забезпеченню їх сталого інноваційного розвитку в умовах цифрової трансформації економіки й суспільства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Аммарі А. О. Класифікація стейкхолдерів на основі взаємних очікувань. Актуальні проблеми економіки, 2012. № 8. С. 150–155.
- 2.Bhatia R. The future of SIEM: how AI and ML are rewriting threat detection. Journal of Computer Science and Technology Studies. 2025. Vol. 7. No 7. P. 459–468.
- 3.Андрійчук В. Г. Проблемні аспекти регулювання функціонування агропромислових компаній. Економіка АПК. 2014. № 2. С. 5–21.
- 4.Батищева Н. Облік оплати праці за національними стандартами. Все про бухгалтерський облік. 2002. № 71. С. 4.
- 5.Белєнкова О. Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку : монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.
- 6.Бондаревська К. В. Тенденції розвитку аграрного сектору економіки України. Економіка АПК, 2014. № 11. С. 36–42.
- 7.Бойко В. С., Семенова К. Д. Toyota Motor Corp б'є конкурентів General Motors та Volkswagen. URL: [http:// autosvit.net/ index.php/ avtonovosti/v-mire/17-toyota-motor-corp-bet-konkurentov-general-motors-i-volkswagen](http://autosvit.net/index.php/avtonovosti/v-mire/17-toyota-motor-corp-bet-konkurentov-general-motors-i-volkswagen)
- 8.Борисенко З. Діалектика монополізму і конкуренції в умовах глобалізації. Вісник Національної Академії державного управління при Президентові України. 2004. № 2. С. 404–409.
- 9.Бродський Ю. Б., Николук О. М. Системний аналіз поняття «конкурентоспроможність сільськогосподарського підприємства». Вісник ЖНАЕУ. 2011. № 1 (28), т. 2. С. 31–41.
- 10.Борщук Є. М. Основи теорії стійкого розвитку еколого-економічних систем. Львів : Растр., 2007. 436 с.

- 11.Борщук Є. М. Людина і природа в системі продуктивних сил суспільства: монографія. Львів : вид-во ЛКА, 2002. 280 с.
- 12.Борщук Є. М., Азьмук Л. А., Александрова М. Сучасні проблеми розвитку національної економіки. К.: Національна академія управління, 2008. 452 с.
- 13.Брюховецька Н. Ю. Економічний механізм підприємства в ринковій економіці: методологія і практика. Донецьк : ІЕП НАН України, 1999. 276 с.
14. Інформаційна безпека: проблеми правового забезпечення та технологічного супроводу. – К.: Інститут інформації, безпеки і права, 2022. – 358 с.
- 15.Брюховецька Н. Ю. Формування економічного механізму підприємств, адекватного сучасним умовам господарювання. Экономика промышленности. Донецк : ИЭП НАН Украины. 2000. С. 63–75.
- 16.Бугір Л. М., Кубіній В. В., Сокол І. І. Концептуальні підходи до стратегічного управління. Актуальні проблеми економічного та соціального розвитку виробничої сфери. Донецьк, 2011. Том 1. С. 64 – 66.
- 17.Бугір Л. М., Завадяк Р. І., Сокол І. І., Пахтер Ю. О. Організаційні зміни в умовах стратегічного управління. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор». Херсон, 2010. № 20. С. 134 – 140.
- 18.Бугір Л. М. Підприємницька діяльність у системі стратегічного управління регіоном. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Економіка. Ужгород, 2007. Спецвипуск 22. Частина III. С. 246 – 250.
- 19.Вебер М. Соціологія. Загальноісторичні аналізи. Політика. К.: Основи, 1998. 534 с.
- 20.Великий тлумачний словник сучасної української мови. К., Ірпінь : Перун, 2005. 1728 с.
- 21.Виноградова О. В. Реінжиніринг бізнес-процесів торговельних підприємств: монографія. Донецьк, 2006. 183 с.
- 22.Волошин Р. Методологія дослідження конкурентоспроможності зерна. Галицький економічний вісник. 2009. № 1. С. 174-180.

23. Eti, S., Yüksel, S., Pamucar, D. et al. Markov chain and RATGOS-driven fuzzy decision-making for prioritizing cybersecurity measures in microgrid systems. OPSEARCH (2024). <https://doi.org/10.1007/s12597-024-00897-4>
24. Гейтс Б. Бізнес зі швидкістю думки. К.: ЕКСМО-ПРЕСС, 2000. 480 с.
25. Герасименко В. Г., Нездоймінов С. Г. Аграрний туризм як вид підприємництва : монографія. Одеса, 2011. 178 с.
26. Грібова В. В., Бовнегра Л. В., Торопенко О. В. Метод граничної коллокації при моделюванні задач про вигини шарнірно-опертої пластини з тонким лінійним включенням. Informatics and Mathematical Methods in Simulation Vol.14 (2024), No. 4, pp. 344-349. DOI 10.15276/imms.v14.no4.344
27. В.В.Грібова, Л.В.Бовнегра, А.В.Торопенко. «Рішення задачі про вигин затисненої по контуру пластини з тонким лінійним включенням методом мінімізації похибки по енергії». Інформатика та математичні методи в моделюванні. Том 15 (2025). №3, стор.347-353/ DOI 10.15276/imms.v15.no3.347.
28. Грібова В. В., Перстньова В. В. Розрахунок деформації прямокутної пластини з тонким лінійним включенням. Actual problems of practice and science methods of their solution: The IV International Science Conference, January 31 – February 02, 2022, Milan. С. 515–518.
29. Господарський кодекс України. Прийнятий 16 січня 2003р. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 18, № 19-20, № 21-22. С. 144.
30. Грішнова О. А. Людський розвиток. Київ : КНЕУ, 2006. 308 с. URL: [http://pidruchniki.com/14871001/ekonomika/ekonomika\\_pratsi\\_ta\\_sotsialno-trudovi\\_vidnosini](http://pidruchniki.com/14871001/ekonomika/ekonomika_pratsi_ta_sotsialno-trudovi_vidnosini)
31. Гудзинський О. Д., Судомир С. М. Інституційне забезпечення результативної системи управління розвитком аграрного сектору економіки. Сталий розвиток економіки. 2013. № 4. С. 12–14.
32. Дайновський Ю. А. Використання прийомів розв'язання інженерних задач у бізнесі. Вісник Державного університету «Львівська політехніка». Проблеми економіки та управління. Львів : ДУ «Львівська політехніка», 1998. С. 26–28.

- 33.Даниленко А. С., Сокольська Т. В. Публічне управління соціо-економічним розвитком сільських територій. Економіка та управління АПК., 2017. № 1. С. 5 – 12.
- 34.Данилюк М, Сапачова М. Субконтрактація як одна з форм промислової кооперації. Наукові записки: збірник наукових праць кафедри економічного аналізу ТНЕУ. Випуск 15, 2006. 53 с.
- 35.Данілішин Б. М., Пилипів В. В. Формування цілісної національної господарської системи : соціолого-економічні аспекти. Вісник НАН України. 2008. № 7. С. 3 – 11.
- 36.Дегтярьова І. О. Фактори підвищення конкурентоспроможності сучасного регіону : електронний ресурс. URL: [http://www.academy.gov.-ua/ej/ej9/doc\\_pdf/Degtyareva\\_IO.pdf](http://www.academy.gov.-ua/ej/ej9/doc_pdf/Degtyareva_IO.pdf)
- 37.Державна служба статистики України. Офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- 38.Довбенко М. Криза економіки не криза науки: монографія. К.: Академія, 2009. 304 с.
- 39.Дорош Я. О. Конкурентоспроможність бізнесу на ринку послуг автотранспорту в умовах глобальної кризи. Зб. наукових праць «Сучасний стан та перспективи аграрної сфери в Україні». Ніжин, 2020. С. 215–230.
- 40.Дорош Я. О. Конкурентоспроможність агробізнесу в умовах кризи. Зб. наукових праць «Сучасний стан та перспективи аграрної сфери в Україні». Ніжин, 2020. С. 199–215.
- 41.Євчук Л. А. Стратегічне управління конкурентоспроможністю сільськогосподарських підприємств: монографія. Миколаїв, 2010. 340 с.
- 42.Єргієва Л. В. Методи оцінки конкурентоспроможності підприємств. Науковий вісник Одеського державного економічного університету. 2011. № 7 (132). С. 96–105



43. Жигулін О. А., Англіковський В. В., Жигуліна Н. О. Соціально-еколого-економічна модель логістичного управління конкурентоспроможністю агробізнесу в умовах глобальної кризи: Зб. матер. Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційно-технологічні механізми розвитку сучасної науки в умовах євроінтеграції», 28 травня 2020 р., м. Ніжин. Ніжин, 2020. С. 64-69.
44. Жигулін О. А., Англіковський В. В., Копил О. С., Костюченко А. А. Розвиток агробізнесу в умовах кризи на основі людиноцентризму й логістики: Зб. наук.-праць Ніжинського агротехнічного інституту. Вип. 13. Ніжин, 2020. С. 153–164.
45. Жмеренецький О. Глобальні економічні тренди та Україна без майбутнього. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2017/07/17/627005/>
46. Загальна схема взаємодії системи з оточуючим середовищем. URL: <http://lektsii.org/5-47218.html>
47. Захист прав споживачів : зб. документів. Київ : КНТ, 2003. 96 с.
48. Забуранна Л. В. Теоретичні підходи до класифікації туризму в сучасних умовах розвитку туристичного ринку. Формування ринкових відносин в Україні. 2011. № 12. С. 168–73 с.
49. Іщенко О. А. Теоретичні основи і механізм реалізації маркетингу послуг: монографія. Донецьк : Юго-Восток, Лтд, 2005. 385 с.
50. Іванов Ю. Б., Орлов П. А., Іванова О. Ю. Конкурентні переваги підприємства: оцінка, формування та розвиток: монографія. Х.: «ІНЖЕК», 2008. 351 с.
51. Ільчук М. М., Нікітченко С. О., Перегуда Є. Ф. Диверсифікація діяльності підприємницьких структур аграрної сфери. Економіка АПК. 2016. № 4. С. 13–20.
52. [ISO 22000 \(HACCP\)](http://iso.kiev.ua/iso-22000-haccp/sert-iso-22000-haccp.htm) » Все о HACCP 22000. URL: <http://iso.kiev.ua/iso-22000-haccp/sert-iso-22000-haccp.htm>

- 53.Катигрובה О. В. Інституційні зміни ринку праці в аграрному секторі економіки. Економіка АПК. 2012. № 4. С. 53–59.
- 54.Катренко А. В., Пасічник В. В., Пасько В. П. Теорія прийняття рішень. К.: ВНУ, 2009. 448 с.
- 55.Кваша С. М., Голомша Н. Є. Конкурентоспроможність вітчизняної сільськогосподарської продукції на світовому аграрному ринку. Економіка АПК. 2006. № 5. С. 99–104.
- 56.Кальченко А. Г. Логістика. Київ : КНЕУ, 2003. 284 с.
- 57.Киризиук С. В. Розвиток економіки креативного сільського господарства. Науковий вісник Національного Херсонського ун-ту. 2014. Вип. 9, ч. 4. С. 46–50.
- 58.Ковальова О. Гуцул О. Кооперація як один із інструментів створення агрокреаційного кластера – складової сільського розвитку. URL: <http://apk.adm-pl.gov.ua/novina/kooperaciya-yak-odin-iz-instrumentiv-stvorenniya-agrokreaciynogo-klasteru-skladovoyi>.
- 59.Ковнеров А. В. Технологічні аспекти формування сталого розвитку сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2011. Вип. 112. 519 с.
- 60.Кодекс законів про працю України N 322-VIII від 10.12.71. В редакції Закону N 1096-IV від 10.07.2003. Закон України. ВВР, 2004, N 6, ст. 38.
- 61.Козак О. А., Дуднік О. С. Перспективи трансформації особистих селянських господарств у сімейні фермерські господарства. Ефективна економіка. 2016. № 10.
- 62.Конкурентоспроможність підприємства: оцінка рівня та напрями підвищення: за редакцією О. Г. Янкового. Одеса : Атлант, 2013. 470 с.
63. Калініна І.О, Гожий О.П. Прогнозування нелінійних нестационарних процесів на основі байєсівського підходу. «Ольвійський форум – 2023. Стратегії країн

Причорноморського регіону в геополітичному просторі». Технічні науки. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2023, С. 170-176.

64.Котлер Ф., Сондерс Г., Вонг Г. Основи. К.: Вільямс, 2002. 944 с.

65.Колодійчук В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки: Монографія. Львів, 2015. 574 с.

66. Kolda, T.G. and Bader, B.W. (2009) Tensor Decompositions and Applications. SIAM Review, 51, 455-500. <https://doi.org/10.1137/07070111X>

67.Кравчук В. Окремі аспекти досліджень технічного забезпечення АПК. URL: [www.tsaa.org.ua](http://www.tsaa.org.ua).

68.Кривий О. Ф., Морозов Ю. О. Особливості поля напружень в околі міжфазного кругового включення при змішаних умовах контакту із кусково-однорідним трансверсально-ізоотропним простором. Прикладна механіка. 2024. Т. 60, № 3. С. 91–100. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001493980>

69.Ларіна Я. С. Маркетингові стратегії розвитку підприємств аграрного сектору України: теорія, методологія, практика: автореф. дис ... д-ра екон. наук. К., 2010. 36 с.

70.Літвінова В. О. Графічні методи дослідження у аналізі рівня конкурентоспроможності продукції. БізнесІнформ. 2012. № 4. С. 53–56.

71.Лозовик Д. Б. Сучасний стан та перспективи розвитку молочного ринку України. Ефективна економіка. № 6, 2011. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=588>.

72.Лупенко Ю.О., Могилова М.М., Самофал О.В. т. ін. Формування об'єднаних територіальних громад у сільській місцевості (інформаційно-аналітичний огляд). К., 2018. 46 с.

73.Напрями та засоби розвитку сільських територій в контексті зміцнення соціально-економічної безпеки України: [монографія]. За ред. д.е.н., проф. Т. Г.

- 74.Олійник О. В. Сталість розвитку господарств різних категорій аграрного сектору. Економіка АПК. 2010. № 6. С. 96–102.
- 75.Основні закони еволюції живої речовини в біосфері. URL: <http://wikipedia.ua.nina.az/wiki>
- 76.Очікування будівельних підприємств у IV кварталі 2020 року щодо перспектив розвитку їх ділової активності. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/fin/rp/bud/bud\\_IV\\_2020.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/fin/rp/bud/bud_IV_2020.pdf)
- 77.Офіційний сайт Донецького інституту туристичного бізнесу (ДІТБ). URL: [ditb@ditb.donbass.com](mailto:ditb@ditb.donbass.com) (дата звернення: 15.08.2016).
- 78.Офіційний сайт Фонду державного майна України. URL: <http://www.spfu.gov.ua>
- 79.Офіційний сайт ПАТ Ельворті. URL: <https://www.elvorti.com/>
- 80.Офіційний сайт управління статистики України. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)
- 81.Парадигма конкурентоспроможного розвитку. Автори стратегічного управління. URL: [http://studopedia.ru/16\\_114742\\_suchasna-paradigma-strategichnogo-upravlinnya-pidpriiemstvom.html](http://studopedia.ru/16_114742_suchasna-paradigma-strategichnogo-upravlinnya-pidpriiemstvom.html)
- 82.Парадигма конкурентоспроможного розвитку. Ларіна Я. С. URL: [http://elibrary.nubip.edu.ua/5266/1/aref\\_Ларіна\\_Я.С.\\_20.01.pd](http://elibrary.nubip.edu.ua/5266/1/aref_Ларіна_Я.С._20.01.pd)
- 83.Парадигма конкурентоспроможного розвитку. Кирилов Ю. URL: [http://www.mnau.edu.ua/files/18\\_02\\_02/dis2015k.pdf](http://www.mnau.edu.ua/files/18_02_02/dis2015k.pdf)
- 84.Парадигма конкурентоспроможного розвитку. Тарнавська Н. URL: [http://www.econa.at.ua/Vypusk\\_5/tarnavska.pdf](http://www.econa.at.ua/Vypusk_5/tarnavska.pdf)
- 85.Парадигма конкурентоспроможного розвитку. Дорофєєв Д. В. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/4.3/44.pdf>
- 86.Петренко І. Школа реальності «Мрії Агрохолдингу». URL. <http://agro-business.com.ua/agro/kermo-kerivnyka/item/1992-shkola-realnosti-mrii-ahrokholdynhu.html>

- 87.Петешова Т. А. Методичні підходи до оцінки рівня конкурентних переваг і конкурентоспроможності підприємства. Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. / ДНУ. 2010. Вип. 261, т. IV. С. 908–918.
- 88.Порядок ведення Української класифікації товарів зовнішньоекономічної діяльності: Постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 2002 р. Урядовий кур'єр. 2002. № 10-12. Ст.20.
- 89.Прахалад К. К., Рамасвами В. Майбутнє конкуренції. Творення унікальної цінності спільно із клієнтами. К.: Вид-во Олеся Капусти, 2005. 258 с.
- 90.Про акціонерні товариства: Закон України від 17 вересня 2008 р. Відомості Верховної Ради України. 2008. № 50-51. С. 384.
- 91.Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності: Закон України від 6 вересня 2005р. Відомості Верховної Ради України. 2005. № 48. С. 483.
- 92.Про безпечність та якість харчових продуктів: Закон України в редакції від 6 червня 2005 р. Голос України. 2005. 11 листопада.
- 93.Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні. Закон України. В редакції закону N 1829-III від 22.06.2000. ВВР, 2000. N 46, ст. 391.
- 94.Про інвестиційну діяльність від 18 вересня 1991 року N 1560-XII. В редакції Закону N 762-IV від 15.05.2003. Закон України. ВВР, 2003, N 30, ст. 247.
- 95.Пуцентейло П. Р. Конкуренція як економічна категорія. Економіка АПК. 2007. № 4. С. 122–126.
- 96.Радулов Д. Д. Оцінка впливу зовнішніх факторів на рівень конкурентоспроможності підприємств з виробництва готових металевих виробів. Вісник соціально-економічних досліджень. 2014. Вип. 2 (53). С. 134–143..
- 97.Раєвнева О. В. Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі: монографія. Х.: ІНЖЕК, 2006. 496 с.

98. Gurbuz H.G., Tekinerdogan B., Catal C. et al. Test suite assessment of safety-critical systems using safety tactics and fault-based mutation testing. *Cluster Comput* 27, 2024, С. 5377-5401. <https://doi.org/10.1007/s10586-023-04229-x>
99. Ращупкіна В. М. Управління розвитком економічних процесів при реорганізації промислових комплексів: монографія. Мекіївка : ДонНАБА, 2009. 346 с.
100. Решетило В. П. Роль логістики у синергетичному формуванні ринкового потенціалу в перехідних системах. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 1(3). С. 11–13.
101. B. Staber and J. Guilleminot, Stochastic modeling and generation of random fields of elasticity tensors: A unified information-theoretic approach, *C. R. Mécanique* 345 (2017), pp. 399–416. DOI: [10.1016/j.crme.2017.05.001](https://doi.org/10.1016/j.crme.2017.05.001)
102. Саламін О. С. Формування державної регуляторної політики в аграрній сфері економіки України на програмно-цільових засадах: зб-к наук. пр. Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). 2013. № 1 (2). С. 301–309.
103. Семенов А. Г. Стратегічні методи підвищення ефективності виробництва на підприємствах: монографія. Запоріжжя : Гуманітарний університет «ЗІДМУ», 2006. 376 с.
104. Стратегія розвитку сільського господарства в Україні на період до 2025 року: за ред. академіків НААН Я. М. Гадзала, М. І. Бащенко, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка. К.: Аграрна наука, 2016. 216 с.
105. Трегулова І. П. Система управління персоналом підприємств і організацій туристичного бізнесу. *Торгівля і ринок України*. 2005. Вип. 20. С. 128–133.
106. Фомін С. Проблеми розвитку економіки України в умовах глобалізації та роль держави. *Дослідження світової політики: зб. наук. пр.* К.: ІСЕМВ НАН України, 2009. Вип. 48. С. 208–232.

- 107.Хакен Г. Інформація й самоорганізація. Макроскопічний підхід до складних систем. М.: Комкнига, 2005. 248 с.
- 108.Харрісон Алан, Ван Хоук Ремко. Управління логістикою: Розробка стратегій логістичних операцій. Дніпропетровськ : Баланс Бізнес Букс, 2007. 368 с.
- 109.Хитра О. В. Роль спільних підприємств в економіці регіону (на прикладі Хмельницької області). Регіональні перспективи. 2000. № 5 (12). С. 101–105
- 110.Черленяк І. І. Синергетичні моделі оптимізації систем державного управління : монографія. Ужгород : Ліра, 2010. 656 с.
- 111.Чому червоне м'ясо шкідливо для здоров'я? URL: <http://newsone.com.ua/health/chomu-chervone-myaso-shkidlivo-dlya-zdorovya.html>
- 112.Шпичак О. Ціна «земельного питання». URL: [https://zn.ua/finances/cena-zemelnogo-voprosa-279759\\_.html](https://zn.ua/finances/cena-zemelnogo-voprosa-279759_.html)
- 113.Шубін О. О., Азарян О. М., Солоха Д. В. , Белякова О. В., Жигулін О. А. та ін. Потенціал регіону: вектори формування та використання: монографія. Донецьк : СПД Купріянов В.С., 2011. 658 с.
- 114.Енергетична стратегія «Енергозбереження України на період до 2030 р.»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. №145-р. Урядовий кур'єр. 2007. 18 квітня.
- 115.Ярошенко О. Економіку підніматиме Гоголь: агрокластери додадуть шести областям більше 3,5 тисяч робочих місць. Молода Україна. Випуск № 004 за 01.12.2017. URL: <http://www.umoloda.kiev.ua/number/3105/159/107724/>
- 116.Яців І. Б. Конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств. Львів : Український бестселер, 2013. 427 с.
- 117.Barnard Ch. The Functions of the Executive. Cambrige: Harvard University Press, 1962 (1938). 28 p.
- 118.Bedaux C. Charles Bedaux. URL: <http://www.bedaux.com/com/bedaux/charlesbedaux.php>. Retrieved 2007-07-10

119. J. Schumann, K. Goseva-Popstojanova, "Verification and Validation Approaches for Model-Based Software Engineering", 2019 ACM/IEEE 22nd International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C), Мюнхен, Німеччина, 2019, С. 514-518. doi: 10.1109/MODELS-C.2019.00080.
120. Y. Vanommeslaeghe, B. Van Acker, M. Cornelis and P. De Meulenaere, «Towards Continuous Verification and Validation of Multi-Domain System Designs», 2023 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C), Вестерос, Швеція, 2023, С. 495-499. doi: 10.1109/MODELS-C59198.2023.00086.
121. Gurbuz H.G., Tekinerdogan B., Catal C. et al. Test suite assessment of safety-critical systems using safety tactics and fault-based mutation testing. Cluster Comput 27, 2024, С. 5377-5401. <https://doi.org/10.1007/s10586-023-04229-x>
122. Leszek Opyrchal Is Mean Time to Failure (MTTF) Equal to Mean Time of Life for Unrepairable Systems? Journal of KONBiN 2021 Volume 51, Issue 1, P. 255-264. DOI 10.2478/jok-2021-0017
123. Chandler A. D. The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977. 120 p.
124. Coase Ronald. Durability and Monopoly. Journal of Law and Economics. 1972, Vol. 15 (1), P. 143–49.
125. Coase Ronald. The Institutional Structure of Production. The American Economic Review, (Nobel Prize lecture) html. `1992. Vol. 82, n°4, P. 713–719.
126. Deming W. E. Out of the Crisi. MIT Press, 1986. 215 p.
- Deming W. E. The New Economics for Industry, Government, Education : 2nd. MIT Press, 2000. 356 p.
127. Drucker P. F. Innovation and entrepreneurship : practice and principles. New York: Harper & Row, 1985. 277 p.



128. Finch F. The Facts on File encyclopedias of management techniques. N.Y. : Facts on File Publications, 1985. 323 p.
129. Forrester J.W. Collected Papers of Jay W. Forrester. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1975. 284 p.
130. Forrester J. W. Industrial Dynamics. Pegasus Communications, 1961. 479 p.
131. Forrester J. W. System Dynamics and the Lessons of 35 Years. In «The Systemic Basis of Policy Making in the 1990», edited by De Greene Kenyon B.. Massachusetts: Sloan School of Management MIT, 1991. 35 p.
132. Forrester J. W. Urban Dynamics. Pegasus Communications, 1969. 299 p.
- Juran J. M. Juran on Planning for Quality. New York, New York: The Free Press, 1988. 387 p.
133. Kryvyi, O.F., Morozov, Y. O. Influence of Concentrated Forces on an Interface Inclusion under the Conditions of Smooth Contact in the Inhomogeneous Transversely Isotropic Space. J Math Sci 279, 197–212 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10958-024-07005-3>
134. Kryvyi, O. F., Morozov, Y. O. Stress Field Features in Vicinity of Interfacial Circular Inclusion Under Mixed Contact Conditions with Piecewise Homogeneous Transversely Isotropic Space. Int Appl Mech 60, P. 331–340 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10778-024-01286-6>
135. Leonard S. Sayles and George Strauss, Human Behavior in Organizations (Englewood Cliffs. N. J.: Prentice-Hall, 1966), P. 89.
136. Limperg Th. jr., Bedrijfseconomie. Verzameld werk van prof. dr. Th. Limperg jr., onder redactie van G.L. Groeneveld e.a., Kluwer, Deventer, 1964-1967 (7 delen).
- Lovell M. American Economic Review. Menacha, 1990. Vol. 76, № 1, P. 115.
137. Mary P. Follett : Creating Democracy, Transforming Management, Tonn, Joan C., New Haven: Yale University Press, 2003. p. 34.

138. McLuhan M., Watson W. From Cliche to Archetype. N.Y.: Viking, 1970. 376 p.
139. McLuhan M., Hutchon K., McLuhan E. City as Classroom: Understanding Language and Media. The Book Society of Canada Limited, 1977. 357 p.
140. McGregor D. (1960) The Human Side Of Enterprise, McGraw Hill Higher Education.
141. March J. G. Bounded Rationality, Ambiguity, and the Engineering of Choice. Bell Journal of Economics. 1978, N 9, (Autumn), P. 587–608.
142. March J. G. The Pursuit of Organizational Intelligence: Blackwell Pub, 1999.
143. March J.G. Measurement Concepts in the Theory of Influence. Journal of Politics. 1957. Vol. 19. P. 202–226.
144. Mayer R. J., Crump J. W., Fernandes R. W., Keen. A. W. Information Integration for Concurrent Engineering (IICE). Compendium of Methods Report, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Air Force Materiel Command, 1995. 124 p.
145. Mintzberg H. Mintzberg on management : inside our strange world of organizations. New York: Free Press, 1989. 418 p.
146. Martin N. Baily, Matthew J. Slaughter Competitiveness in the Global Economy. Strengthening U.S. USA, Privat equity council. 2008, December. 33 p.
147. Morgan G., Whitley R., Moen E. Changing Capitalisms?: Internationalism, Institutional Change, and Systems of Economic Organization. New York: G. Braziller, 2005. 468 p.
148. Perlman S. A History of Trade Unionism in the United States. New York: Macmillan, 1922.
149. Porter, M. E., Kramer M. R. Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility, Harvard Business Review, December 2006. P. 78–92.

150. Perlman S. Lectures on Capitalism and Socialism. Madison: University of Wisconsin Press, 1976. 122 p.
151. Schumacher E. F. A Guide for the Perplexed. New York: Macmillan, 1977. 135 p.
152. Schumacher E. F. This I Believe and Other Essays. New York: Macmillan, 1977. 302 p.
153. Sloan A. P. My years with General Motors. Garden City, N.Y: Doubleday, 1963. 472 p.
154. Smida. Особлива та регулярна (квартальна та річна) фінансова інформація відповідно до вимог Положення про розкриття інформації емітентами цінних паперів. URL: <https://smida.gov.ua/news/tag/-фінансова+звітність>
155. Weick K. Enacted sensemaking in crisis situations. Journal of Management Studies. 1988. Sensemaking in Organizations (1995).
156. Wiener N. Cybernetics : or, Control and communication in the animal and the machine. New York: Wiley, 1948. 194 p.
157. The Creative Economy. Business Week (Special double issue: The 21st century corporation), 28 августа 2000 года. С. 1—5.
158. Omae. Management. URL: [http://knowledge.allbest.ru/-management/-3c0a65625b2ad79b4d53b89421216d26\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/-management/-3c0a65625b2ad79b4d53b89421216d26_0.html)
159. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard — Measures then drive Performance. Harvard Business Review. 1992-V. 70.-N 1. P. 71—79.
160. Youcontrol: Полное досье на каждую компанию в Украине. URL: [https://youcontrol.com.ua/ru/landing\\_002/](https://youcontrol.com.ua/ru/landing_002/)
161. A. Usov, Yu. Morozov, M. Kunitsyn, A. Tonkonozhenko, I. Chernush. Investigation of the influence of structural inhomogeneities on the strength of welded joints of functionally gradient materials. Proceedings of Odessa Polytechnic University, Issue 1(60), 2020. DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.1.60.2020.03>