

ТЕМА 3.

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДИКА НАПИСАННЯ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- 3.1. Процес наукового дослідження.
- 3.2. Методи наукових досліджень складних біотехнічних об'єктів.
- 3.3. Особливості інтелектуального керування в біотехнічних системах.
- 3.4. Прийоми викладення матеріалів наукового дослідження.
- 3.5. Особливості написання та складові вступу до дисертації.
- 3.6. Робота над розділами дисертації.
- 3.7. Висновки до дисертації та взаємозв'язок «завдання-наукова новизна-висновки».
- 3.8. Мова та стиль викладу матеріалу.
- 3.9. Авторське виконання дисертації і плагіат.

3.1. Процес наукового дослідження

Вчені по-різному трактують поняття «наукове дослідження». Під науковим дослідженням слід розуміти процес:

- 1) який є систематичним та спрямованим на вивчення певних об'єктів;
- 2) у якому використовуються засоби і методи науки;
- 3) який має на меті сформулювати знання про об'єкт, що вивчається, а також установити закономірності його виникнення, розвитку і перетворення в інтересах раціонального використання у практичній діяльності людей.

В сучасних умовах характер наукового дослідження, а також підхід до вивчення явищ природи різко змінилися. Інтеграційні процеси є однією з характерних рис сучасного етапу розвитку наукових досліджень та науки, навіть можна стверджувати, що нині наукове дослідження також змінюється, тому що, як ми знаємо, інтеграційні процеси не стоять на місці, тим самим змінюють, розвивають практично все. Як відомо, не кожне дослідження можна розглядати як наукове. Наукове дослідження кардинально відрізняється від інших досліджень тим, що розкриває закономірні зв'язки дійсності у вигляді абстрактних понять, схем, таблиць, які людина зазвичай сама створює в процесі дослідження якогось явища або процесу. Виходячи з вищесказаного, можна виокремити ознаки, які притаманні тільки науковому дослідженню:

- новизна та унікальність;
- творчий характер;
- взаємозв'язок теорії та практики;
- оригінальні підходи та технології;
- зв'язок з іншими науками;
- самостійність.

Наукове дослідження відрізняється від інших тим, що, як правило, його поділяють на дві групи та виділяють два рівні:

1) фундаментальні наукові дослідження – це наукова теоретична або експериментальна діяльність, спрямована на здобуття нових знань про закономірності розвитку та взаємозв'язку природи, суспільства, людини. Завданням фундаментальних наук є пізнання законів, що управляють поведінкою і взаємодією базисних структур природи і суспільства;

2) прикладні наукові дослідження – це наукова й науково-технічна діяльність, спрямована на здобуття та використання знань для практичних цілей. Безпосередня мета прикладних наук полягає у застосуванні результатів фундаментальних наук під час вирішення пізнавальних і соціально-практичних проблем.

Щодо рівнів наукового дослідження, то їх виділяють два: теоретичний та емпіричний. Теоретичний рівень наукового знання припускає наявність особливих абстрактних об'єктів і поєднуючих їх теоретичних законів, що створюються для ідеалізованого опису й пояснення емпіричних ситуацій, тобто для пізнання сутності явищ. Теоретичний рівень дослідження характеризується перевагою логічних методів пізнання. На цьому рівні отримані факти досліджуються, обробляються за допомогою логічних понять, законів та інших форм мислення. Тут досліджувані об'єкти подумки аналізуються, узагальнюються, осягаються їхня сутність, внутрішні зв'язки, закони розвитку. Структурними компонентами теоретичного пізнання є проблема, гіпотеза й теорія.

Елементами емпіричного знання є факти, що отримуються за допомогою спостережень та експериментів і констатуючі якісні й кількісні характеристики об'єктів і явищ. Стійка повторюваність і зв'язки між емпіричними характеристиками виражаються за допомогою емпіричних законів, що часто мають ймовірнісний характер. Будь-яке наукове вивчення – від творчого задуму до закінченої наукової праці – здійснюється індивідуально. Спираючись на загальні та часткові методи дослідження, вчений або дослідник отримує відповідь на те, з чого потрібно розпочинати дослідження, як узагальнити факти й яким шляхом іти до висновків. Сучасне наукове дослідження дещо відрізняється від досліджень, які проводилися півстоліття тому. А все тому, що зараз для того, щоб провести дослідження, головне, що потрібно мати – це бажання й ідею, все інше: попередні дослідження наших предків, багато інформації у мережах, велика кількість книг, практик, методик спеціального обладнання та велика кількість інформації тощо. Рівень сучасного наукового дослідження дуже високий, тому що існує дуже великий інтерес у здійсненні

досліджень у молодих учених, студентів, викладачів і т. д.

Під час наукового дослідження важливо все. Концентруючи увагу на основних або ключових питаннях теми, не можна не звернути увагу на побічні факти, які на перший погляд здаються малозначущими. Але саме такі факти можуть приховувати в собі початок важливих відкриттів. Тобто для дослідника недостатньо встановити новий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, розкрити його загальнопізнавальне, теоретичне або практичне значення. Накопичення наукових фактів у процесі досліджень є творчим процесом, в основі якого завжди лежить задум ученого, його ідея.

3.2. Методи наукових досліджень складних біотехнічних об'єктів

Основною особливістю в дослідженні складних біотехнічних об'єктів є наявність двох ланок – біологічної і технічної та їх взаємний вплив. Живу матерію на різних рівнях її організації вивчають за допомогою різних методів.

Для наукового дослідження будь-який біологічний об'єкт потрібно класифікувати, тобто визначити його належність до тієї чи іншої групи (наприклад, органічних речовин — до білків, ліпідів, вуглеводів чи нуклеїнових кислот тощо, живих істот — до відповідного виду, роду, родини і т. д.). Порівняння об'єктів дослідження можливе лише в межах певного рівня організації (наприклад, порівняння певної молекули з іншими молекулами, клітини — з іншими клітинами, виду — з іншими видами тощо).

До біологічних методів дослідження відносять:

- Метод спостереження — використовується, як на мікроскопічному, так і макроскопічному рівнях. Сутність методу полягає у встановленні індивідуальності об'єкта, що досліджується, без штучного втручання до його процесів життєдіяльності. Зібрана інформація використовується для подальшого дослідження.
- Порівняльний метод — використовується для порівняння об'єкта дослідження з подібними об'єктами чи процесами.
- Експериментальний метод — використовується для вивчення об'єктів чи процесів у спеціально створених штучних умовах. На відміну від методу спостереження, експериментальний метод передбачає навмисне втручання експериментатора у природу, що дозволяє встановити наслідки від впливу тих, чи інших факторів на об'єкт дослідження.
- Моніторинг — це метод постійного спостереження за станом окремих біологічних об'єктів, перебігом певних процесів в окремих екологічних системах, або у біосфері в цілому. Його здійснюють здебільшого на популяційно-видовому, біогеоценологічному чи біосферному рівнях. Він дає змогу не тільки визначати

стан певних об'єктів, а й прогнозувати можливі зміни, аналізувати їхні наслідки. Наприклад, зміни клімату на нашій планеті можливі в зв'язку з накопиченням в атмосфері вуглекислого газу. Здійснюючи моніторинг його вмісту в атмосфері, можна припустити, як це впливатиме на зміну клімату нашої планети. Таким чином, моніторинг дає можливість своєчасно виявляти негативні зміни у структурі та функціонуванні окремих популяцій, біогеоценозів чи біосфері в цілому і своєчасно розробляти заходи їх охорони.

- Моделювання — це метод демонстрації та дослідження певних процесів, явищ або організмів за допомогою їх спрощеної імітації. Він дає можливість вивчати об'єкти та процеси, котрі складно чи неможливо відтворити експериментально, або безпосередньо спостерігати.

- Статистичний метод — метод заснований на статистичній обробці кількісного матеріалу, зібраного у результаті інших досліджень (спостережень, експериментів, моделювань), що дозволяє його всебічно проаналізувати та встановити певні закономірності.

- Метод емпіричного дослідження — спостереження і дослідження конкретних явищ, експеримент, а також узагальнення, класифікація та опис результатів дослідження і експерименту, впровадження їх у практичну діяльність людей.

У найзагальнішому визначенні метод – це шлях, засіб досягнення мети, вирішення конкретного завдання. Метод наукового дослідження є сукупністю пізнавальних процедур. Кожен метод характеризується своїм теоретичним і операційним змістом. У теоретичному значенні метод спирається на систему принципів наукового пізнання, містить у собі теоретичне знання, яке в свою чергу, пояснює цей метод. За операційного підходу до методу його структуру можна розглядати як сукупність відносно рівнозначних операцій. Метод – важливий компонент діяльності, він хоч і зводиться до сукупності прийомів, але не ототожнюється з нею. Метод є системою дій з досягнення поставлених цілей, що склалась у процесі багаторазової її застосувань. Науковий метод – це явище, яке постійно розвивається, це історичний результат тривалої людської практики і осмислення цієї практики. Головне призначення методу полягає в отриманні та обробці інформації. Метод виступає також формою зв'язку дослідника з об'єктом дослідження, дає змогу отримати знання про ті або інші сторони об'єкта. Успіх дослідження значною мірою визначається обґрунтуванням методів дослідження, яке є найважливішою операцією програми наукового дослідження. Розглянемо класифікацію методів, виходячи з багаторівневої концепції методологічного знання:

- 1) Залежно від змісту об'єктів методи можна поділити на групи, що

розрізняються як кількісно, так і якісно. Наприклад, методи природознавства мають свої особливості порівняно з методами суспільних наук; методи вивчення живої природи складають іншу групу порівняно з фізико-хімічними методами і т. д.

2) Залежно від сфери дії, від широти застосування у науці методи можна розділити на три категорії. Першу становлять суто спеціальні прийоми і методи, тісно пов'язані з характером предмета і які застосовуються у вузькій сфері (в одній науці). Другу категорію становлять прийоми і способи дослідження, що вживаються в усіх науках. Такими методами є спостереження, експеримент, аналогія, індукція і дедукція, аналіз і синтез тощо. Третя категорія – діалектичний метод, що характеризується універсальністю.

3) Залежно від ролі і місця в процесі наукового пізнання методи можуть бути розподілені на групи: методи формальні і змістовні, історичні і логічні, методи дослідження і методи викладу досліджуваного матеріалу. Загалом у цій класифікації можна окреслити дві основні групи: методи емпіричного рівня пізнання і методи теоретичного рівня.

4) Залежно від структури методи розрізняються між собою тим, що одні з них прості й однорідні, а інші – навпаки, складні й неоднорідні; одні методи оригінальні, а інші – похідні, утворені з елементів різних пізнавальних прийомів. У сучасному світі спостерігається зростання різноманітності та ефективності методів. При цьому зазначимо, що принципово нові методи виникають вкрай рідко, здебільшого вони розвиваються за допомогою модифікації вже існуючих або шляхом застосування методів одних наук у сферах досліджень інших наук. Аналіз – метод дослідження, який полягає в тому, що предмет вивчення подумки або на практиці розчленовують на складові елементи (ознаки, властивості, відносини), кожний з яких потім досліджують окремо як частину розчленованого цілого.

Синтез є протилежною процедурою. Це – уявне об'єднання частин предмета, розчленованого у процесі аналізу, встановлення взаємодії та взаємозв'язків між частинами і пізнання цього предмета як єдиного цілого. Аналіз та синтез мають два різновиди: логічний аналіз і синтез, на яких будується наукове пізнання, та аналіз і синтез просторово-часових частин, що зумовлюють практичну діяльність людей, які ґрунтуються на об'єднанні та роз'єднанні. Логічні методи ґрунтуються на положеннях формальної логіки. Формальна логіка – це наука про закони і форми правильного мислення. Міркуванням людини надається логічна форма і вони будуються відповідно до логічних законів. При застосуванні логічних методів спираються на: – закон тотожності: у процесі певного міркування будь-які поняття і судження мають бути тотожними

самі собі, підміна понять є недопустимою; – закон несуперечності: неможливо водночас що-небудь твердити і заперечувати стосовно однієї і тієї ж ознаки (характеристики) конкретного предмета; закон виключеного третього: із двох суджень, що суперечать один одному, одне істинне, друге хибне, третього не дано; – закон достатньої підстави: будь-яка істинна думка має достатню підставу, висловлюючи істинну думку, ми повинні обґрунтувати її істинність. Індукція в широкому значенні означає форму мислення, за допомогою якої думка формулює яке-небудь загальне правило, загальне положення, властиве всім одиничним предметам даного класу, загальний висновок про ознаки множини елементів робиться на підставі вивчення цих ознак у частини елементів цієї множини. Дедукція – перехід у процесі пізнання від загального до часткового й одиничного, тобто спочатку вивчається стан біологічного об'єкта в цілому, а вже потім його складових елементів. Метод спостереження – спосіб пізнання об'єктивності світу, що ґрунтується на безпосередньому сприйнятті предметів та явищ за допомогою органів чуття без будь-якого втручання в процес з боку дослідника. У той же час при експерименті – одній із форм людської практики, під час якої піддається перевірці істинність висунутих гіпотез або виявляються закономірності об'єктивного світу – дослідник втручається в досліджуваний процес з метою пізнання. При експерименті одні умови дослідізу ізолюються, інші виключаються, а треті посилюються або послаблюються. Під якісним аналізом розуміють певну сукупність теорій, методів і видів досліджень, які відрізняються тим, що під час їх проведення не використовують кількісні підходи. Він орієнтує пізнавальний процес не на структури та зв'язки, а на суть та інтерпретацію суті предмета дослідження. Якісний аналіз складається із методів: спостереження, методу неформального інтерв'ю, контент-аналізу документів, біографічного методу, історичного методу, порівняльного методу та ін. За умови логіко-гносеологічного осмислення методу системного аналізу, у ньому можна виділити три основні аспекти: – системний підхід як принцип пізнавальної і практичної діяльності; – теорію систем – теоретичне наукове знання про системи; – системний метод – застосування системності як інструменту отримання знань. інтерв'ю тестування анкетування експертне опитування. Методи наукових досліджень – емпіричні, теоретичні, метод фокус-груп, спостереження нестандартизоване, стандартизоване включене зовнішнє порівняння, ідеалізація, абстрагування, вимірювання, формалізація аналіз і синтез, опис, узагальнення. Моделювання - експеримент натурний, мислений, модельний, опитування натурне, аксіоматизація, дедукція та індукція, математичний аналіз, методи теорії ймовірностей. Методи наукових досліджень – статистичний, кібернетичні. Синергетичний аналіз застосовується при дослідженні нестійких, перехідних та

складних біотехнічних систем і формує принципово нову парадигму пізнання, найважливішими елементами якої є відкритість середовища і систем, нелінійність процесів, розвиток через нестійкість. Метод може бути використаний як основа міждисциплінарного синтезу знання, наприклад, для ефективного діалогу природознавців та гуманітаріїв. Метод експертних оцінок найбільш прийнятний для прогнозування напрямів фундаментальних досліджень. Прогнози будують на екстраполяції – уявному розвитку або розрахунку наявних тенденцій. Логічна основа екстраполяції – це припущення про те, що доведеться мати справу з певним консерватизмом складу діючих чинників і обмеженою сферою їхньої активної дії. Зазначимо, що прогнози тенденцій розвитку науки і техніки мають бути орієнтовані на потреби перспективного планування головних напрямів науково-технічного прогресу.

Функціонування біосистем має дві особливості. Одна з них пов'язана з відкритим характером системи – наявністю процесів отримання, накопичення, передачі та використання речовин, енергії та інформації. Ці процеси забезпечують можливість збереження структури, росту та виконання усіх специфічних функцій біологічної системи.

Друга особливість функціонування, пов'язана з управлінням, полягає у сприйнятті, збереженні, переробці та використанні інформації. Інформаційно-керуючі механізми в системі визначають, які речові та енергетичні процеси, з якою швидкістю відбуваються у ній. Найбільш загальним завданням керуючих систем організму є збереження його основи, створення сприятливих умов для її функціонування заміни умов зовнішнього середовища.

Окрім цих загальних біологічних характеристик, важливим є якісні стани, у яких може знаходитися біологічна система.

Відомо, що організм може знаходитися у двох станах – **норми і патології**. Ці стани притаманні біосистема будь-якого ієрархічного рівня. **Стан норми** є природним з точки зору життєдіяльності. Він є відносно стійким, разом з тим динамічним. Стан здоров'я передбачає нормальне функціонування біосистем усіх ієрархічних рівнів організму. Разом з тим патологія будь-якого рівня, в силу взаємозв'язку та інтегрування усіх ієрархічних систем приводить до патології усього організму. Тобто: 1) стан норми систем усіх рівнів є необхідною і достатньою умовою здоров'я усього організму; 2) стан норми систем одного з рівнів необхідною, але недостатньою умовою здоров'я всього організму; 3) **стан патології** систем одного з рівнів є необхідною і достатньою умовою патології усього організму.

Біологічні системи мають широкий набір властивостей, діалектично протилежних одна одній, яких немає у технічних та економічних системах. Це

стійкість та керованість, жорсткість та гнучкість, детермінованість та стохастичність і ін. На перший план виходять ті з них, які необхідні для забезпечення виду та індивіду, наприклад здатність навчатися та змінювати поведінські реакції, пристосовуватися до умов проживання, що змінюються, змінонаслідуваних якостей задля однієї мети – виживання на рівні організму та відтворення на рівні виду. Одна частина властивостей відноситься до структури та функції біосистем, друга підкреслює якості, необхідні для збереження виду та організму, третя характеризує стратегію і тактику у процесі досягнення основної мети.

Однією з головних властивостей біосистеми є структурна та функціональна складність, прояви якої є різноманітними, пов'язаними з кількістю можливих станів. У процесі аналізу біосистем стикаються з різними аспектами властивостей збереження живих систем, окремими проявами яких є адаптація, виживання, еквіфінальність, стабілізація, гомеостаз. Зберігаються тільки такі складові живої природи, у яких спрямування до самозбереження виражено достатньо яскраво. Біосистемам властива динамічність, якісна неоднорідність, часова неоднорідність, структурно-функціональна організованість, структурно-функціональна стохастичність, структурна дискретність, функціональна неперервність.

Важливими є принципи функціонування біосистем, наприклад структурно-функціональні принципи (принцип найпростішої структури, Н. Рашевський, США, 1943 р.; принцип оптимальної конструкції, Д. Кон, США, 1954 р.; принцип адекватної конструкції організму, Н. Рашевський, США, 1961 р.; принцип еволюційної компенсації сили тяжіння; принцип структурно-функціональної єдності; принцип поверхів – у будь-якій складній системі поверхи переробки інформації взаємопов'язані і впливають один на одного). Іншою групою принципів є принципи динамічного функціонування біосистем (П. Мопертюї, 18 ст.). Це принцип найменшої дії, принцип самозбереження (Ле-Шательє), принцип найменшої взаємодії (І.М. Гельфанд, Л.М. Цетлін), принцип урівноважування системи із середовищем (І.П. Павлов). Акад. Анохін П.К. у 30-ті роки ХХ ст. розробив теорію, сформулював принцип функціональної системи. Іншу групу складають принципи самоорганізації та адекватності – властивість біосистем змінювати свою складність та організацію. Так згідно принципу необхідної різноманітності, тільки різноманітність може знищити різноманітність – біосистема функціонує у середовищі, якщо число станів системи дорівнює числу станів середовища. Згідно принципу самоорганізації система має здатність до самоорганізації у даному середовищі, коли у результаті багаторазової взаємодії з нею невизначеність системи по відношенню до

максимальної невизначеності, виявленою системою у даному середовищі, зменшується. Експериментальні і теоретичні дослідження дали змогу сформулювати принцип багатоканальної організації афферентного поведіння у аналізаторі, згідно якого кожний аналізатор є системою афферентних каналів від рецепторної до коркової ланки, за якими паралельно проводиться специфічна інформація, що відображає одні й ті самі подразники. У 1962 році була сформульована гіпотеза про імовірно-статистичний спосіб дії сукупності нейронних елементів, кожен з яких не має фіксованої самостійної функції, яка пізніше була сформульована у вигляді принципу імовірного функціонування мозку. Тобто однією з істотних сторін нейронної організації мозку є множинність міжнейронних зв'язків. Поверховість структури і функції біосистем відображається на будові мозку і на його здатності переробляти інформації виражається у принципі поверхової обробки інформації мозком. У відповідності з аналогією з фізичними явищами розроблено принцип квантово-хвильової природи розумової діяльності. Важливе значення мають принципи функціонування систем головного мозку – принцип саморегуляції та пов'язаний з ним принцип гомеостазу, що узгоджено з поняттям про відкритий характер процесів у живих системах. У цьому напрямку важливими є принцип саморегуляції функціонування системи головного мозку та принцип адекватного часового інтервалу. Згідно принципу можливого аналізу станів середовища (образу) мозок намагається визначити закономірність, що лежать у основі наборів стану середовища, що утворюють образ; мозок здійснює організацію (детермінізм) у наборі станів середовища; організація набору станів середовища шукається мозком шляхом аналізу взаємовідносин між станами середовища. Справедливим є також принцип аналізу мозком імовірнісних середовищ (комбінацій) станів середовища: мозок проводить аналіз станів імовірностей середовища до тих пір, доки від рівня до рівня зменшується невизначеність, зростає організація аналізу, припиняється пошук закономірності середовища, якщо при переході до вищого рівня аналізу невизначеність не зменшується.

Складність та рівень відносної організації не пов'язані між собою лінійно. Якщо N визначає число станів, а R - організацію прийняття системою цих станів, то згідно шкали С.Біра для простих біосистем $0 \leq N \leq 3$, для складних – $3 < N < 6$, для дуже складних – $N \geq 6$. За рівнем організації біосистеми є: детермінованими ($3 < R \leq 1$), квазідетермінованими ($0.1 < R \leq 0.3$), та імовірнісними ($0 < R \leq 0.1$).

Складність системи, її максимально можливої дезорганізації, визначають за формулою $H = \log n$, де n -число дискретних станів системи.

Одним з основних методів, що дають змогу вивчати біосистеми та розв'язувати прикладні задачі є математичне моделювання, яке полягає у вивченні об'єкта, явища, процесу шляхом побудови математичних моделей та їх дослідження.

Математична модель представляє собою систему математичних співвідношень – формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, що описують ті чи інші сторони об'єкта явища, процесу, що вивчається. При цьому математичне моделювання має сенс, якщо між моделлю та процесом, що вивчається, зберігається повна аналогія, подібність.

У математичній моделі біосистем конструюється особливий ідеальний об'єкт, що замінює і представляє реальний об'єкт. Математична модель досліджується, а результати дослідження за певними правилами переносяться на реальний об'єкт, перевіряються шляхом проведення контрольних експериментів.

Першим і важливим етапом моделювання є постановка задачі, визначення об'єкта дослідження, формулювання цілей та критеріїв вивчення біосистем та управління ними. Важливим є окреслення меж біосистеми, що вивчається, її початкова структуризація. Вся сукупність об'єктів і процесів, що мають відношення до задачі і мети, розбивається на два класи – біосистему, що вивчається, і зовнішнє середовище. Далі слід враховувати і включати до системи об'єкти і процеси, що помірно впливають на функціонування біосистеми, яка вивчається.

Другим важливим етапом моделювання є постановка і проведення експериментів, задля виявлення змін залежних параметрів від незалежних, зняття динамічних кривих входів і виходів, складання таблиць експериментальних даних. На цьому етапі проводиться серія дослідів для відпрацювання методики, перевірки вихідної гіпотези, припустимості прийнятих спрощень. Четвертий етап передбачає проведення основної серії експериментів. При цьому визначається ступінь складності та організації біосистеми за вхідними та вихідними змінними. П'ятий етап моделювання – це вибір математичного апарату. Кожному об'єкту чи процесу можна поставити у відповідність математичний апарат, що найкраще описує поведінку біосистеми. У цьому напрямку розрізняють математичні моделі детермінованих, імовірнісних, нечітких, та ін. біосистем. Відомі такі методи опису детермінованих біосистем:

- алгебраїчні методи, які передбачають застосування алгебраїчних функцій для апроксимації експериментальних результатів, застосування методів факторного і регресійного аналізу;
- методи, які базуються на диференціальних та інтегральних рівняннях, вони передбачають побудову математичних моделей динаміки біосистем.

У цих моделях досягається глибша змістовність, проте виникають складні задачі ідентифікації параметрів моделі за експериментальними даними;

- методи теорії управління і оптимізації, які дають змогу аналізувати біосистеми, розбиваючи їх на об'єкти управління та пристрої управління, розв'язувати прикладні задачі управління біосистемами.

У цьому випадку ще більше ускладнюється задача ідентифікації (визначення) параметрів моделі, формування біологічної задачі у термінах теорії управління, та вибір набору функцій, що оптимізуються біосистемою.

Опис імовірнісних біосистем проводиться за допомогою такого математичного апарату:

- методи теорії імовірності, які дають змогу організувати експериментальний матеріал, оцінити детермінованість біосистеми, що вивчається;
- методи теорії інформації, які дають змогу отримувати більш змістовні оцінки стосовно детермінізму та індетермінізму біосистем, будувати математичні моделі взаємодії біосистем між собою та навколишнім середовищем;
- методи теорії автоматів та розпізнавання образів, які застосовуються для побудови математичних моделей навчання біосистем, розв'язку задач класифікації та пристосування до мінливого навколишнього середовища.

У процесі побудови математичних моделей імовірнісних біосистем може знадобитися увесь набір методів синтезу моделей детермінованих біосистем, особливо в разі потреби описати динаміку взаємодії імовірнісних біосистем.

Наступним етапом моделювання є синтез параметрів моделі. Для їх визначення використовуються дані дослідів. Як правило, критерієм найкращих значень параметрів моделі може бути мінімум квадратичної похибки. У цьому випадку складається і розв'язується система рівнянь відносно невідомих параметрів моделі (наприклад, метод найменших квадратів).

Задачею дослідження математичної моделі є прогноз та оптимізація розвитку досліджуваної біосистеми. Для прогнозування розвитку системи, що вивчається, аналізуються його результати на відповідність заданим цілям і критеріям, у цьому процесі напрацьовуються пропозиції щодо вдосконалення моделей. Цей процес продовжується доти, доки не буде отриманий задовільний результат.

Математичні моделі процесів і явищ діляться на **речовинні, енергетичні та інформаційні**. Речовинними моделями є ті, які відтворюють структуру об'єкта, що розглядається, та взаємовідносини його частин. **Енергетичні** моделі

використовуються для моделювання функціональних взаємовідносин у системах, що вивчаються. Ці моделі складаються з речових елементів, проте не потребують, щоб елементи були повністю подібними елементам прототипу, оскільки їх ціллю є моделювання функцій прототипу. Енергетичні моделі є більш абстрактними. Речовинні та енергетичні моделі часто називаються фізичними, вони набули широкого поширення у медицині та біотехніці. До **інформаційних** моделей відносяться моделі математичні. Вони мають високий ступінь абстрагованості, оперують символами, що легко позначають параметри системи будь-якої природи, у тому числі і біологічної, допускають кількісну інтерпретацію. Саме математичні моделі дали змогу у біології та медицині перейти до стислого викладення гіпотез та закономірностей, до широкого впровадження технічних обчислювальних засобів. Розробка математичних моделей біосистем відбувається паралельно з побудовою фізичних моделей.

Слід відзначити, що у медицині широко використовуються **предметні** моделі. Для вивчення перебігів патологічних процесів і методів лікування новими препаратами використовують попереднє вивчення на предметній моделі - тварині. Саму тварину підбирають так, щоб рівень організації системи, що вивчається, був близьким до рівня організації такої системи у людини, включаючи нервові, гуморальні фактори регуляції, можливі впливи навколишнього середовища.

У міру накопичення досвіду у вивченні біосистем із застосуванням математичного моделювання склалися певні уявлення про ієрархію математичних моделей. Математичні моделі біологічних явищ доцільно також систематизувати за математичними моделями, що використовуються (рис. 3.1).

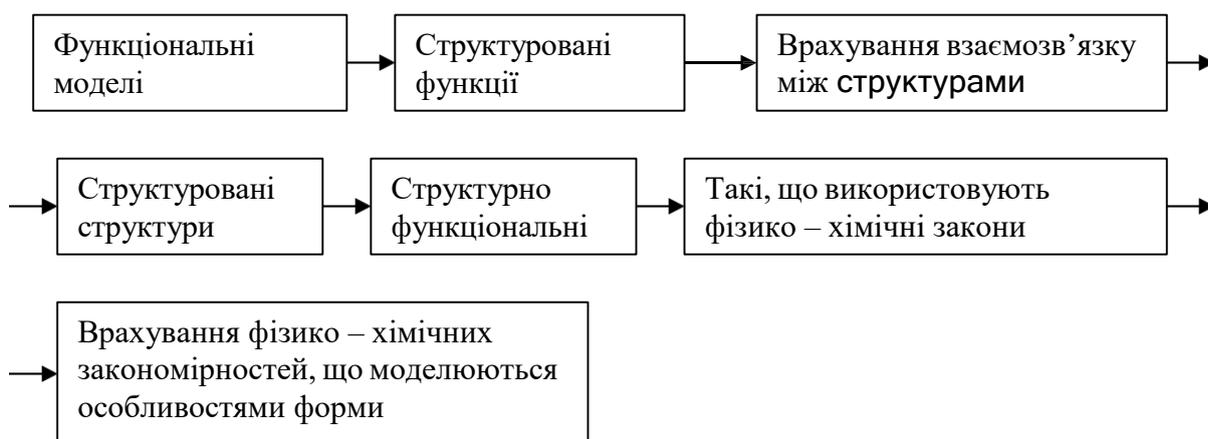


Рис. 3.1. Ієрархія математичних моделей за ступенем відображення властивостей біосистем.

На рис. 3.1. показані рівні ієрархії у міру все більшого врахування властивостей досліджуваної біологічної системи. Стрілки вказують на ускладнення математичних моделей. Кожний рівень є самостійним, може застосовуватися при моделюванні біосистем. Вибір рівня залежить від можливостей експериментування, глибини експериментальних методик, фактичного обсягу експериментальних даних, ступеня вивченості та явищ, засобів моделювання.

Перший ієрархічний рівень – **функціональні моделі**. Цей тип моделювання пов'язаний з методом “чорного ящика” - символом кібернетичного підходу до вивчення систем, він є абстрактно - математичним, не потребує знання фізико - математичних основ функціонування систем, що моделюються. Для побудови моделі необхідно лише знати значення вхідних дій та вихідних координат системи. Ставиться задача – знайти систему функцій, що перетворюють вхідну дію у вихідні координати.

Другий рівень передбачає побудову **функціональної моделі із структуруванням функцій**. На цьому рівні теоретичні уявлення про роботу біосистеми дають змогу припустити, що вихідна функція “чорного ящика” є результатом простої алгебраїчної взаємодії (сума, різниця, добуток) підфункцій, на які діє вихідний сигнал. Поділ вихідної функції на підфункції є теоретичним, тому вони не піддаються експериментальному виміру. Структурування основної функції дає змогу теоретично розшифрувати вміст “чорного ящика”.

Третій рівень враховує більш **складну взаємодію між під функціями** “чорного ящика”, що може бути врахована функціональною моделлю із структурним розчленінням основної функції, та врахуванням взаємозв'язку між структурами функцій. Вхідний сигнал може діяти на всі підфункції, або на їх частину. Підфункції ”чорного ящика” можуть взаємодіяти не тільки через вихідну функцію, але й між собою.

Четвертий та п'ятий ієрархічні рівні математичних моделей передбачає врахування структурування **структури біосистеми та взаємодію між ними**. При **структуруванні структури** (четвертий рівень) для кожної під функції існує структурно уособлена підсистема. Взаємодія підсистем проявляється через вихідну функцію. Для п'ятого рівня характерним є **функціональний взаємозв'язок між структурними підсистемами**. У цьому випадку значно розшифровується внутрішній вміст “чорного ящика”, оскільки він є системою, що містить декілька підсистем.

Математична модель, побудована з використанням **фізико – хімічних закономірностей роботи підсистем**, відповідає шостому рівневі (фізичні та хімічні властивості підсистем є предметом дослідження біофізики та біохімії).

Встановлені закономірності використовуються у біокібернетиці для побудови математичних моделей біосистеми, що враховують зміну та сполуку цих закономірностей у підсистемах для повного опису функціонування цілісної системи.

Моделі, що враховують **фізико – хімічні закономірності, що модулюються геометричними особливостями**, складають сьомий рівень. Тут враховуються такі геометричні властивості та характеристики, як форма, об'єм, розташування у просторі та ін. Математичні моделі цього рівня максимально наближаються до теорій реальних біосистем.

Запорукою успіху при застосуванні методу математичного моделювання біосистем є динамічна зміна моделей. Слід досліджувати математичну модель на співвідносність її можливим цілям, для досягнення яких вона була створена. Найбільш раціональний шлях моделювання пов'язаний із зміною математичних моделей згідно їх ієрархії.

Основні переваги методу математичного моделювання біосистем такі:

- системний опис масиву експериментальних даних;
- системний опис теоретичних уявлень про функціонування біосистеми;
- перевірка гіпотез, пов'язаних з дослідженням математичної моделі;
- можливість реалізувати *in model* ті умови, які не можуть бути досягнуті *in vivo* та *in vitro*;
- можливість вести діагностику за динамічними кривими зміни параметрів основних функцій;
- можливість розв'язку задачі прогнозування перебігу та результатів експериментів, прогнозування дії та кінцевого ефекту лікувальних дій;
- можливість вибору для лікувальних заходів та процедур оптимальних варіантів, у тому числі регламентації послідовності застосування різних фаз або типів лікувальних препаратів.

Математична модель, вірно складена, та така, що всебічно використовується, дає змогу зменшити: тривалість дослідження роботи біосистеми за умов норми та патології; кількість тварин, необхідну для такого дослідження; кількість дослідів та людей, зайнятих некваліфікованою працею; матеріальні витрати на вивчення біосистем.

Разом з тим функціональному моделюванню біосистем притаманні деякі недоліки:

- якщо функціональні моделі, що не враховують внутрішню фізико-хімічну основу, є працездатними для технічних та економічних систем, то для біосистем ці моделі не демонструють такої значної універсальності, в силу надзвичайно високої складності біосистем вони

дійсні лише для того масиву інформації, на якому вони побудовані, що обмежує їх практичне застосування при розв'язку задач прогнозування, діагностики та лікування;

- надзвичайне спрощення роботи біосистеми пов'язано з небезпекою втрати її істотних властивостей для отримання максимально простої математичної моделі. Просте надлишкове врахування усіх можливих взаємозв'язків між підсистемами біосистеми при проведенні формалізації її роботи є протилежною крайністю. Існує також небезпека втрати відповідності між складністю моделі та цілями моделювання, особливо, що стосується її дослідження на ЕОМ.

Біосистеми, з точки зору роботи, є універсальними, можуть функціонувати у статичному та динамічному режимах. Існують різні підходи, у тому числі і математичні підходи для опису функціонування біосистем у цих режимах. Вхідні та вихідні координати біосистем поділяють на стаціонарні та нестаціонарні.

Для термінованих біосистем математичні моделі статичних режимів описують зв'язки вихідних координат біосистеми з вхідними діями можуть бути отримані за допомогою різних алгебраїчних функцій, що не містять зміни часу. Відповідний математичний опис є функціональною моделлю біосистеми. Масив експериментальних даних використовується для визначення коефіцієнтів математичної моделі. У динамічних моделях детермінованих систем стаціонарність розуміють по відношенню зміни координат у часі. Поведінка біосистеми досліджується обов'язково протягом деякого проміжку часу (у статичному режимі вимір вихідних координат проводиться у дискретні моменти часу). Тобто виходи (показники) біосистеми обов'язково є функціями часу незалежно від характеру вхідних дій (імпульсна, стала чи змінна за часом). Динамічні моделі краще відображають одну з основних властивостей біосистеми – динамічність, і дають змогу явним чином враховувати цю властивість.

Для статичних моделей імовірнісних біосистем під стаціонарністю входу розуміють його стале значення. Якщо вхідний сигнал приймає декілька значень, то він вважається нестаціонарним. Якщо на вхід біосистеми подається стала за часом дія, та вимірюється вихідна величина, а аналіз гістограми її розподілу показав, що найкраще відображає реальну гістограму. Цей закон розподілу виражається густиною розподілу значень вихідної величини. Розподіл може бути апроксимованим певним законом розподілу, наприклад нормальним. Часто нормальний закон може не давати задовільної апроксимації експериментальних даних, тому необхідною є перевірка отриманих в експерименті величин на нормальність. Пошук найкращих законів розподілу є однією із задач попередньої статистичної обробки результатів експериментів. Окрім законів розподілу, для

випадкової вхідної величини, обчислюють кореляцію між статистичним рядом вхідних значень та математичним сподіванням виходу. Зв'язок між ними визначається обчисленням коефіцієнта взаємної кореляції r . Коли \uparrow ¹ необхідно визначити функції $M = y_{сер} = f(x)$; $\sigma = F(x)$, $y_{сер}$ – середнє значення вихідної величини, σ – її середньоквадратичне відхилення, x – величина вхідної дії. Визначення структури і параметрів математичних моделей залежить від конкретних експериментальних даних та методу ідентифікації.

Математичні моделі динамічних режимів функціонування біосистем мають складнішу структуру.

Як уже відзначалось математична модель являє собою набір формальних співвідношень, які відображають поведінку досліджуваної системи. Одним з простих прикладів є крива росту, побудована на основі експерименту, у перебігу якого варіювалася величина витрати корму при відгодівлі тварини. Експериментальні дані, що відповідають цій кривій, можна описати залежність типу

$$F = M_1 \cdot \frac{C}{K + C} - M_2, \quad (3.1)$$

де F – приріст живої маси тварини (функція); C – витрата корму за одиницю часу (аргумент); M_1, M_2, K – параметри, значення яких визначається характером залежності приросту живої маси тварини від витрати корму за одиницю часу (рис. 3.2).

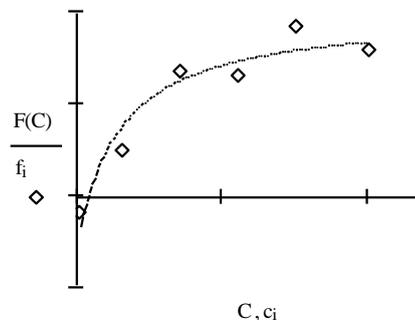


Рис. 3.2. Вплив величини приросту живої маси тварини від кількості корму.

У виразі (3.1) математичної моделі F, C є змінними, вони приймають конкретні числові значення F – є незалежною змінною, оскільки її значення вибирається у певних межах, у яких варіюється відповідна величина витрати корму у експерименті; C – є залежною змінною, вона визначається вибраним значенням F . Величини M_1, M_2, K – є параметрами, числові значення яких визначаються характером кривої, вони піддаються певній інтерпретації. Якщо витрата корму C дорівнює 0, то приріст живої маси складає $F = -F_2$, це означає,

що тварина витрачає масу; якщо витрата корму є великою, то $\frac{C}{K+C} \rightarrow 1$,
 $F \rightarrow F_1 - F_2$; параметр K визначає крутизну нахилу кривої.

На рис. 3.1 крива не проходить через точки, що відповідають даним експерименту, аналогічно математична модель (1) дає лише наближені уявлення про поведінку відповідної системи. Окрім того залежність (1) є статичною моделлю, оскільки не містить змінної часу t , на відміну від динамічних моделей, які у явному, чи неявному вигляді містять цю змінну.

Відомі емпіричні математичні моделі, головним завданням яких є описання об'єкта, чи явища, та функціональні, пов'язані з намаганням надати пояснення тому, що описуються. Розробники емпіричної математичної моделі завжди залишаються в межах одного єдиного рівня організаційної ієрархії, у межах якої будуються рівняння, що пов'язують між собою параметри, властиві підсистемі тільки даного рівня. Розробник функціональної моделі описує зміну (поведінку) параметрів, властивих підсистемі даного рівня, користуючись параметрами підсистеми попереднього рівня.

Статична математична модель – це математична конструкція, до якої не включена змінна часу, а усіма особливостями поведінки, що мають виражену залежність від часу ігнорують. Будь-яка статична математична модель – це завжди апроксимація (наближення), що часто є досить точною, особливо, коли система близька до рівноваги, або у випадку, коли її стала часу є настільки малою по відношенню до сталої часу зміни середовища, що зовнішні умови можна вважати незмінними.

У динамічних математичних моделях змінна часу t може фігурувати у явному вигляді, наприклад $W = W_0 + b \cdot t$ (W – маса тварини чи рослини; t – час; W_0 , b – параметри; W_0 – значення величини W при $t=0$; b – величина, що характеризує кут нахилу графіка функції росту $W(t)$). Проте, часто типовою формою запису

може бути диференціальне рівняння типу $\frac{dW}{dt} = f$, у якому f є деякою функцією параметрів W , t та ін.

У агробіологічних дослідженнях відомі детерміновані та стохастичні математичні моделі. Головною особливістю детермінованої моделі є те, що будь-який прогноз (жива маса тварини, урожайність культури, кількість опадів) формується у формі числа, і ні в якому разі не розподілу ймовірностей. Стохастична модель відрізняється тим, що у ній обов'язково є присутніми одна чи декілька випадкових змінних, що задані відповідними законами розподілу (які характеризують величини, значення яких передбачити важко, наприклад кількість опадів, тощо). Ця обставина дає можливість оцінювати середнє

значення параметра, що прогнозується, його дисперсію та інше. У міру збільшення невизначеності у поведінці системи підвищується ефективність стохастичної математичної моделі.

Неперервними процесами, що постійно супроводжують усі стадії моделювання, з моменту розробки і до закінчення експлуатації моделі є її оцінювання та перевірка адекватності. Будь-яка математична модель здатна лише формалізувати уявлення її розробника про сутність сільськогосподарських та агробіологічних процесів. З цієї причини вона завжди є спрощенням дійсності. Професійний рівень розробника моделі багато в чому визначається його умінням приводити у відповідність прийняті припущення та вибрані способи наближення. Припущення, покладені в основу моделі повинні бути біологічно виправданими. Роль припущень у процесі моделювання є надзвичайно великою, розробник повинен ретельно вивчити біологічну сутність проблеми. Структуру математичної моделі перевірити важко, її слід оцінити, вирішити, чи є вибраний спосіб формалізації вдалим з точки зору відповідності на явному рівні знань, вивченості питання. Надзвичайно важливо зберегти точність у процесі математичного усвідомлення сільськогосподарських та біологічних концепцій. Це потребує як математичної ерудиції так і чіткого розуміння біологічних ідей, що формалізуються. Задля уникнення помилок, або їх швидкого виявлення та усунення слід керуватися деякими простими правилами. Перше – це вибір символів, формули простіше читати, розуміти та контролювати, коли включені до них аналогічні величини позначені аналогічними (звичними) символами, а аналогічним символам приписана та ж сама розмірність. Друге – це контроль розмірності. Кожна складова рівняння повинна мати такі ж одиниці виміру, як і всі інші. Доцільно скласти таблицю позначень, де кожному символу, окрім словесного визначення, слід приписати розмірність, корисно ввести вирази розмірності для групи символів, що використовуються в рівняння сумісно. Третє – це перевірка математичної корисності та повноти. Кількість залежностей, що складають основи математичної моделі, повинна бути достатньою для опису проблеми, але не надлишковою. Четверте – це перевірка біологічної усвідомленості та повноти на рівні системи у цілому.

Якщо математична модель перевірена, а усі математичні, обчислювальні та методичні помилки усунені, то здобуті прогнози адекватно відображають усю сукупність припущень (біологічних, сільськогосподарських, емпіричних), що покладені у її основу, така математична модель може бути використана у цілях, задля досягнення яких вона розроблена.

В умовах крупного виробництва зооінженеру чи працівникові племінної служби практично неможливо втримати у пам'яті усі необхідні дані про тварини

користувацького чи племінного стада, стає необхідним є доцільний, простий і наочний зоотехнічний облік. Часто необхідно у будь-який момент знати про кількість наявних тварин, де вони розміщені скільки приміщень необхідно обладнати з урахуванням майбутньої злучки, отелення чи відлучення. У цьому напрямку повинна бути відомою продуктивність тварин, що розводяться, задля проведення цілеспрямованого відбору.

Для успішного вирішення цих та інших проблем працівники племінної служби та зооінженери повинні уміти користуватися математичними методами, методами математичного моделювання та засобами обчислювальної техніки у своїй роботі. У сільському господарстві, перш за все у тваринництві, об'єктом роботи є живі організми, які мають свою індивідуальність, тому висновки стосовно певної групи, стада у масштабах одного господарства, району чи області застосовуються тільки до групи, і аж ніяк не до окремих тварин. Тому статистика, як і інші математичні методи, здатна розв'язати багато проблем, її послуги конче необхідні, як і логічні висновки, зроблені на її основі, здатні переконати нас у необхідності їх застосування.

Дослідження, що вивчають розвиток тварин та рослинних організмів протягом тривалого часу використовують так звані функції росту, призначення яких – пов'язати часові ряди даних, що відносяться до росту організму чи його частини у вигляді певного математичного виразу. Термін функції росту означає певну аналітичну залежність, як правило, пов'язує в загальному вигляді суху масу речовини W та час t у вигляді

$$W = f(t), \quad (3.2)$$

де f – певний функціональний зв'язок.

Вираз функції росту має емпіричну форму, тип виразу для $f(t)$ підбирають виходячи з характеру наявного експериментального матеріалу. Така функція вибирається таким чином, щоб зберігалась певна біологічна правдоподібність та інтерпретованість параметрів, щоб відображалися фізіологічні та біохімічні механізми і обмеження, покладені в основу процесу, що вивчається.

Аналіз динаміки кількості сухої речовини W зручно проводити обговорюючи питання про темп росту $\frac{dW}{dt}$, який в самому загальному випадку є функцією від W , t тобто

$$\frac{dW}{dt} = U(W, t), \quad (3.3)$$

де $U(W, t)$ – деяка функція двох змінних, W та t .

Кількість сухої речовини – це основний параметр математичних моделей росту, проте здобуті результати можуть бути поширені на такі характеристики,

як жива маса, площа поверхні листя, сира маса, тощо. Величина $\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt}$, що має розмірність, обернену часу, називається відносним чи питомим темпом росту.

Замкнена двохкомпонентна модель росту.

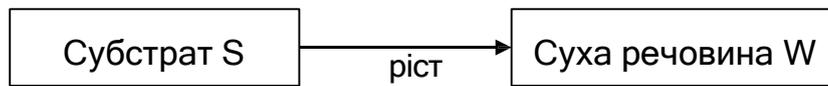


Рис. 3.3.Замкнена двохкомпонентна модель росту.

На рис. 3.3. схематично зображена проста двохкомпонентна модель. Система є замкненою, оскільки не має ні входів ні виходів. В її рамках передбачається, що у процесі росту перетворення матеріалу першого компоненту (субстрату) у матеріал другого компоненту (суха речовина) відбувається без витрат. Різні припущення щодо швидкості (темпу) процесу росту від величини W, S призводить до різних математичних моделей. Якщо припустити, що протягом певного часу система не отримує від зовнішнього середовища і не витрачає нічого, що призводить до зміни сухої речовини W , субстрату S , то

$$\frac{dW}{dt} = -\frac{dS}{dt}, \quad (3.4)$$

$$\frac{dW}{dt} + \frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt}(W + S) = 0, \quad (3.5)$$

$$W + S = const = W_0 + S_0 = W_f + S_f = C,$$

де W_0, S_0 -вихідні значення W, S в момент часу $t=0$;

W_f, S_f —значення величини W, S в момент часу t_f , що відповідає закінченню процесу росту, в окремому випадку можливо, що $t_f \rightarrow \infty$ C -постійна величина за таких умов темпи росту dW/dt можна подати у вигляді.

Подальші висновки базуються на різних припущеннях стосовно функції $u(W, T)$ у виразі (1.2), які визначають конкретні рівняння росту, що відповідають конкретним математичним моделям.

Припущення, на яких базується ця математична модель такі:

1. Кількість енергій росту є пропорційною кількості сухої маси W ;
2. Механізм росту функціонує з максимальним темпом протягом усього часу, доки не вичерпна маса живильного середовища;
3. Процес росту є необоротним і припиняється тільки тоді, коли вичерпується живильне середовище.

Рівняння (3.5) для випадку математичної моделі простого експоненціального росту з різкою відсічкою має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \mu \cdot W \\ | W=W_0 \quad \text{при} \quad t=0, \quad 0 \leq t \leq t_f, \quad \mu = \text{const} \end{cases}, \quad (3.6)$$

де μ – параметр (постійна величина), що є відносним чи питомим темпом росту, має одиницю виміру обернену одиниці виміру часу; W_0 -значення величини W на момент часу $t=0$; t_f - момент припинення зростання величини W , тобто при $t \geq t_f$, $W=W_f=\text{const}$.

Параметр μ залежить від типу сухої маси W , та швидкості функціонування механізму росту. В момент часу $t=t_f$, $W=W_{\max}=W_f$,

$$S = S_f = 0, \text{ тобто } W_f = W_0 + S_0.$$

Рівняння (3.6) є диференціальним рівнянням із змінними, що розділяються, тобто можна записати

$$\begin{cases} \frac{dW}{W} = \mu \cdot dt \\ | t=0, W = W_0 \end{cases}$$

звідки $\int_{W_0}^W \frac{dW}{W} = \mu \int_0^t dt$, або $\ln \left| \frac{W}{W_0} \right| = \mu \cdot t$, остаточно ж маємо

$$\begin{cases} | W = W_0 \cdot e^{\mu t}, 0 \leq t \leq t_f \\ | W = W_f, t \geq t_f \end{cases} \quad (3.7)$$

В момент часу $t=t_f$ $W = W_f = W_0 \cdot e^{\mu t_f}$, тобто момент часу t коли ріст припиняється,

можна визначити. Значення величини W_f, W_0, μ за формулою

$$t_f = \frac{1}{\mu} \ln \left(\frac{W_f}{W_0} \right)$$

або враховуючи, що $W_f = W_0 + S_0$

$$t_f = \frac{1}{\mu} \ln \left(\frac{W_0 + S_0}{W_0} \right). \quad (3.8)$$

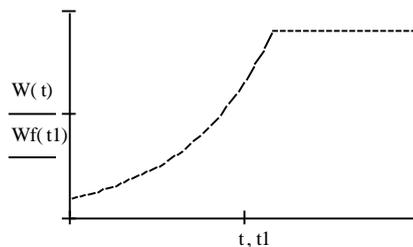


Рис. 3.4. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі простого експоненціального росту з різкою відсічкою.

На рис. 3.4 подано перебіг простого експоненціального росту, обмеженого реальним ресурсом живильного середовища.

Математична модель мономолекулярного росту (мономолекулярне рівняння) відома з хімії, і описує перебіг простої необоротної хімічної реакції першого порядку. Припущення, на яких базується відповідна математична модель:

1. Кількість енергії росту є незмінною і не залежить від маси W ;
2. Механізм росту функціонує із швидкістю, пропорційною ресурсів живильного середовища S ;
3. Процес росту є необоротним.

За прийнятих припущень, рівняння (3.5), для випадку математичної моделі мономолекулярного росту має вигляд

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = kS \\ | W = W_0, \text{ при } t = 0, \quad 0 \leq t \leq \infty, \quad k = \text{const}, \end{cases} \quad (3.9)$$

Оскільки в момент часу t_f ресурс живильного середовища вичерпується ($S_f = 0$), то з рівняння (4) маємо $S = W_f - W$, а диференціальне рівняння (3.9) матиме вигляд

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = k(W_f - W), \\ | W = W_0 \text{ при } t = 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

Звідки маємо $\int_{W_0}^W \frac{dW}{W_f - W} = k \cdot \int_0^t dt$, або

$$\ln \left(\frac{W_f - W_0}{W_f - W} \right) = k \cdot t$$

З останнього виразу маємо таке співвідношення математичної моделі мономолекулярного росту

$$W = W_f - (W_f - W_0) \cdot e^{-k \cdot t}, \quad 0 \leq t < \infty, \quad (3.11)$$

Графік залежності (3.11) має вигляд

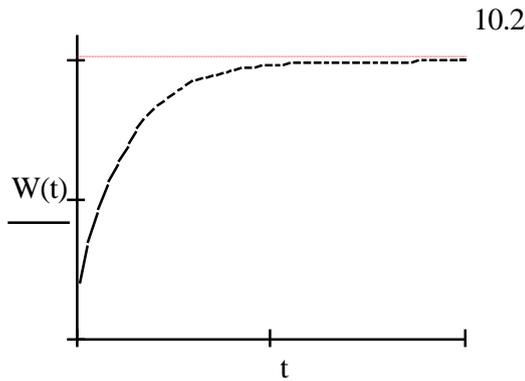


Рис. 3.5. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі мономолекулярного росту (мономолекулярне рівняння)

На рис. 3.5 подано перебіг величини маси сухих речовин згідно математичної моделі мономолекулярного росту. Згідно (3.11)

$$\frac{dW}{dt} = k \cdot (W_f - W_0) \cdot e^{-kt}, \quad \frac{d^2W}{dt^2} = -k^2(W_f - W_0) \cdot e^{-kt} < 0,$$

тобто друга похідна функції маси сухих речовин завжди від'ємна (графік відповідної функції випуклий), тільки коли $t \rightarrow \infty, W \rightarrow W_f, \frac{d^2W}{dt^2}$ обертається в нуль.

Припущення, на яких базується математична модель логістичного росту, такі:

1. Енергія росту пропорційна сухій масі W ;
2. Механізм росту функціонує із швидкістю пропорційною ресурсів живильного середовища S ;
3. Процес росту є необоротнім.

За цих припущень рівняння (3.5), для випадку математичної моделі логістичного росту, має вигляд

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dW}{dt} = k' \cdot W \cdot S \\ W = W_0 \text{ при } t = 0, 0 \leq t < \infty, k' = \text{const} \end{array} \right\} \quad (3.12)$$

Оскільки $S = W_f - W (S_f = 0)$, то рівняння (3.12) матиме вигляд

$$\frac{dW}{dt} = k' \cdot W \cdot (W_f - W),$$

$$k' = \frac{\mu}{W_f}$$

а за умови, що рівняння математичної моделі логістичного росту матиме такий вигляд

$$\frac{dW}{dt} = \mu \cdot W \left(1 - \frac{W}{W_f}\right) \quad (3.13)$$

Звідки $\frac{1}{W \cdot \left(1 - \frac{W}{W_f}\right)} \cdot dW = \mu \cdot dt$

Оскільки $\frac{1}{W \cdot \left(1 - \frac{W}{W_f}\right)} \equiv \left(\frac{1}{W_f - W} + \frac{1}{W}\right)$

а $\int_{W_0}^W \left(\frac{1}{W_f - W} + \frac{1}{W}\right) dW = \frac{W_f}{W_f - W} \Big|_{W=W_0}^{W=W} = \frac{(W - W_0) \cdot W_f}{(W_f - W)(W_f - W_0)}$. Тобто

$$\frac{(W - W_0) \cdot W_f}{(W_f - W)(W_f - W_0)} = \mu \cdot t$$

, звідки $W = \frac{W_0 \cdot W_f \cdot e^{\mu t}}{W_f - W_0 + W_0 \cdot e^{\mu t}} \equiv \frac{W_0 \cdot W_f}{W_0 + (W_f - W_0) \cdot e^{-\mu t}}$ (3.14)

Вирази (3.14) є остаточними і тотожними виразами математичної моделі логістичного росту.

Диференціюючи (3.13) матимемо

$$\frac{d^2W}{dt^2} = \mu \frac{dW}{dt} \left(1 - \frac{2W}{W_f}\right)$$

Звідки $\frac{d^2W}{dt^2} = 0$, при $W^* = 0.5 \cdot W_f, t^* = \frac{1}{\mu} \cdot \ln\left(\frac{W_f - W_0}{W_0}\right)$, тобто

графік залежності $W(t)$ для випадку математичної моделі логістичного росту має точку перегину (W^*, t^*) зліва від якої температура росту сухих речовин зростає у часі, а з права – спадає.

Графік залежності (14) має вигляд

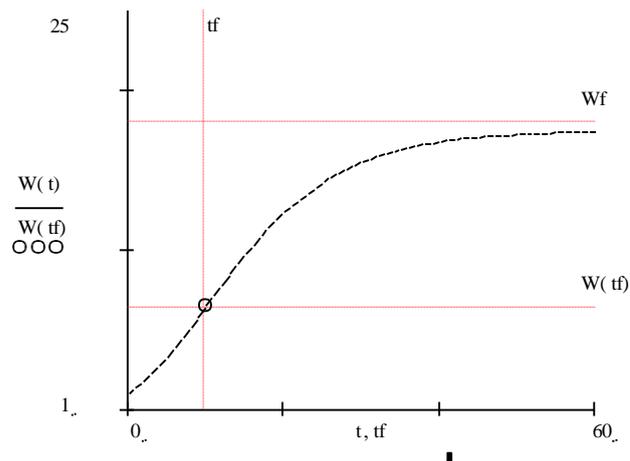


Рис 3.6. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі логістичного росту (рівняння логістичного росту)

Основні припущення, на яких базується модель Гомпертца такі:

1. Ресурс живильного середовища є наближеною;
2. Енергія росту є пропорційною сухій масі W , коефіцієнт пропорційності t_0 є змінною величиною причому ефективність енергії росту спадає за часом;
3. Спадання ефективності енергії росту являє собою динаміку першого порядку і описується експоненціальною залежністю.

Причиною спадання може бути деградація (наприклад внаслідок розчеплення ферментів), старіння або розвиток та ускладнення організму.

За умови зроблених припущень та умов математична модель росту Гомпертца включає в себе рівняння типу

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \mu W \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases}, \quad (3.15)$$

у якому параметр μ (питомий темп росту) не є сталою величиною, а змінюється за законом

$$\begin{cases} \frac{d\mu}{dt} = -D\mu \\ \mu = \mu_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases}. \quad (3.16)$$

Диференціальне рівняння (3.16) розв'язується аналогічно (3.6), тобто

$$\mu = \mu_0 e^{-Dt} \quad (3.17)$$

звідки диференціальне рівняння (3.15) набуває вигляду

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \mu_0 W \cdot e^{-Dt} \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases} \quad (3.18)$$

тобто є диференціальним рівнянням із змінними, що розділяються. Його інтеграл має вигляд:

$$\int_{W_0}^W \frac{dW}{W} = \mu_0 \int_0^t e^{-D \cdot t} dt,$$

тобто

$$\ln \left(\frac{W}{W_0} \right) = \frac{\mu_0}{D} (1 - e^{-Dt}),$$

звідки остаточно маємо

$$W = W_0 \exp \left[\frac{\mu_0}{D} (1 - e^{-Dt}) \right] \quad (3.19)$$

При $t \rightarrow \infty$, суха маса $W \rightarrow W_f$, причому

$$W_f = W_0 \cdot e^{\mu_0 / D} \quad (3.20)$$

Рівняння (3.20) пов'язує між собою основні параметри математичної моделі росту Гомпертца.

$$t^* = \frac{1}{D} \cdot \ln \left(\frac{\mu_0}{D} \right),$$

Крива росту Гомпертца має точку перегину,
 $W^* = \frac{W_f}{e}$

, ($e \approx 2.71$ - основа натуральних логарифмів), координати якої знаходяться з рівняння $\frac{d^2W}{dt^2} = 0$, функція W - береться з виразу (3.19).

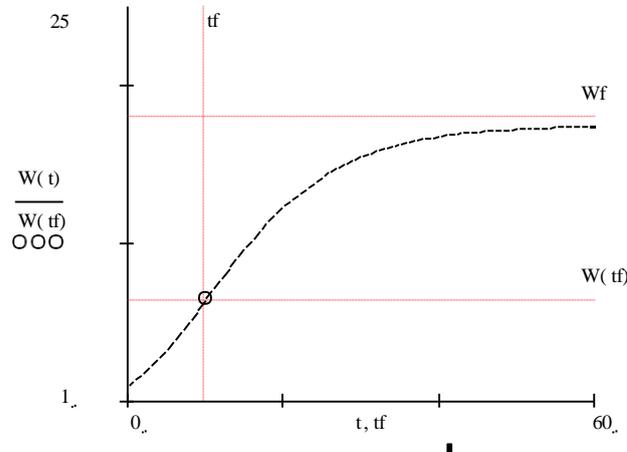
На даний час відомі інші еквівалентні форми диференціального рівняння Гомпертца, а саме:

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \mu_0 W \left[1 - \frac{D}{\mu_0} \ln \left(\frac{W}{W_0} \right) \right] \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases}$$

та

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dW}{dt} = \mu_0 \frac{\ln(W/W_0)}{\ln(W_f/W_0)} = DW \ln\left(\frac{W_f}{W}\right) \\ W = W_0 \text{ при } t = 0 \end{array} \right.$$

Графік залежності (3.19) має вигляд:



+

Рис. 3.7. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі росту Гомпертца

Математична модель росту Річардса є емпіричною конструкцією, характерною рисою якої є її універсальність, за умови певних значень параметра n обертається в певну, розглянуту раніше, математичну модель: математичну модель мономолекулярного росту ($n=-1$), математичну модель логічного росту ($n=1$), математична модель росту Гомпертца ($n=0$).

Вираз математичної моделі росту Річардса, у вигляді диференціального рівняння, записується наступним чином

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dW}{dt} = k \frac{W(W_f^n - W^n)}{nW_f^n} \\ W = W_0 \text{ при } t = 0 \end{array} \right. , \quad (3.21)$$

де k, n, W_0, W_f - сталі величини, причому $k > 0, W_0 > 0, W_f > 0, n \geq -1$.

Диференціальне рівняння математичної моделі Річардса (3.21) є звичайним диференціальним рівнянням із змінними, що розділяються, тобто має місце

$$n \cdot \int_{W_0}^W \left(\frac{1}{W} + \frac{W^{n-1}}{W_f^n - W^n} \right) dW = k \int_0^t dt \quad (3.22)$$

Після інтегрування у (22) та нескладних перетворень остаточно буде

$$W = \frac{W_0 \cdot W_f}{\left[W_0^n + \left(\frac{W_f^n - W_0^n}{n} \right) \cdot e^{-kt} \right]^{\frac{1}{n}}} \quad (3.23)$$

Крива росту Річардса має точку перегину (її координати t^* , W^* знаходяться

з умови $\frac{d^2W}{dt^2} = 0$), причому

$$t^* = -\frac{1}{k} \cdot \ln \left(\frac{W^n - W_0^n}{n \cdot W_0^n} \right), \quad W^* = \frac{W_f}{\sqrt[n]{n+1}}$$

Сімейство кривих, що утворюються при різних фіксованих значеннях параметра n надано на рис. 3.5.

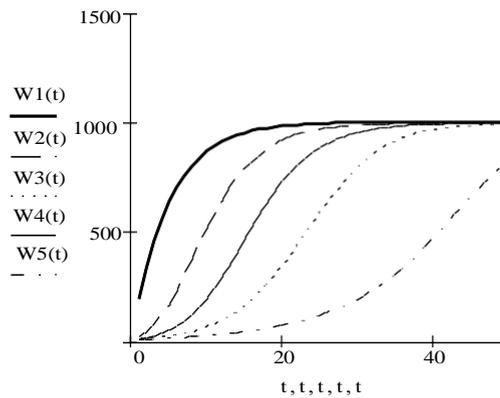


Рис. 3.8. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі росту Річардса.

Через M позначення крива мономолекулярного росту ($n=-1$), через G -криві росту Гомпертца ($n=0$), через L – логістична крива ($n=1$). Точки перегину, там де вони існують, вказані крапками на кривих.

Математична модель росту Чантера є гібридом рівнянь Гомпертца та логістичного, відповідне диференціальне рівняння цієї моделі має вигляд

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \mu W \left(1 - \frac{W}{B}\right) e^{-Dt} \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

У рівнянні (3.24) цієї математичної моделі μ , B , D -постійні величини, а

питомий темп росту $\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt}$ управляється двома факторами: параметром $\left(1 - \frac{W}{B}\right)$, який лінійно пов'язаний з ресурсом живильного середовища; параметром e^{-Dt} , що пов'язаний з перебігом часу і може інтерпретуватися, як ускладнення, розвиток чи старіння. Після інтегрування диференціального рівняння (3.24) маємо

$$W = \frac{W_0 + (B - W_0) \cdot \exp\left\{-\frac{\mu}{D} \cdot (1 - e^{-D \cdot t})\right\}}{1} \quad (3.25)$$

Параметри W_0 , B , μ , D мають біологічну інтерпретацію. На момент часу $t=0$, початкова маса становить $W=W_0$, а результуюча маса (визначається з умови $t \rightarrow \infty$) становить

$$W_f = \frac{W_0 \cdot B}{W_0 + (B - W_0) \cdot e^{-\frac{\mu}{D}}} \quad (3.26)$$

Окрім того, результуюча маса W_f визначаються через доступність живильного середовища B , показник ускладнення D , або комбінацією цих показників.

Якщо позначити:

$$W_L = B, \quad W_G = W_0 \cdot e^{\mu/D}$$

для обмеження результуючої маси W_f , яку можна було б обчислити тільки за допомогою логістичного рівняння, або тільки рівняння росту Гомпертца, для W_f , можна записати

$$W_f = \frac{W_L W_G}{W_L + W_G - W_0} \quad (3.27)$$

Тобто результуюча маса, згідно (3.27), завжди менша, порівняно з W_L та W_G , наближуючись до вказаних границь як завгодно близько.

З рівняння (3.26) величина B становить

$$B = \frac{W_f W_0 (e^{\mu/D} - 1)}{W_0 e^{\mu/D} - W_f} \quad (3.28)$$

В результаті диференціальне рівняння Чантера можна записати у формі, що не містить змінної часу t , тобто:

$$\frac{dW}{dt} = \mu \cdot W \left[\frac{B - W}{B} \right] \cdot \left\{ 1 - \frac{D}{\mu} \ln \left[\frac{W}{B - W} \right] \cdot \left[\frac{B - W_0}{W_0} \right] \right\} \quad (3.29)$$

У випадку $D \rightarrow 0$ (означає відсутність процесу старіння), то математична модель росту Чантера стає ідентичною математичній моделі логістичного росту. Якщо $B \rightarrow \infty$ (означає відсутність обмежень на ресурс живильного середовища), то відповідна математична модель росту стає ідентичною математичній моделі росту Гомпертца. Координати точки перегину кривої росту Чантера (t^* , W^*)

знаходяться з умови: $\frac{d^2W}{dt^2} = 0$, де W береться з виразу (3.25). Відповідне рівняння

розв'язується з використанням числових методів (рис. 3.9).

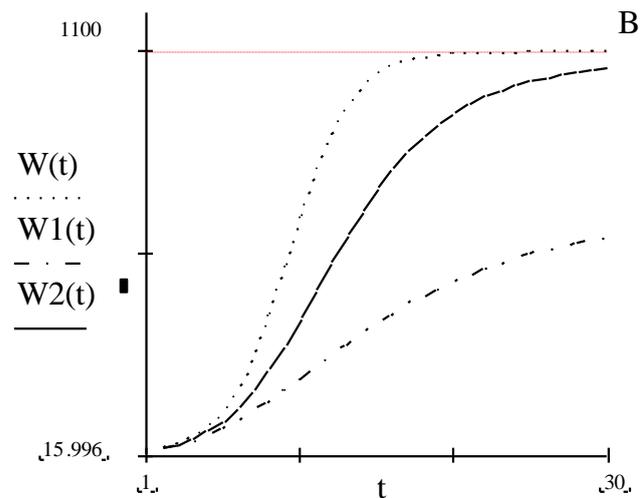


Рис. 3.9. Графік залежності зміни величини маси сухих речовин від часу згідно математичної моделі росту Чантера.

Через L позначається логістична крива ($D \rightarrow 0$), через G – крива росту Гомпертца.

На сьогодні найбільш широко використовується математична модель росту тварин Берталанфі.

Вона подає ріст (збільшення ваги) як результат двох процесів : анаболізму (створення речовини) та катаболізму (розкладу речовини), тобто

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \eta W^m - K W^n \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases}, \quad (3.30)$$

де W – вага організму; η – константа анаболізму; K – константа катаболізму. Показник ступеня n Берталанфі вважав рівним одиниці, як фізіологічно правдоподібну апроксимацію, пояснюючи цей факт тим, що втрати ваги у процесі голодування є пропорційними вазі тіла, тобто

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = \eta W^m - KW \\ W = W_0 \quad \text{при } t = 0 \end{cases} \quad (3.31)$$

Диференціальне рівняння (31) є рівнянням із змінними, що розділяються, його остаточний розв'язок має вигляд

$$W = \left\{ \frac{\eta}{K} - \left[\frac{\eta}{K} - W_0^{(1-m)} \right] e^{-(1-m)K t} \right\}^{\frac{1}{1-m}}, \quad (3.32)$$

де W_0 – величина ваги при $t = 0$.

Якщо вважати величину W_0 малою порівняно з, η/K то рівняння (3.32) спрощується :

$$W = \left[\frac{\eta}{K} \left(1 - e^{-(1-m)Kt} \right) \right]^{\frac{1}{1-m}} \quad (3.33)$$

Позначивши $\left(\frac{\eta}{K} \right)^{\frac{1}{1-m}} = W_f$, матимемо

$$W = W_f \left\{ 1 - e^{-(1-m)Kt} \right\}^{\frac{1}{1-m}} \quad (3.34)$$

Бертоланфі розрізняв три типи росту, в залежності від величини m .

Випадок $m = \frac{2}{3}$ часто добре описує емпіричну криву вагового росту риб. Іхтіологи часто використовують рівняння Бертоланфі для моделювання лінійного росту

(збільшення довжини) риб. З урахуванням початкових розмірів ($t=0, L = L_0$) відповідна математична модель має вигляд

$$L = L_f - (L_f - L_0) e^{-kt}$$

а з урахуванням величини t_0 - вік, коли $L=0$,

$$L = L_f \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right)$$

Експоненціальні математичні моделі росту є чисто емпіричними, такими, що не піддаються фізіологічній інтерпретації. Аналітичний вираз відповідних математичних моделей має вигляд

$$W = \exp\left(a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \dots \right), \quad (3.35)$$

де a_0, a_1, a_2, \dots - сталі коефіцієнти.

Згідно (3.35) можна записати

$$\begin{aligned} \ln W &= a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \dots \\ \frac{dW}{dt} &= \left(a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + \dots \right), \\ \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} &= a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + \dots, \\ \frac{1}{W^2} \frac{dW}{dt} &= \left[\left(a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + \dots \right) + \left(a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + \dots \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Початкова суха маса становить $W_0 = W(t=0) = \exp a_0$, а результуюча суха маса $W_f = W(t \rightarrow \infty)$ згідно цих математичних моделей становить нескінченність

або нуль. Момент перегину графіка функції $W(t)$, величина t^* , визначається як розв'язок рівняння

$$a_1 + 2a_2 \cdot t + 3a_3 \cdot t^2 + \dots = 0,$$

а величина максимуму – шляхом зворотної підстановки здобутого результату

у вираз для $\frac{dW}{dt}$.

Відповідні математичні моделі можна з легкістю підігнати до результатів експерименту, користуючись наявними методами обробки статистичних даних.

Багатьма дослідженнями встановлено, що ступінь поліному доцільно обмежити квадратом (коли $a_3 = a_4 = \dots = 0$), оскільки в іншому випадку виникає імовірність помилкових відгуків та розв'язків.

Для квадратичних поліномів існує простий та швидкий метод визначення наближених оцінок трьох параметрів a_0, a_1, a_2 , а саме

$$a_0 = \ln W_0, \quad a_1 = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \Big|_{t=0}, \quad a_2 = - \left(\frac{a_1^2}{4} \right) / \ln \left(\frac{W_m}{W_0} \right),$$

де W_m – величина максимуму W в момент часу $t_m = -a_1 / (2a_2)$.

Момент перегину графіку функції $W = W(t)$, величина t^* , визначається співвідношенням

$$t^* = \frac{a_1}{2a_2} \pm \frac{1}{\sqrt{-2a_2}}, \quad a_2 < 0.$$

Експоненціально-квадратична математична модель задовільно описує зміну величини число клітин материнської тканини, коли імовірність утворення продуктів клітинного поділу спадає за експонентою в залежності від кількості меристеми, що залишається, та ін.

Алометричні залежності вперше були використані Хакслі, опис росту тварин та частин їх організму, Парселлом, опис росту рослин. Нехай P, Q – деякі властивості організму, які залежать від часу, тобто

$$P = P(t), \quad Q = Q(t).$$

Величини P, Q є алометрично залежними, якщо вони задовольняють алометричне рівняння:

$$P = a \cdot Q^b, \tag{3.36}$$

де a, b – постійні коефіцієнти.

Величини P, Q змінюються так, щоб співвідношення (3.36) виконувалося на інтервалі спостереження. Співвідношення (3.36) є симетричним, тобто

$$Q = c \cdot P^d, \quad (3.37)$$

$$c = \left(\frac{1}{\bar{a}} \right)^{\frac{1}{b}}, d = \frac{1}{b}.$$

де

Після логарифмування (3.36) матимемо:

$$\ln P = \ln a + \ln Q, \quad (3.38)$$

Подальше диференціювання виразу (3.38) дає:

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = b \cdot \frac{1}{Q} \cdot \frac{dQ}{dt}. \quad (3.39)$$

Тобто пропорційні темпи росту P та Q залежать від сталого фактору b . Алометричні рівняння використовуються в багатьох прикладних задачах тваринництва та рослинництва. Проте використання рівнянь типу (3.36) обмежено, оскільки вони мають низьку здатність до інтерпретації, тому їх використання на практиці обмежено.

3.3. Особливості інтелектуального керування в біотехнічних системах

На сьогоднішній день важливим питанням є забезпечення якісного виконання поставлених завдань операторами у біотехнічних системах (БТС) на автоматизованих робочих місцях. З одного боку, це залежить від ергономічних та фізико-технічних характеристик самої техніки, з іншого – від функціональних робочих станів людини-оператора (ФРС), під якими розуміють сукупність особистісних і характеристик людини таких, як час реакції, довгочасна витривалість, стійкість до дії факторів середовища, швидкість перемикавання на новий вид діяльності, об'єм та швидкість опрацювання інформації, працездатність в екстремальних умовах тощо. Питанням оцінки та вдосконалення ергономічних характеристик апаратури приділяється достатньо уваги, чого не можна сказати про контроль та керування ФРС оператора в процесі виконання ним функціональних обов'язків у різних умовах середовища. Актуальність проблеми обумовлена зростанням потреби в методах прийняття рішень та інтелектуального прогнозування в БТС системах на засадах образної та сенсорної інформації, отриманих по біологічних та технічних каналах, методах інтелектуального прогнозування і керування біотехнічними елементами та соціальними групами в надзвичайних ситуаціях при наявності адекватної інформації з навколишнього середовища.

Функціональні робочі стани людини, які є важливою частиною систем «середовище – людина – машина», потребують систематизації та класифікації, якщо ми хочемо отримати кількісні значення ФРС та використовувати корекції ФРС для оптимізації діяльності оператора. При цьому ФРС різні в різних робочих

ситуаціях. Функціональні стани непрацюючої людини обумовлені фізіологічними параметрами її організму та різноманітними, соціальними кліматичними та фізичними факторами зовнішнього середовища. Фактори, що впливають на ФРС працюючої людини, це: впливи оточуючого середовища різної природи; фізіологічні та психофізіологічні стани організму; робочі ситуації, впливи робочого середовища, що викликають у людини перенапругу, стомлення, зниження уваги і т.п. З огляду на це, питання корекції ФРС оператора безпосередньо на робочому місці є актуальним науковим завданням .

Можливі підходи щодо корекції ФРС оператора, який з автоматизованого робочого місця керує багатофункціональним технічним засобом. Передбачається виконання оператором функціональних обов'язків у БТС, що оснащені сучасними технічними і програмними засобами та повинні виконувати завдання в різних умовах роботи. При цьому операторська діяльність вимагає підвищених зорових, слухових, розумових зусиль, великого нервово- емоційного напруження, необхідності прийняття рішень у короткий термін. З часом, робота органів сприйняття оператора, його сенсомоторні реакції погіршуються – настає фаза втоми. Ефективність роботи оператора знижується, що ставить під загрозу виконання поставлених завдань, підвищує ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Тому важливо розглянути особливості керування в БТС для систем прогнозування, поведінки і прийняття рішень при інтелектуальному керуванні БТС системами на засадах одночасного розпізнавання, сприйняття і обробки множини послідовностей образів з різних каналів інформації, в тому числі в соціумі, оцінки подій та станів навколишнього середовища.

Аналіз факторів середовища, що впливають на ФРС людини-оператора (ЛО), показав [3,9], що швидкість настання дисфункцій ФРС залежить від різних груп факторів, які можна класифікувати наступним чином :

а) впливи зовнішнього оточуючого середовища (кліматичні, ергономічні, фізичні);

б) особливості внутрішнього середовища організму ЛО (фізіологічні та психофізіологічні);

в) робочі ситуації, впливи технічного чи соціального середовища (ступінь тренуваності чи навченості, психологічні та соціальні параметри, наприклад, взаємовідносини з колективом, зміст самої праці, рівень навантаження тощо). Усі ці фактори безпосередньо впливають на функціональний стан ЛО та відображаються на результатах його діяльності.

Відомо, що конкретний ФРС людини залежить від цілого ряду факторів. Це, перш за все, мотивація, тобто те, заради чого й виконується певна діяльність. Отже, чим більш значущі мотиви, тим вищий рівень ФС. По-друге, це зміст самої

праці, оскільки вже в самому завданні закладені певні вимоги до специфіки й рівня ФС. По-третє, загальний рівень сенсорного навантаження. По-четверте, вихідний рівень активації ЦНС. І, нарешті, по-п'яте, індивідуальні особливості суб'єкта, зокрема, такі його властивості як сила нервової системи, екстраверсія інтроверсія, тривожність тощо. Аналіз самої робочої ситуації у БТС, яка може мати змінний чи сталий характер, показує, що великі впливи на ФРС оператора мають різні «умови робочого середовища» (УРС). Крім даних про об'єкт керування, сюди відносяться:

- зовнішні фізичні, кліматичні, ергономічні параметри, що залежать від конкретної діяльності оператора та впливають на неї (тут треба враховувати, що вони можуть впливати і в неявному вигляді);

- психологічні та соціальні параметри, до яких можуть відноситись, наприклад, взаємовідношення з колективом чи колегами, спілкування з екіпажем (командиром, бригадиром або підлеглим), ступінь відповідальності за рішення, що приймаються тощо ;

- власні фізіологічні та психофізіологічні характеристики ЛО, що залежать від типологічних та особистісних якостей організму (сила нервової системи, психоемоційна напруженість, тривожність, хвороба, втомленість, мотивація); ступінь тренуваності (навчання) ЛО. УРС різні за природою і ми пропонуємо згрупувати їх в такі набори: фізичні УРС; психологічні УРС; соціальні УРС; ступінь навчання ЛО; типологічні та особистісні психофізіологічні УРС. Три перших УРС, як правило, майже постійні на весь час роботи оператора. Принаймні, упродовж одного дня і навіть робочого тижня вони можуть змінюватись дуже мало. Ступінь навчання теж змінюється мало під час знайомої та звичайної для оператора робочої ситуації. Але невідомо, яким чином вона проявляється в інших робочих ситуаціях, особливо в екстремальних режимах. І, нарешті, п'яту групу УРС, що складають психоемоційну та психофізіологічну характеристику ЛО, перш ніж оцінити, необхідно виділити та обробити.

Зміні ФРС протягом робочого процесу середньої тривалості (день, тиждень) можна передати у вигляді:

$$S(t) = C + \sum X_i(t) + \sum Y_n(t, g) + \dot{h},$$

де $S(t)$ – ФРС оператора; C – константа, що визначається фізичними, психологічними та соціальними УРС; $X_i(t)$ – фізіологічні та психофізіологічні УРС, що залежать від часу робочого процесу t ; $Y_n(t, g)$ – зміни робочої ситуації, що залежать від часу робочого процесу (t) та ступеня навчання ЛО (g); \dot{h} – шуми.

Зміни робочої ситуації відбуваються незалежно від бажання ЛО. Але найчастіше при нормальних ситуаціях вони стабільні упродовж усього робочого процесу. А значить, у цьому випадку, $Y(t, g) = \text{const}$ і змінною для S залишається

величина $X(t)$. Звідси, зміни ФРС $S = f(x)$. Коли $Y(t, g) = \text{const}$, то ФРС залежить тільки від змін внутрішніх фізіологічних та психологічних характеристик людини. Динаміку таких станів можна оцінити за зовнішніми фізіологічними показниками, які отримують у модельному чи реальному режимах праці операторів. При дії різних факторів середовища, у ЛО виробляються зворотні зв'язки, які дозволяють зменшити суттєві впливи УРС на ФРС.

Для того, щоб знайти фізіологічні кореляти різних ФРС, необхідно знати, в якому ФРС знаходиться чи повинна знаходитись людина. Це ж необхідно знати і для моделювання робочих ситуацій.

Особливості інтелектуального визначення та оцінки об'єктивних параметрів, що добре корелюють зі змінами ФРС ЛО, полягають у моделюванні умов робочого середовища, проведенні впливу цих умов на «людину-оператора», і в цих умовах робочого середовища проводять реєстрацію та аналіз психофізіологічних та біофізичних показників ЛО.

Такий підхід робить можливим задавати такі параметри робочого середовища, яких в експерименті важко досягти, а в реальних умовах зустрічаються досить рідко.

Дотримуючись кількісно-якісного принципу пристосувальної діяльності організму, відповідно до якого про розвиток якісно різних реакцій організму судять залежно від сили і кількості подразників, ми уявляли весь процес змін ФРС дискретним, а, власне, перехід від одного функціонального стану оператора до іншого стрибкоподібним. Ми пропонуємо класифікацію ФРС, яка ґрунтується на психофізіологічних особливостях та ступені мобілізації робочих навичок (СМРН) людини та виділяємо 6 рівнів ФРС, що задаються характеристиками робочих ситуацій та СМРН:

1 – фізіологічний спокій, функціональний стан здорової людини з максимальним обмеженням впливів факторів оточуючого середовища та робочих процесів у комфортних умовах і за відсутності фізіологічних потреб і активних фізіологічних процесів;

2 – робоча норма, передвахтовий стан, чергування, ФРС людини перед виконанням нею трудових дій (стан людини, що сидить перед приладами, але ще не працює);

3 – звичайна робота, ФРС людини під час стабільного режиму її роботи без помилок і в оптимальному темпі, відповідно до ступеня індивідуальної професійної підготовки навичкам (оптимальна робота). Оптимальною роботою ми вважаємо роботу у темпі, який дорівнює $2/3$ від максимального темпу роботи без помилок;

4 – зосереджена праця, ФРС людини в максимально можливому стійкому

режимі роботи зі здійсненням мінімуму (до 5%) помилок, що не впливають на загальний показник праці;

5 – робота з максимальною мобілізацією сил, передстресова робота з емоційним забарвленням будь-якої природи, тобто, це ФРС, коли на оператора впливають мотиваційні фактори, але виникають умови, що ускладнюють виконання робочих дій. Кількість помилок не повинна перевищувати 30% і повинні своєчасно здійснюватися дії щодо усунення помилок;

6 – робочий стрес, ФРС оператора при відмові від роботи, неможливості виконання завдання, незважаючи на наявність чітких мотиваційних факторів. Необхідно зазначити, що 6 станів мобілізації робочих навичок та відповідні їм 6 ФРС притаманні будь-якому робочому процесу, вони присутні при будь-якій діяльності, а не тільки при операторській. Тільки в різних формах діяльності є різні причини, що ведуть до зміни робочої ситуації, а з нею і ФРС людини.

Запобігти цьому повинні певні корекційні заходи: заміна оператора; перерва чи відпочинок. Але заміна оператора часто неможлива чи потребує необхідного навчання. Можливість відновити сили ЛО, оптимізувати його ФРС при певних умовах може бути неприйнятним, особливо в складних та екстремальних умовах.

При цьому є можливим здійснити корегувальні впливи на ФРС оператора, безпосередньо на робочому місці чи під час виконання завдання, з використанням інтелектуального підходу до коригувальних заходів. Здійснення впливу на ФРС оператора, з використанням різних біофізичних та психофізіологічних факторів, дозволяє гальмівно чи збуджувально діяти на ФРС оператора з метою оптимізації, корекції або зміни його діяльності. Такі впливи можна здійснювати двома способами: з використанням зовнішніх щодо ЛО факторів, які впливають на ефективність його функціонування, а також сам оператор за допомогою прийомів може активізувати свої внутрішні можливості, регулюючи власний ФРС.

Інтелектуальний підхід до коригувальних заходів дозволяє визначити необхідний для використання спосіб та за яких умов він є оптимальним. Наведена схема корекції ФРС оператора має особливості використання, пов'язані із класифікацією корегувальних змін та вводом інтелектуального соціального елементу – «людини, яка приймає рішення».

Корегувальні зміни ФРС оператора можна здійснити шляхом лікування, корекції та допомоги, керування. Лікування це зміни ФРС від патологічного чи екстремального рівня до нормального (оптимального). Корекція це зміни ФРС у вигляді допомоги для здійснення відповідних реакцій за певних зовнішніх

робочих, сенсорних, фізичних чи психофізіологічних навантажень. Найбільш дієвою є оптимальна корекція, тобто індивідуальне оптимальне погодження психофізіологічних та професійних можливостей оператора з характеристиками зовнішніх подразнень. Керування ФРС – це зміни ФРС оператора до певного визначеного рівня, необхідного для досліджень чи для роботи. Керування ФРС не обов'язково відбувається до оптимального рівня, людину можна вводити в стан спокою, в екстремальний стан і в інші необхідні стани.

Виходячи з умов функціонування оператора, для корекції та керування пропонується використовувати різні прийоми, які класифікуються на такі групи:

1. Корегувальні впливи, що змінюють ФРС оператора:

лікування у випадку розвитку патологічних процесів, психотерапевтичні, фізіотерапевтичні впливи, лікувальна фізкультура, масаж, гіпноз, заняття спортом;

психологічно-соціологічні методи корегування ФРС із застосуванням вербального впливу: покарання, заохочування, заклик до виконання обов'язків, приклад товаришів тощо; зміна перебігу робочого процесу шляхом його уповільнення, прискорення чи інших змін. Такий корегувальний вплив застосовується за умови можливості таких змін без шкоди для виконання поставленого завдання; навчання та додаткове тренування робочих навичок з метою зміни професійної підготовки та професійної діяльності.

Такі корегувальні впливи застосовуються людиною, що приймає рішення (ЛПР), експериментатором, командиром, бригадиром і іншими членами колективу. При цьому необхідно, щоб оператор був знайомим або колегою чи підпорядкованим ЛПР, тобто був створений певний робочий соціум.

2. Керувальні впливи та самовпливи, що змінюють ФРС оператора без відриву від робочого місця: самовпливи оператора, що корегують власний ФРС по мірі суб'єктивної необхідності. До них слід віднести такі способи: аутогенне тренування, самонавіювання, самогіпноз, самомасаж, зміна робочої пози і т.п. Такі впливи дають значні результати, але вони повинні використовуватися за наказами ЛПР, або за самостійною необхідністю. У цьому випадку необхідне навчання ЛО; корекції, які змінюють ФРС оператора з використанням зовнішніх дозованих впливів, наприклад, фармакологічними засобами, хімічними впливами, сенсорними подразниками, впливами фізичних полів різної природи і т. ін. Такі корегувальні впливи більш за все піддаються дозуванню та автоматизації, однак, ефекти їх використання носять ймовірнісний характер і залежать від інтелектуальних завдань та можливостей ЛО.

Найбільш доцільними і дієвими, враховуючи особливості виконання оператором функціональних обов'язків, є методи, які впливають на рівень активації мозку, від чого залежить ефективність виконання поставлених завдань.

Як приклад, є декілька таких методів: застосування функціональної музики; електроміостимуляція; коригувальна стимуляція масажем та самомасажем рефлексогенних зон людини; впливи через біологічно активні точки з використанням тепла, електричних потенціалів, лазерних впливів тощо.

3.4. Прийоми викладення матеріалів наукового дослідження. Тези та аргументи в науковому дослідженні

Викладення матеріалів наукового дослідження може здійснюватися у різний спосіб. Безпосередньо процес дослідження може бути описаним стисло, про широко розкриваються його результати. В іншому випадку, науковець може детально описувати весь процес дослідження, висунуті гіпотези, їх доведення чи спростування. В подальшому розкриваються результати наукового дослідження.

Викладення матеріалів дисертаційного дослідження може бути дедуктивним та індуктивним. В першому випадку дослідження спрямоване від загальних теоретичних положень до аналізу окремих емпіричних випадків, в іншому - навпаки. Подача матеріалів дисертації може здійснюватися такими способами:

- чітко послідовним, коли автор опрацьовує перший розділ, після його повного завершення переходить до другого, далі до третього і т.д.;
- цілісним, коли формується попередній варіант дисертації, а потім здійснюються його обробка;
- вибіркоким, коли після збору інформації, викладення матеріалів дисертації відбувається у будь-якому порядку.

Пошук оптимальної форми подачі наукової праці відбувається на кожному етапі дослідження.

В процесі написання дисертації здобувач повинен чітко формувати кожен тезу, не відступаючи в подальшому від її початкового формулювання. Основними помилками при викладенні тез в науковій праці є:

- втрата тези;
- повна підміна тези;
- часткова підміна тези.

Викладені в дисертації тези повинні бути аргументованими.

Аргументація - це процес обґрунтування певного твердження з метою переконання в його істинності, доцільності. Аргументування будується на законах логіки.

Для пошуку аргументів, автору тези доцільно уявити опонента, який не погоджується з його твердженням, і знайти відповідну кількість доказів, які повністю переконують у правоті тези.

У тексті аргументи обов'язково розміщуються між тезою і висновком. Важливо, щоб аргументи не зливалися з тезою. Аргументи можуть підкріплюватися прикладами. Як правило, після кожного наведеного аргументу розміщується відповідний приклад. Проте одним з варіантів їх розміщення може бути такий: спочатку висвітлюються всі аргументи (як правило, кожен з нового абзацу), а далі наводяться приклади. Загальному висновку можуть передувати

мікровисновки, розміщені після кожного аргументу.

Викладені здобувачем аргументи повинні бути достатніми, достовірними, автономними та несуперечливими, в іншому випадку ставитиметься під сумнів теза, яка доводиться.

Коли на меті є спростування тези інших науковців, то це може здійснюватися шляхом:

- критики тези, коли її помилковість доводиться через хибність її наслідків;
- критики аргументів, коли доводиться хибність чи сумнівність аргументів тези, в результаті чого теза буде спростованою або вимагатиме додаткового аргументування;
- критики демонстрації, коли доводиться відсутність взаємозв'язку між тезою і аргументами.

Гіпотеза дослідження.

Важливим елементом виконання дисертаційного дослідження є висунення гіпотези. Під гіпотезою розуміють наукове припущення, що висувається для пояснення певних явищ і процесів або причин, які їх зумовлюють. Гіпотеза дозволяє дати пояснення ще не з'ясованим явищам та фактам, існуванню певного закономірного зв'язку між ними, причин виникнення тощо.

Гіпотеза передбачає головну ідею дисертації. Вона визначає предмет, мету, завдання дослідження.

Виділяють такі етапи побудови та доведення гіпотези:

1) виявлення явища, яке неможливо обґрунтувати за допомогою відомих науці знань (робоча гіпотеза); збір фактів, котрі б обґрунтовували ймовірність припущення щодо явища, та попередній їх аналіз й осмислення через аналогію, індукцію, дедукцію тощо;

2) формування гіпотези на підставі зібраних фактів (наукова гіпотеза); на основі висунутого наукового припущення відбувається подальше дослідження явища та встановлюється напрям всього дослідження;

3) доведення (розвиток) гіпотези; здійснюється шляхом припущення, що гіпотеза є істинною, в результаті чого дедуктивним методом виокремлюють наслідки чи факти, які є результатом її існування; далі такі наслідки та факти перевіряють на практиці; в залежності від того відповідають вони дійсності чи ні, гіпотеза вважається правильною чи хибною; імовірність гіпотези буде тим вищою, чим більше буде встановлено і перевірено наслідків, виведених з цієї гіпотези;

4) висновок про істинність або хибність висунутої гіпотези. Взаємоузгоджену з науковими фактами гіпотезу називають теорією або законом.

Гіпотеза не може бути надуманою, нелогічною чи суперечити науковим фактам та науковій теорії, в межах яких вона розвивається. Крім того, гіпотеза має узгоджуватися з відомими на час її висунення знаннями.

Виділяють робочу і наукову гіпотези. Формуючи *робочу гіпотезу*, здобувач робить тимчасове припущення, що в подальшому допоможе

побудувати ту чи іншу наукову гіпотезу. Для вирішення поставленого в дисертаційному дослідженні завдання можуть виокремлюватися кілька гіпотез, які обґрунтовують одне і те ж явище. В подальшому обирається одна гіпотеза. Робоча гіпотеза дозволяє перевірити, чи можливе пояснення певного явища, зв'язку тощо. Якщо, висунувши робочу гіпотезу, встановлено неможливість її обґрунтування, таку гіпотезу відкидають і замінюють її іншою робочою гіпотезою. Тому такий вид гіпотези часто зазнає змін в процесі дисертаційного дослідження. Вона уточнюється, доповнюється, повністю перетворюється, відкидається тощо. Оцінивши імовірність явищ і фактів, робоча гіпотеза може в ході подальшого дослідження перетворитися в наукову гіпотезу. Остання часто трансформується в складну систему знань. Наукова гіпотеза пояснює закономірності розвитку явищ природи і суспільства.

Гіпотеза і теза не є тотожними поняттями. Гіпотеза, на відміну від тези, є системою суджень і умовиводів. Крім того, гіпотеза є правдоподібним науковим припущенням, проте недостовірним. Спільною ознакою цих двох понять є те, що вони потребують обґрунтування і доведення.

В процесі виконання дисертаційного дослідження повинна застосовуватись формула «знання - застосування наукових методів - нове знання». Дослідження повинне містити нове вирішення поставленого завдання (в кандидатських дисертаціях) чи проблеми (в докторських дисертаціях). Гіпотеза фактично розцінюється як сполучна ланка між наявними знаннями і знаннями, набутими в результаті дослідження.

3.5. Особливості написання та складові вступу до дисертації

Міністерством освіти і науки України визначено Вимоги до оформлення дисертацій, які затверджено наказом від 12.01.2017 р. № 40 (додаток А). Згідно з даними вимогами у вступі подається загальна характеристика дисертації, а саме:

1) **обґрунтування вибору теми дослідження.** Висвітлюється зв'язок теми дисертації із сучасними дослідженнями у відповідній галузі знань шляхом критичного аналізу з визначенням сутності наукової проблеми або завдання. Під час розкриття даної рубрики в алфавітному порядку зазначається перелік науковців, які займалися вивченням питань, що стосуються теми дослідження. Праці згаданих науковців обов'язково мають бути висвітлені у списку використаних джерел, в іншому випадку піддається сумніву якість огляду літератури і вивчення досліджуваної проблеми. Серед науковців має бути керівник, опоненти, оскільки їх обирають зі списку науковців, що займалися даними проблемами, окремі члени ради, в якій захищатиметься дисертація, що підтверджує наявність у спеціалізованій вченій раді фахівців з теми дисертації.

2) **мета і завдання дослідження.** Мета повинна бути сформульована таким чином, щоб чітко простежувалася ціль дослідження, його результат. Постановка завдань дослідження повинна бути конкретною і орієнтуватися на результати. Кожне завдання має знайти свій розв'язок. В даній рубриці також зазначається предмет та об'єкт дослідження.

3) **методи дослідження.** Перераховуються використані наукові методи

дослідження та змістовно відзначається, що саме досліджувалось кожним методом; обґрунтовується вибір методів, що забезпечують достовірність отриманих результатів та висновків. Правильно обраний метод дослідження забезпечить отримання обґрунтованого результату дослідження. Усі методи поділяють на загальнонаукові та спеціальні. **Загальнонаукові методи** носять загальний, універсальний характер, до них, зокрема, відносять такі методи: спостереження, порівняння, аналогія, моделювання, вимірювання, експеримент, абстрагування, конкретизація, аналіз, синтез, індукція, дедукція, історичний метод, опитування, теоретичного узагальнення, формалізації, статистичні (статистичне зведення, статистичне групування, кореляційно-регресійний аналіз, побудова рядів динаміки, індексний метод) тощо. **Спеціальні методи** - це сукупність способів пізнання, прийомів дослідження, що застосовуються в тій чи іншій науці.

4) **наукова новизна отриманих результатів.** В даній рубриці аргументовано, коротко та чітко представляються основні наукові положення, які виносяться на захист, із зазначенням відмінності одержаних результатів від відомих раніше. Новизна відображається в розрізі таких рубрик: вперше; удосконалено; набули подальшого розвитку.

Наукова новизна не може бути подана у вигляді анотації, коли лише відзначено, що зроблено в дисертації. Зміст положень наукової новизни повинен послідовно відповідати на запитання: що зроблено і яка ступінь його новизни? В чому полягає новизна запропонованого? Що дає запропоноване?

За рівнем отриманих знань виділяють такі рівні новизни: а) нове знання; б) докорінна зміна відомих знань; в) розширення, доповнення відомих знань; г) уточнення, конкретизація відомих даних, поширення відомих знань на нові об'єкти.

5) **особистий внесок здобувача.** Якщо у дисертації використано ідеї або розробки, що належать співавторам, разом з якими здобувачем опубліковано наукові праці, то обов'язково зазначається конкретний особистий внесок здобувача в такі праці або розробки; здобувач має також додати посилання на дисертації співавторів, у яких було використано результати спільних робіт.

б) **апробація матеріалів дисертації.** Зазначаються назва конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи, місце та дата проведення.

7) **структура та обсяг дисертації.** Анонсується структура дисертації, зазначається її загальний обсяг. Для розкриття структури дисертації необхідно подавати інформацію про наявність вступу, певної кількості розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Окрім цього, необхідно зазначити обсяг основного тексту дисертації в сторінках, а також обсяг, що займають рисунки, таблиці, додатки (із зазначенням їх кількості), список використаних джерел (із зазначенням кількості найменувань).

За наявності у вступі можуть також вказуватися:

1) **зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Вказується, в рамках яких програм, тематичних планів, наукових тематик і грантів, зокрема галузевих, державних та/або міжнародних,

виконувалося дисертаційне дослідження, із зазначенням номерів державної реєстрації науково-дослідних робіт і найменуванням організації, де виконувалася робота. Цей зв'язок має бути підтверджений відповідними довідками, виданими науково-дослідними частинами (секторами, інститутами), які функціонують при вищих навчальних закладах, де виконувалась дисертація)

2) **практичне значення отриманих результатів.** Надаються відомості про використання результатів досліджень або рекомендації щодо їх практичного використання.

Відповідно Порядку присудження наукових ступенів до дисертації, що містить науково-прикладні результати, **повинні додаватися документи, що підтверджують практичне використання отриманих здобувачем результатів** - впровадження у виробництво, достатню дослідно-виробничу перевірку, отримання нових кількісних і якісних показників, суттєві переваги запропонованих технологій, зразків продукції, матеріалів тощо, а до дисертації, що містить теоретичні наукові результати, - рекомендації щодо їх використання.

3.6. Робота над розділами дисертації

Кожна галузь знань і спеціальність має свої особливості викладу розділів дисертації.

Зміст розділів повинен чітко відповідати темі дисертації та повністю її розкривати.

Згідно з Вимогами до оформлення дисертацій та авторефератів дисертацій, розроблених раніше діючою Вищою атестаційною комісією України, у першому розділі здобувач, критично висвітлюючи наукові роботи інших науковців, окреслює основні етапи розвитку наукової думки за своєю проблемою та вирізняє ті питання, що залишились невирішеними. Таким чином здобувач визначає своє місце у розв'язанні завдання (проблеми). Загальний обсяг огляду літератури не повинен перевищувати 20 % обсягу основної частини дисертації

У другому розділі обґрунтовується вибір напряму досліджень, викладається загальна методика проведення дисертаційного дослідження, наводяться методи вирішення задач та їх порівняльні оцінки. Описуються основні тенденції, закономірності, методи розрахунків, гіпотези, що розглядаються, принципи дії і характеристики використаних програм та/або апаратних засобів, лабораторних та/або інструментальних методів і методик, оцінки похибок вимірювань та ін.

У наступних розділах описується хід дослідження, умови та основні етапи експериментів, з вичерпною повнотою викладаються результати власних досліджень здобувача, як вони одержані, та в чому полягає їх новизна. Здобувач повинен дати оцінку повноти вирішення поставлених задач, оцінку достовірності одержаних результатів (характеристик, параметрів) та порівняти одержані результати з аналогічними результатами вітчизняних і зарубіжних дослідників, обґрунтувати необхідність додаткових досліджень.

Поділ розділів дисертації на підрозділи, пункти і підпункти повинен бути здійснений за логічними правилами розподілу поняття.

Дисертаційна робота повинна мати внутрішню єдність. Працюючи над окремим пунктом плану, слід постійно бачити його зв'язок із досліджуваною проблемою загалом. І навпаки, досліджуючи широку проблему - вміти розділяти її на частини.

Необхідно уникати пояснень загальновідомих положень.

Думка здобувача в процесі виконання дисертаційного дослідження може змінюватися.

Особливу увагу слід приділити **термінології дослідження.** Застосований поняттєвий апарат має науково обґрунтованим. З цією метою слід проаналізувати визначення понять різними вченими і порівняти з тими, що сформульовані в державних стандартах, енциклопедіях, словниках. При цьому слід врахувати, що в кожній галузі знань існує своя наукова мова. Терміни й поняття у побутовій мові часто не відповідають їх науковому тлумаченню.

При написанні основного тексту дисертації слід суворо дотримуватися теми та головних принципів, зокрема лаконічності, грамотності, аргументованості.

Відповідно до п. 9 Порядку присудження наукових ступенів дисертація виконується з галузі науки та за науковою спеціальністю відповідно до переліку, який затверджує МОН, і **повинна відповідати паспорту наукової спеціальності, затвердженому МОН.**

3.7. Висновки до дисертації та взаємозв'язок «завдання-наукова новизна - висновки»

Процес дослідження повинен мати завершення у вигляді конкретного наукового результату, зокрема висновків. У дисертації виділяють кілька типів висновків:

1) кожен підрозділ має завершуватись узагальненням, що характеризує результати представлені у даному підрозділі та вказує наступні кроки дослідження;

2) висновки формують у кінці кожного розділу, що дає змогу звільнити загальні висновки від другорядної інформації. При цьому беруть до уваги прикінцеві узагальнення кожного підрозділу в межах розділу. У висновках до розділів наводять номери публікацій здобувача у списку використаних джерел, в яких ним опубліковано відповідні наукові результати, що описані в розділі;

3) загальні висновки, які відображаються за логікою розкриття їх в дисертації і повинні відповідати поставленій меті.

Відповідно до Вимог до оформлення дисертації, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40:

1. У висновках викладаються найбільш важливі наукові та практичні результати дисертації, вказуються наукові проблеми, для розв'язання яких можуть бути застосовані результати дослідження, а також можливі напрями продовження досліджень за тематикою дисертації.

2. За наявності практичного значення отриманих результатів надаються відомості про використання результатів досліджень або рекомендації щодо їх

використання. У разі якщо результати досліджень впроваджено, відомості подаються із зазначенням найменувань організацій, в яких здійснено впровадження.

Загальні висновки складає стисла інформація про підсумки виконаної роботи. Вони починаються з формулювання наукової проблеми, за вирішення якої дисертант претендує на присудження наукового ступеня.

Загальні висновки слід починати наступним чином: **«У дисертації наведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання (наукової проблеми), що полягає в ...»**. Це речення повинно бути тісно пов'язане з назвою, метою дисертаційного дослідження й основними науковими положеннями, що захищаються.

Після формулювання вирішеної наукової проблеми у висновках викладають головні наукові та практичні результати роботи. Вони мають бути тісно пов'язаними з науковими і прикладними положеннями, викладеними в загальній характеристиці роботи. Кожен науковий і прикладний висновок роботи треба формулювати чітко і конкретно (однозначно).

Висновки мають бути авторськими, тут не може бути цитування.

Стиль написання висновків відрізняється від стилю новизни. Висновок являє собою короткий огляд результатів, отриманих в процесі дисертаційного дослідження. Не слід у висновках використовувати слова «запропоновано», «доведено», «розкрито», «удосконалено» і т. д., які притаманні новизні і анотації. Тут треба чітко формулювати результат як очевидний факт: інвестицій - це...; фінансові інвестиції треба поділяти за такими-то критеріями і т. д.

Кожен пункт висновків нумерується. Кількість висновків не повинна бути меншою від кількості поставлених завдань. Загальний обсяг висновків повинен бути в межах 3,5 - 4,5 сторінки (2-3 стор. Автореферату).

Завдання дослідження і загальні висновки повинні максимально узгоджуватися між собою, причому не кількісно, а змістовно. Кожне з поставлених завдань повинне знайти своє розв'язання, підтверджене відповідним конкретним науковим висновком. Аналогічно поставленим завданням має відповідати і наукова новизна отриманих результатів. Таким чином, у дисертації має прослідковуватися логічний взаємозв'язок: вирішення поставленого завдання має бути відображене в науковій новизні та розкриті у висновках.

3.8. Мова та стиль викладу матеріалу

Мові і стилю викладу матеріалів дисертаційного дослідження слід приділяти дуже серйозну увагу. Про якість використання наукової мови і стиль дисертації вказують рецензенти, експерти, опоненти, спеціалізована вчена рада у своїх висновках та відгуках.

Дисертаційна робота має бути написана діловою українською мовою з науковим стилем викладення її змісту. Вона має характеризуватися цілісною, змістовною завершеністю, логічною послідовністю розглянутих питань, чіткістю, ясністю та достовірністю викладення матеріалів дослідження.

Існують такі стилі мови: науковий, публіцистичний, офіційно діловий, літературно-художній, розмовний.

Різновидами наукового стилю є: власне науковий, науково-популярний, науково-навчальний. Науковий виклад матеріалів складається головним чином із відомостей, фактів, тез і аргументів, метою яких є доведення істини.

Найважливішим засобом вираження логічних зв'язків в науковій мові є спеціальні **функціонально-синтаксичні засоби**, що вказують на:

- послідовність розвитку думки (спочатку, насамперед, потім, по-перше, по-друге, отже, і т.ін.),

- заперечення (проте, тимчасом, але, тоді як, однак, аж ніяк), причинно-наслідкові відношення (таким чином, тому, завдяки цьому, відповідно до цього, внаслідок цього, крім того, до того ж),

- перехід від однієї думки до іншої (раніше ніж перейти до..., звернімося до., розглянемо, зупинимось на., розглянувши., перейдемо до., треба зупинитися на., варто розглянути.),

- результат, висновок (отже, значить, як висновок, на закінчення зазначимо, все сказане дає змогу зробити висновок, підсумовуючи, слід сказати.).

Їх використання сприяє удосконаленню рубрикації тексту.

Емоційні мовні елементи в дисертаціях не використовують.

При викладенні матеріалів дисертаційного дослідження слід використовувати **спеціальну термінологію**.

Обов'язковою вимогою об'єктивності викладу матеріалу дисертації є зазначення джерела повідомлення, що реалізовується за допомогою спеціальних вставних слів і словосполучень («**за повідомленням...**», «**за даними...**», «**на думку...**», «**на нашу думку**» і т.ін.).

Стиль наукової мови - це безособовий монолог, який ведеться від третьої особи.

Нині стало неписаним правилом у дисертації замість «я» використовувати «ми», що дає змогу відобразити власну думку як думку певної наукової школи. Проте не слід нагромаджувати текст цим займенником. Тому часто використовують звороти, що виключають наявність цього займенника.

3.9. Авторське виконання дисертації і плагіат

Дисертація обов'язково повинна бути самостійно виконаним науковим дослідженням, всі наукові результати, викладені в дисертації мають бути отримані автором особисто.

Згідно з Вимогами до оформлення дисертацій, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40, у разі використання наукових результатів, ідей, публікацій та інших матеріалів інших авторів у тексті дисертації обов'язково повинні бути посилання на публікації цих авторів. Фрагменти оприлюднених (опублікованих) текстів інших авторів (цитати) можуть включатися до дисертації виключно із посиланням на джерело (крім фрагментів, які не несуть самостійного змістовного навантаження).

Відповідно до Закону України «Про авторське право і суміжні права»

цитата - порівняно короткий уривок з літературного, наукового чи будь-якого іншого опублікованого твору, який використовується, з обов'язковим посиланням на його автора і джерела цитування, іншою особою у своєму творі з метою зробити зрозумілишими свої твердження або для посилання на погляди іншого автора в автентичному формулюванні.

Цитати є обов'язковою частиною дисертації. Вони використовуються для того, щоб без перекручень передати думку автора першоджерела.

При скороченні цитати слід слідкувати за тим, щоб не втратився першопочатковий її зміст і позиція науковця.

Плагіат - оприлюднення (опублікування), повністю або частково, чужого твору під іменем особи, яка не є автором цього твору.

Академічний плагіат - оприлюдненню (частково або повністю) наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворенню опублікованих текстів інших авторів без відповідного посилання.

Згідно з п. 12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії

1) **здобувач засвідчує власним підписом на титульній сторінці дисертації, що подані до захисту наукові досягнення є його власним напрацюванням і всі запозичені ідеї, наукові результати, цитати супроводжуються належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування;**

2) виявлення радою порушення академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) **в дисертації та/або наукових публікаціях**, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, є підставою для відмови у присудженні ступеня доктора філософії без права її повторного захисту.

Відповідно до п.14 Порядку присудження наукових ступенів:

1. У разі виявлення текстових запозичень, використання ідей, наукових результатів і матеріалів інших авторів без посилання на джерело дисертація знімається з розгляду незалежно від стадії проходження без права її повторного захисту.

2. Виявлення в дисертації, авторів якої вже видано диплом доктора чи кандидата наук, текстових запозичень без посилання на джерело, є підставою для прийняття рішення про позбавлення його наукового ступеня.

Відповідно до ст. 6 Закону України «Про вищу освіту»:

1. До захисту допускаються дисертації (наукові доповіді), виконані здобувачем наукового ступеня самостійно. Виявлення в поданій до захисту дисертації (науковій доповіді) академічного плагіату є підставою для відмови у присудженні відповідного наукового ступеня.

2. Виявлення академічного плагіату у захищеній дисертації (науковій доповіді) є підставою для скасування рішення спеціалізованої вченої ради про присудження наукового ступеня та видачу відповідного диплома. Якщо дисертація (наукова доповідь), в якій виявлено академічний плагіат, була

захищена у постійно діючій спеціалізованій вченій раді, науковий керівник (консультант), офіційні опоненти, які надали позитивні висновки про наукову роботу, та голова відповідної спеціалізованої вченої ради позбавляються права брати участь у роботі спеціалізованих вчених рад строком на два роки, а вищий навчальний заклад (наукова установа) позбавляється акредитації відповідної постійно діючої спеціалізованої вченої ради та права створювати разові спеціалізовані вчені ради строком на один рік. Якщо дисертація (наукова доповідь), в якій виявлено академічний плагіат, була захищена у разовій спеціалізованій вченій раді, науковий керівник, члени цієї ради та офіційні опоненти, які надали позитивні висновки про наукову роботу, позбавляються права брати участь у роботі спеціалізованих вчених рад строком на два роки, а вищий навчальний заклад (наукова установа) позбавляється права створювати разові спеціалізовані вчені ради строком на один рік.

3. Скасування рішення спеціалізованої вченої ради про присудження наукового ступеня у разі виявлення академічного плагіату здійснюється Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти за поданням Комітету з питань етики у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України, та може бути оскаржене відповідно до законодавства.

Відповідно до ст. 32 Закону України «Про вищу освіту»: заклади вищої освіти зобов'язані, зокрема, вживати заходів, у тому числі шляхом запровадження відповідних новітніх технологій, щодо запобігання та виявлення академічного плагіату в наукових роботах наукових, науково-педагогічних, педагогічних, інших працівників і здобувачів вищої освіти та притягнення їх до дисциплінарної відповідальності.

Контрольні запитання

1. Які є способи спростування тези?
2. Назвіть складові вступу дисертації.
3. Яка інформація відображається у вступі дисертації в рубриці «практичне значення отриманих результатів».
4. Назвіть основні вимоги до розкриття результатів дослідження у розділах дисертації.
5. Суть взаємозв'язку «завдання - наукова новизна - висновки».
6. Дайте характеристику мові та стилю викладу тексту дисертації.
7. Що таке плагіат?
8. Якими є наслідки виявлення текстових запозичень, використання ідей, наукових результатів і матеріалів інших авторів без посилання на джерело у дисертації?

Тести

1. Логічний процес, що полягає у поясненні достовірності судження дослідника за допомогою інших суджень називається:

- а) цитуванням;
- б) тезуванням;
- в) аргументуванням;

г) переконанням.

2. Дія, при якій науковець, сформулювавши тезу, поступово переходить до іншої тези називається:

- а) втрата тези;
- б) доведення тези;
- в) часткова підміна тези;
- г) пом'якшення тези.

3. На початку статті науковець заявив про недоцільність впливу держави на ціни щодо товарів першої необхідності. В подальшому дослідник доводить необхідність контролю з боку держави за ціною політикою підприємств, що виготовляють ці товари. Така дія називається:

- а) побудова основної тези;
- б) часткова підміна тези;
- в) спростування тези;
- г) повна підміна тези.

4. Основними вимогами до аргументів, висунутих для доведення тези, є:

- а) аргументи не повинні суперечити один одному;
- б) аргументи не повинні бути сумнівними;
- в) аргументи повинні бути взаємозалежними;
- г) аргументи повинні бути доведеними незалежно від тези;
- д) хоча б половина аргументів повинна бути незаперечною;
- е) аргументи в своїй сукупності повинні бути такими, щоб з них виходила доказова теза.

5. Способами спростування тези є:

- а) критика тези;
- б) критика аргументів;
- в) критика демонстрацій ;
- г) все вищеперелічене.

6. Виберіть з перелічених рубрик ті, які повинні відображатись у вступі дисертації:

- а) обґрунтування вибору теми дослідження;
- б) актуальність теми;
- в) зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами;
- г) мета і завдання дослідження;
- д) методи дослідження;
- е) стиль викладу матеріалів дослідження
- є) перелік публікацій;
- ж) наукова новизна отриманих результатів;
- з) практичне значення отриманих результатів;
- и) теоретичне значення отриманих результатів;
- і) особистий внесок здобувача;
- ї) інформація про відсутність плагиату;
- й) апробація матеріалів дисертації;
- к) структура та обсяг дисертації;

л) анотація;

7. У рубриці «апробація матеріалів дисертації» у вступі до дисертації зазначають:

а) назви конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи, місце та дата проведення;

б) назви конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи, місце, час та дати проведення;

в) перелік публікацій загалом та перелік публікацій апробаційного характеру;

г) перелік публікацій апробаційного характеру та перелік публікацій, що додатково відображають результати дослідження.

8. У науковій новизні отриманих результатів зазначаються:

а) аргументовано, коротко та чітко основні наукові положення, які виносяться на захист;

б) в рамках яких програм, тематичних планів, наукових тематик і грантів, зокрема галузевих, державних та/або міжнародних, виконувалося дисертаційне дослідження

в) відмінності одержаних результатів від відомих раніше;

г) конкретний особистий внесок здобувача в праці або розробки, що виконані у співавторстві.

9. Реченням «У дисертації наведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання (наукової проблеми), що полягає в .», як правило, починаються:

а) наукова новизна;

б) перший розділ дисертації;

в) анотація;

г) висновки.

10. Загальний обсяг огляду літератури у дисертації не повинен перевищувати . % обсягу основної частини дисертації:

а) 10;

б) 15;

в) 20;

г) 25.

11. Характеристиками дисертації є:

а) дисертація повинна мати внутрішню єдність;

б) логічна послідовність дисертації тісно пов'язана із завданнями дослідження;

в) необхідно уникати пояснень загальновідомих положень;

г) більшість пунктів наукової новизни має бути детально описано і аргументовано в основному тексті дисертації;

д) текст дисертації повинен характеризуватись лаконічністю, грамотністю, аргументованістю;

е) основний текст дисертації може бути поділений на розділи та підрозділи; подальше ділення на пункти і підпункти надто деталізує текст, тому забороняється.

12. Послідовний, логічний, чіткий виклад найбільш важливих наукових та практичних результатів дисертації - це:

- а) висновки;
- б) наукова новизна;
- в) анотація;
- г) апробація.

13. Що з нижченаведеного може подаватись у висновках до дисертації:

- а) апробація матеріалів дисертації;
- б) особистий внесок здобувача;
- в) практичне значення отриманих результатів у вигляді відомостей про використання результатів досліджень або рекомендації щодо їх використання;
- г) перелік загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, що забезпечили досягнення мети дисертаційного дослідження.

14. У пункті наукової новизни «методи дослідження» .

- а) перераховуються методи дослідження, що використовувались для досягнення поставленої в дисертації мети;
- б) перераховуються використані в дисертації наукові методи дослідження, з розподілом їх на загальнонаукові та спеціальні;
- в) перераховуються використані в дисертації наукові методи дослідження та відзначається, що саме досліджувалось кожним методом;
- г) коротко перераховуються пункти наукової новизни та відзначається щодо кожного пункту, що саме досліджувалось кожним методом.

15. Цитування у висновках:

- а) не допускається;
- б) допускається, але не більше 20 % загального тексту висновків;
- в) допускається, але з обов'язковим посиланням на джерело;
- г) допускається в будь-яких обсягах.

16. Підтвердженням практичного значення отриманих результатів дослідження можуть бути:

- а) наукові праці у фахових наукових виданнях;
- б) публікації апробаційного характеру;
- в) довідки про впровадження у навчальному процесі закладів освіти;
- г) довідки про впровадження результатів дослідження на практиці;
- д) довідки, що підтверджують виступ здобувача на конференції, конгресі, симпозіумі, семінарі;
- е) довідки, що підтверджують участі в розробленні державних і регіональних програм розвитку.

17. Дисертаційна робота повинна бути написана . мовним стилем.

- а) науковим;
- б) розмовним;
- в) офіційно-діловим;
- г) публіцистичним.

18. Які з тверджень є вірними?

- а) в дисертаціях використовують емоційні мовні елементи;

- б) для утворення найвищого ступеня у дисертаціях найчастіше використовують слова «найбільш», «найменш»;
- в) у науковій мові поширені вказівні займенники «цей», «той», «такий»;
- г) в дисертаціях часто використовуються похідні прийменники «протягом», «відповідно до...», «внаслідок», «на відміну від...», «поряд з...»;
- д) у науковому тексті частіше зустрічаються складносурядні, ніж складнопідрядні;
- е) у дисертації замість «я» використовувати «ми».

19. Порівняно короткий уривок з літературного, наукового чи будь-якого іншого опублікованого твору, який використовується, з обов'язковим посиланням на його автора і джерела цитування, іншою особою у своєму творі з метою зробити зрозумілишими свої твердження або для посилання на погляди іншого автора в автентичному формулюванні - це ...

- а) цитата;
- б) плагіат;
- в) теза;
- г) аргумент.

20. Оприлюднення (опублікування), повністю або частково, чужого твору під іменем особи, яка не є автором цього твору - це ...

- а) цитата;
- б) плагіат;
- в) теза;
- г) аргумент.

21. Забороняється вносити зміни до тексту дисертації після ...

- а) видачі здобувачеві висновку про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації;
- б) надходження відгуків опонентів у спеціалізовану вчену раду;
- в) подання здобувачем до спеціалізованої вченої ради повного пакету документів;
- г) проходження експертизи на плагіат.

22. У разі виявлення академічного плагіату у захищеній дисертації:

- а) відбувається скасування рішення ради про присудження наукового ступеня;
- б) дисертант зобов'язаний усунути виявлений плагіат протягом одного року;
- в) дисертанту висувається попередження щодо недопущення в подальших наукових працях академічного плагіату;
- г) відкривається кримінальна справа щодо порушення авторського права.