

КОЦ І. В.

**МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КОЦ І. В.

**МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для студентів спеціальностей 192, 144 та інш.

ЗМІСТ		
		Стор
	Вступ.....	6
1.	Методологічні основи наукових досліджень.....	7
1.1.	Завдання вивчення дисципліни.....	7
1.2.	Організація науково-дослідної роботи в державі.....	9
1.3.	Особливості організації наукових досліджень в інших країнах.....	10
2.	Підготовка наукових кадрів.....	12
2.1.	Підготовка наукових кадрів у вищих навчальних закладах.....	12
2.2.	Науково-дослідна робота студентів.....	14
3.	Методологічні основи наукової роботи.....	15
3.1.	Поняття наукового знання.....	15
3.2.	Методи теоретичних та емпіричних досліджень.....	18
3.3.	Елементи теорії та методології науково-технічної творчості	20
4.	Вибір напрямку наукових досліджень.....	23
4.1.	Поняття науково-дослідницької роботи.....	23
4.2.	Оцінка економічної ефективності теми.....	25
4.3.	Етапи науково-дослідної роботи.....	25
5.	Пошук, накопичення та обробка наукової інформації.....	27
5.1.	Інформатика, як наука.....	27
5.2.	Наукові документи та видання.....	27
5.3.	Інформаційно-пошукові системи.....	29
5.4.	Науково-технічна патентна інформація.....	29
5.5.	Організація роботи з науковою літературою.....	31
6.	Теоретичні дослідження.	33
6.1.	Завдання та методи теоретичного дослідження.....	33
6.2.	Використання математичних методів в дослідженнях.....	35
6.3.	Аналітичні методи.....	38
6.4.	Імовірно-статистичні методи	40
7.	Моделювання в науковій та технічній творчості.....	41
7.1.	Подібність та моделювання в наукових дослідженнях.....	41
7.2.	Види моделей.....	43
7.3.	Організація та обробка результатів експерименту.....	44
7.4.	Фізична подібність в моделюванні.....	44
7.5.	Аналітична подібність в моделюванні.....	45
7.6.	Математична цифрова подібність та моделювання.....	45
8.	Застосування ПК в наукових дослідженнях.....	46
8.1.	Персональні комп'ютери.....	46
8.2.	Програмне забезпечення ПК.....	47
8.3.	Автоматизація систем наукових досліджень.....	48
9.	Експериментальні дослідження.....	48
9.1.	Класифікація, типи та задачі експерименту.....	48

9.2.	Метрологічне забезпечення експериментальних досліджень	52
9.3.	Робоче місце експериментатора та його організація.....	54
9.4.	Вплив психологічних факторів на хід і якість експерименту.....	55
9.5.	Обчислювальний експеримент.....	56
10.	Обробка результатів експериментальних досліджень	57
10.1	Основи теорії випадкових похибок та методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях.....	57
10.2	Методи графічної обробки результатів вимірювання.....	59
10.3.	Метод підбору емпіричних формул.....	60
10.4.	Регресивний аналіз.....	61
10.5.	Оцінка адекватності теоретичних рішень.....	62
10.6	Елементи теорії планування експерименту.....	62
11.	Оформлення результатів наукової роботи та передавання інформації	63
11.1	Оформлення результатів наукової роботи.....	63
11.2.	Оформлення заявки на передбачуваний винахід.....	65
11.3.	Усне представлення інформації.....	67
12.	Впровадження та ефективність наукових досліджень.....	68
12.1.	Державна система впровадження.....	68
12.2.	Ефективність та критерії наукової роботи.....	70
12.3.	Організація роботи в науковому колективі. Основні принципи керування науковим колективом.....	71
12.4.	Ділове листування.....	72
12.5.	Організація ділових нарад.....	73
12.6.	Формування та методи об'єднання колективів.....	73
12.7.	Психологічні аспекти взаємовідносин керівника та підлеглих.....	74
12.8.	Управління конфліктами в колективі.....	74
12.9.	Наукова організація та гігієна розумової праці.....	75
12.10.	Моральна відповідальність вченого.....	77

Вступ

Конспект лекцій призначений для студентів спеціальностей 192, 144 та інш.

Робоча програма з дисципліни передбачає 27 годин лекцій.

Основними розділами конспекту лекцій є:

- організація науково-дослідної роботи в державі;
- підготовка кадрів;
- методологічні основи науково-дослідної роботи;
- пошук, накопичення та обробка наукової інформації;
- теоретичні дослідження та моделювання;
- застосування ПК в наукових дослідженнях;
- обробка результатів експериментальних досліджень;
- оформлення результатів науково-дослідної роботи;
- організація роботи в науковому колективі.

1. Методологічні основи наукових досліджень

1.1. Завдання вивчення дисципліни

Поглиблене ознайомлення студентів з основами проведення наукових досліджень та оформлення їх результатів у наукових установах, відділах, лабораторіях, у тому числі, у вищих наукових закладах, а також засвоєння знань про методологію, принципи та методи оформлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень є надзвичайно важливим і необхідним.

Зміст дисципліни. При вивченні дисципліни передбачені наступні розділи:

1. Організація НДР в державі.
2. Підготовка наукових кадрів.
3. Науково – дослідна робота студентів.
4. Методологічні основи наукової роботи.
5. Вибір напрямку та етапи НДР.
6. Пошук, накопичення та етапи НДР.
7. Теоретичні дослідження.
8. Моделювання.
9. Застосування ПК в наукових дослідженнях.
10. Експериментальні дослідження.
11. Обробка результатів експериментальних досліджень.
12. Оформлення результатів наукової роботи.
13. Організація роботи в науковому колективі.

Обсяг вивчення дисципліни: 30 годин лекцій, комплексна контрольна робота, диференційований залік.

Основні положення: методологія, наука, класифікація наук, суть технічних наук.

Методологія – сукупність прийомів дослідження, що їх застосовують у будь-якій науці відповідно до об'єкта її пізнання. Методологія – це система принципів і засобів організації та побудови теоретичної та практичної діяльності. Кожна конкретна наука використовує свою методологію і спеціальні методи. Метод – це сукупність прийомів та організацій практичного та теоретичного засвоєння дійсності.

Наука – сфера дослідницької діяльності, скерована на одержання нових знань про природу, суспільство, мислення тощо. В цілому, наука – це одна з форм суспільної свідомості, яка дає об'єктивну картину світу, система знань та законів розвитку природи та суспільства.

Соціальні функції науки змінювались та розвивались протягом історії людства. Виділяють три групи соціальних функцій науки:

- культурно – світоглядну;
- функцію науки, як безпосередньої виробничої сили;
- функцію науки, як соціальної сили.

На сьогоднішній день наука стала спеціальним видом занять особливої (окремої) групи людей.

Класифікація наук. Класифікація – розподіл предметів за спільними ознаками з утворенням певної системи класів даної сукупності предметів. Класифікація фіксує закономірні зв'язки між класами об'єктів, визначає їх місце і основні властивості в цілісній системі, служить засобом збереження і пошуку інформації. За характером своєї спрямованості та безпосереднього відношення до суспільної практики, науки підрозділяються на функціональні та прикладні.

Фундаментальні науки мають на меті пізнання матеріальних основ і об'єктивних законів руху і розвитку природи, суспільства і мислення як таких, що не мають можливо практичного застосування. У зв'язку з цим фундаментальні науки часто називають "чистими" науками.

Безпосередні задачі прикладних наук полягають у розробці на базі досягнень фундаментальних наук не лише конкретних пізнавальних, але і прикладних проблем. Тому показником ефективності результатів дослідження в галузі прикладних наук служить не тільки одержання істини, але і їх безпосереднє практичне значення.

На стику прикладних наук і практики виникає спеціальна область дослідження, яка має назву практичних розробок, у процесі яких результати прикладних наук реалізуються у вигляді технологічних процесів, конструкцій, промислових матеріалів тощо.

Загальна класифікація сучасних наук встановлює взаємозв'язок між трьома головними розділами наукового знання: природознавством, суспільними (соціальними) науками і філософією. Кожен з розділів утворює цілу систему наук.

Технічні науки є складовою частиною природничих наук. Технічні науки – це система знань про цілеспрямоване перетворення природничих тіл і процесів в технічні об'єкти, про методи конструктивно–технічної діяльності, а також про способи функціонування технічних об'єктів в системі суспільного виробництва.

Технічна політика, політика в галузі науки. Технічна політика визначає тенденції технічного прогресу. Державна політика в галузі науки спрямована на створення умов, що забезпечують прискорення у досягненні економічних, соціальних та духовних цілей.

Для забезпечення наукових досліджень потрібні фінансування та матеріальне забезпечення. На все грошей не вистачить, тому формуються пріоритетні напрямки. Такими напрямками на сьогоднішній день в Україні є:

1. Фундаментальні дослідження найважливіших проблем природних, суспільних і гуманітарних наук.
2. Проблеми демографічної політики розвитку людського потенціалу та формування громадського суспільства.
3. Збереження навколишнього середовища (довкілля) та сталий розвиток (екологія).
4. Новітні біотехнології, діагностика і методи лікування найпоширеніших захворювань.
5. Нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства.

6. Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі.

7. Нові речовини та матеріали.

Важливим елементом державної політики у галузі науки є також підготовка та вдосконалення наукових кадрів. До цієї підготовки залучені численні вищі навчальні заклади України, а також науково-дослідні інститути при Академії наук України.

1.2. Організація науково-дослідної роботи в державі.

Державні органи, які займаються організацією наукових досліджень. Державне керівництво організацією і розвитком наукових досліджень здійснюється Верховною Радою. З депутатів Верховної Ради формуються спеціалізовані комісії, які здійснюють контроль та визначають оцінку результатів НДР, які виконуються в рамках тих чи інших міністерств та комітетів.

Кабінет міністрів України здійснює загальне керівництво науковими дослідженнями в країні, забезпечує єдину політику в галузі науки та техніки, організовує розробку прогнозів, визначає основні напрямки та програми робіт з вирішення важливих наукових та науково-технічних проблем, організовує конкретні заходи, направлені на підвищення ефективності наукових досліджень та використання в народному господарстві результатів наукових досліджень. Керівництво науковою роботою в вищих учбових закладах здійснює Міністерство освіти і науки України.

Керівництво розвитком наукових досліджень здійснюється через державні комітети, на які покладені міжгалузеві функції забезпечення науково-технічного прогресу. Їм надано право створювати міжвідомчі нормативні акти, контролювати хід та результати їх виконання.

Одним з найважливіших комітетів є Держстандарт, який в Київському національному університеті будівництва та архітектури представлений відділом метрології, стандартизації і сертифікації. Цей комітет забезпечує єдину технічну політику в області стандартизації та метрології з метою забезпечення прискорення науково-технічного прогресу, підвищення якості продукції. Цей комітет організовує розробку стандартів та контроль за їх виконанням у всіх галузях народного господарства.

Загальне керівництво винахідницькою роботою в країні здійснює патентне відомство, яке в нашому університеті представляє патентний відділ. Цьому відомству надано право видавати охоронні документи (патенти) на винаходи, а також товарні знаки. Це відомство захищає за кордоном інтереси в області правової охорони, приймає участь в патентуванні винаходів за кордоном.

Вищим науковим органом країни є Академія наук, яка здійснює фундаментальні дослідження в галузі суспільних та природничих наук, а також координує ці дослідження у всіх наукових організаціях та вищих учбових закладах країни. Академія наук підпорядкована безпосередньо Кабінету Міністрів.

Академії наук підпорядковано ряд науково-дослідних інститутів (ФМІ, ІМФ, тощо), які виконують дослідження з важливих напрямків фундаментальних наук, які безпосередньо впливають на стан науково-технічного прогресу.

В деяких галузях науки в рамках відповідних міністерств створено галузеві академії: академія медичних наук, академія педагогічних наук, академія сільськогосподарських наук, академія інженерних наук тощо. Значний обсяг наукових досліджень виконується у вузах. В галузі наукових досліджень на Міністерство освіти і науки України покладено завдання найбільш повного використання наукового потенціалу вузів для вирішення актуальних для країни наукових та науково-технічних проблем. Для використання досліджень залучають професорсько-викладацький склад вузів. При цьому виконання наукових досліджень включається в індивідуальний план кожного викладача.

В окремих вузах, які забезпечують високу ефективність досліджень, організовують проблемні науково-дослідні лабораторії і навіть цілі науково-дослідні інститути. На кафедрах, в лабораторіях та НДІ виконуються в основному фундаментальні та пошукові НДР. Часто виконують також в межах додаткової оплати дослідження на базі госпдоговірних робіт. Для виконання цих робіт часто залучаються додаткові штатні співробітники. Для організації науково-дослідних робіт в вузах створюються науково-дослідні частини НДЧ, які координують ці роботи.

Ефективність досліджень, які проводяться в вузах, обумовлена наявністю в них спеціалістів різного профілю, що дозволяє створювати тимчасові мобільні колективи для виконання тих чи інших завдань.. Концентрація наукових досліджень на кафедрах під керівництвом висококваліфікованих спеціалістів з одночасною підготовкою спеціалістів через аспірантуру створює сприятливі умови для формування в вузах наукових шкіл, які мають високий авторитет у відповідних галузях народного господарства.

1.3. Особливості організації наукових досліджень в інших країнах.

Розглянемо організацію наукових досліджень на прикладі США. Загальну координаційну роль розвитку науки в США виконує Президент країни. Конгрес США складається з двох палат: палати представників та сенаторів. Обидві палати окремо або спільно формують комісії. Такими комісіями є:

- комісія палати представників з питань науки і техніки;
- комісія сенату з питань енергетичних і природних ресурсів;
- комісія сенату з питань охорони оточуючого середовища та громадських робіт;
- комісія сенату з питань сільського господарства, продовольчого харчування, лісоводства;
- комісія сенату з питань торгівлі, науки та транспорту.

Окремо діють консультативні організації конгресу, наприклад, відділ дослідження наукової політики при Бібліотеці конгресу.

Майже всі федеральні відомства фінансують науку:

- для вирішення поставлених ними задач;
- для сумування наукових досліджень в широкому сенсі.

Найбільше фінансування на наукові дослідження виділяють:

- міністерство оборони;
- Національне управління з аеронавтики і досліджень космічного простору (NASA);
- міністерство енергетики;
- міністерство охорони здоров'я, освіти і соціального забезпечення;
- національний науковий фонд (NSF).

(Більш детально з організацією наукових досліджень в США можна познайомитися в книзі Гаврилов А.А., Денисенко В.С. Государственные научные исследования США в 70-е годы. Из-во Наука, 1991, 302 с.).

Механізм фінансування науки в США наступний:

1. Міністри щорічно подають президентові фінансові заявки (міністри звітні лише перед президентом).
2. Проект державного бюджету з Білого дому поступає в конгрес.
3. Після обговорення проекту в конгресі проходить його затвердження шляхом голосування.
4. Президент затверджує законопроект.
5. Міністр після консультацій з вченими конкретизує область вкладення коштів.
6. Складається програма, визначається вартість, укладаються контракти на виконання НДР.
7. По кожному контракту – відповідальний, на його ім'я відкривається банківський рахунок, він сам підбирає кадри і встановлює розмір зарплати.
8. Він же подає щорічно короткий звіт, який є основою для подальшого фінансування.

Координація робіт між окремими відомствами здійснюється консультативними комітетами шляхом укладення угод про співробітництво, а також національним бюро стандартів. Національний науковий фонд не має власних наукових підрозділів. Основне його завдання – розподіл фінансових ресурсів. Тільки національний науковий фонд має завдання заохочення фундаментальних досліджень. Розподіл ресурсів здійснюється на основі науково-технічної експертизи, до якої залучають позаштатних працівників. Таким чином, формуються програми, в рамках яких виконуються окремі проекти.

Національна академія наук США є найавторитетніша наукова організація, яка об'єднує видатних вчених та інженерів, як почесне добровільне товариство. Вона не є федеральним відомством, але є офіційним консультантом уряду. Академія не має власної дослідницької бази. Основна діяльність академії: підготовка академічних наукових доповідей, підготовка експертних висновків, наукові рекомендації, консультації державних приватних організацій. Структура академії – постійна і тимчасова при створенні цільових наукових комітетів та робочих груп. Як правило, робота в академії – безоплатна почесна справа.

Хто виконує НДР в США ?:

- власні науково-дослідні організації державних відомств – 25%;
- науково-дослідні організації промислових комітетів – 50%;
- університети, коледжі – 25%
- безприбуткові організації (в т.ч 2-3 особи)
(Apple computer – початок роботи).

Структура фінансування НДР в США ще в 1976 р.

	Млрд. \$	%	Кадри тис. осіб
Всі НДДКР	~38	100	501
Фундаментальні дослідження	5	13	58
Прикладні дослідження	9	24	91
Розробки	24	63	352

2. ПІДГОТОВКА НАУКОВИХ КАДРІВ

2.1. Підготовка наукових кадрів у вищих навчальних закладах

В Україні велика увага приділяється підготовці наукових та науково-педагогічних кадрів. Першою ланкою підготовки наукових кадрів у ЗВО є магістратура. Магістратура передбачена у ЗВО вищої категорії на 5 курсі навчання практично з усіх спеціальностей. До магістратури зараховуються студенти з найвищим рейтингом навчання за попередні чотири роки навчання. Магістри виконують при завершенні навчання магістерську кваліфікаційну роботу.

Магістерська робота є кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто у вигляді спеціально підготовленого рукопису або серії опублікованих одноосібно або в співпраці з науковим керівником теоретичних або експериментальних матеріалів (в тому числі у фахових наукових виданнях України та інших країн), яка характеризується єдністю змісту і свідчить про можливість вирішення магістром конкретних наукових завдань. Під час навчання в магістратурі магістри виконують також наукові роботи у вигляді курсових робіт та проектів.

Аспірантура. Аспірантура відкривається при ЗВО, які мають висококваліфікованих вчених, здатних забезпечити керівництво аспірантами. Підготовка кадрів через аспірантуру здійснюється за спеціальностями наукових співробітників, номенклатура яких розроблена і затверджена у відповідності з планами відповідних міністерств та відомств. Навчання в аспірантурі організовується з відривом від виробництва (очна) і без відриву від виробництва (заочна) – з терміном навчання 4 роки. В очну аспірантуру приймаються спеціалісти у віці до 35 років, а в заочну – до 45 років. Для вступу в очну аспірантуру необхідно мати двохрічний стаж роботи після закінчення ЗВО або відразу після закінчення ЗВО на основі рекомендацій, які видаються молодим спеціалістам, що найбільш успішно закінчили заклад і проявили нахил до науково-дослідної роботи ще під час навчання.

Для вступу в аспірантуру необхідно здати вступні іспити. В процесі навчання у відповідності з затвердженим навчальним планом аспіранти здають іспити, відповідно до програми навчання. До терміну закінчення аспірантури аспірант зобов'язаний здати всі плановані іспити і представити в спецраду кваліфікаційну роботу - дисертацію.

У тих випадках, коли необхідно підготувати наукового працівника певного профілю, організації можуть направити свого представника, в так звану, цільову аспірантуру, після закінчення якої він обов'язково повинен повернутися на роботу в організацію, яка його направила.

Спеціалісти можуть працювати над дисертацією поза аспірантурою на правах здобувача. Здобувачами вченого ступеня доктора філософських наук можуть бути спеціалісти, які мають вищу освіту, досвід роботи по спеціальності і поєднують виробничу, наукову або педагогічну діяльність з роботою над дисертацією.

Дисертація захищається в спеціалізованій раді. В склад спеціалізованих рад залучаються спеціалісти з вищою освітою з інших наукових закладів та ЗВО. Кожній спецраді при її організації затверджують номери спеціальностей наукових співробітників, за якими ця рада може організувати захисти дисертацій на здобуття вченого ступеня доктора філософських наук, а або доктора наук.

З метою більш глибокого аналізу дисертації спецради попередньо призначають опонентів: при захисті докторської дисертації – три доктори наук та провідна організація, при кандидатській – один доктор, один кандидат наук та провідна організація, які доповідають на засіданні спецради свої рецензії та пропозиції.

Результати захисту дисертацій спецради направляють у ВАК, яка здійснює контроль за діяльністю спецрад. З цією метою у ВАК утворюються експертні ради, які складаються з провідних вчених країни. Ними здійснюється вибірковий контроль за правильністю присудження вченого ступеня. Рішення спецрад, таким чином, про присудження вченого ступеня є рекомендованим, а кінцеве рішення про присудження вченого ступеня приймається ВАК (вищою атестаційною комісією).

З метою підвищення ефективності розробки актуальних проблем науки, техніки та культури, вдосконалення підготовки науково-педагогічних та наукових кадрів вищої кваліфікації – докторів наук, створена нова форма підготовки кадрів вищої кваліфікації – докторантура, як найвищий ступінь в єдиній системі безперервної освіти в країні. Докторантура відкривається з відривом від виробництва з терміном підготовки до трьох років в неї направляються кандидати наук у віці до 40 років, які мають наукові досягнення, які проявили себе перспективними науково-педагогічними працівниками. Докторанти при необхідності можуть бути відрядженні у провідні вітчизняні та зарубіжні наукові центри. Термін навчання в докторантурі зараховується в стаж науково-педагогічної роботи.

Важливою є задача систематичного поновлення знань спеціалістів результатами останніх досягнень науки, техніки, культури. З цією метою сформована система підвищення кваліфікації, яка складається з інститутів підвищення кваліфікації, підпорядкованим відповідним галузевим міністерствам та факультетів підвищення кваліфікації, організованих в основному у ЗВО. Кожен спеціаліст зобов'язаний через певний термін пройти через систему підвищення кваліфікації і оновити таким чином свої знання.

В деяких випадках необхідно здійснювати швидку перепідготовку спеціалістів з найголовніших напрямів науки та техніки, по яких ще не склались відповідні спеціальності. З цією метою у провідних ЗВО на базі наукових шкіл організують, так звані, спеціальні факультети з терміном навчання 10-24 місяці з денною та вечірньою формою навчання. При цьому за стажувальниками зберігається середня заробітна плата за місцем основної роботи.

Вчені, спеціалісти, аспіранти студенти в залежності від інтересів можуть приймати участь в роботі різноманітних громадських наукових об'єднань, до яких можуть відноситися "Просвіта", "Знання" тощо. Кожна організація має свій статут, який регламентує форми роботи організації, обов'язки та права членів, структуру, керівництво та засоби. Ці об'єднання покликані сприяти підвищенню ефективності виробництва, закріпити творчі зв'язки працівників науки та виробництва, всебічно залучати молодь до науково-технічної творчості.

2.2. Науково-дослідна робота студентів

Розвиток науково-дослідної роботи у ЗВО створив умови для широкого залучення студентів до наукових досліджень – важливий фактор підвищення якості підготовки спеціалістів у відповідності з сучасними вимогами. Виникла об'єктивна необхідність у тому, щоб всі майбутні спеціалісти в процесі навчання проходили школу науково-технічної творчості, оскільки в майбутньому робота спеціаліста стає все більш творчою.

Сучасне поняття "науково-дослідна робота студентів" включає в себе два взаємопов'язаних елементи:

- навчання студентів елементам дослідницької роботи, набуття ними навиків цієї роботи;
- власні наукові дослідження, які проводяться студентами під керівництвом професорів та викладачів.

Форми та методи залучення студентів до наукової творчості умовно поділяють на НДР, включену в учбовий процес, та НДР, яка виконується студентами в позаурочний час. В процесі виконання учбових досліджень майбутні спеціалісти вчаться користуватися приладами та обладнанням, самостійно проводити експерименти, застосовувати свої при вирішенні конкретних наукових задач.

Перспективним напрямком є створення у ЗВО лабораторій, в яких ведуться наукові дослідження і одночасно виконується учбово-дослідницька робота студентів.

Важливою формою науково-дослідної роботи є впровадження елементів творчості в учбові лабораторні роботи. При виконанні таких робіт студент самостійно складає план досліджень, підбирає необхідну апаратуру, проводить математичну обробку та аналіз результатів експерименту, оформляє науковий звіт.

Деякими кафедрами організовується учбово-наукові семінари. Підготовка семінару робиться таким чином, щоб на протязі семестру кожен студент міг виступити на ньому з доповіддю або повідомленням, присвяченим

підсумкам виконаних досліджень. Однією з форм науково-дослідної роботи є підготовка рефератів.

НДР студентів в період виробничої практики пов'язана з виконанням на виробництві конкретних завдань, необхідних для покращення виробництва. Велике значення має також участь студентів в період практики в раціоналізаторській та винахідницькій роботі підприємства.

НДР студентів в рамках курсових та дипломних проектних робіт пов'язана з обробкою спеціальних розділів з елементами наукового пошуку, в основному при виконанні реальних задач, у вирішенні яких є зацікавленість. Такі дипломні проекти іноді закінчуються впровадженням, тому вони є реальними.

Основною формою наукової роботи студентів, яка виконується в позаурочний час, є участь студентів в наукових дослідженнях, які проводяться кафедрами по держбюджетній та госпдоговірній тематиці.

Добре зарекомендували себе колективні форми творчої роботи студентів – студентські конструкторські проектні, технологічні, дослідницькі та екологічні бюро. Їх організують в ЗВО на правах його структурного підрозділу. Тематика їх робіт формується в основному на основі госпдоговорів з різними організаціями, а також вигляді держбюджетних тем вузу та внутрішніх замовлень.

Важливого значення в студентській науковій роботі набули наукові конференції студентів, на яких вони доповідають про результати виконаних досліджень, які надалі використовують при виконанні магістерських кваліфікаційних та дипломних робіт.

3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОЇ РОБОТИ

3.1. Поняття наукового знання

Знання - ідеальне відтворення у мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу.

Знання є продуктом суспільної діяльності людей, направленої на перетворення дійсності. Процес руху людської думки від незнання до знання називають пізнанням, в основі якого лежить відображення об'єктивної діяльності в свідомості людини в процесі його суспільної, виробничої та наукової діяльності, яка називається практикою. Пізнання виростає з практики, але потім цілеспрямовується на практичне оволодіння дійсністю. Від практики до теорії і від теорії до практики, від дії до думки і від думки до дійсності – така загальна закономірність відношення людини до оточуючого середовища. Завершення навчання завжди відносне, бо, як правило, виникають нові проблеми і нові задачі, які були підготовані і поставлені попереднім розвитком наукової думки. Вирішуючи ці задачі і проблеми, наука повинна випереджати практику і, таким чином, свідомо направляти її розвиток.

В процесі практичної діяльності людина вирішує протиріччя між наявним станом речей та потребами суспільства. Результатом цієї діяльності є завдання суспільних потреб. Це протиріччя є джерелом розвитку пізнання і, відповідно, знаходить відображення в його діяльності.

Вся наука, все людське пізнання направлено на досягнення істинних знань, які правильно відображають дійсність. На протилежність істинному знанню – помилка є неправильним, ілюзорним відображення світу. Істинні знання існують у вигляді законів науки, теоретичних положень та висновків, вчень, які підтверджені практикою та існуючих об'єктивних, незалежних від відкриттів учених. Тому істинне знання завжди об'єктивне. Наукове знання може бути відносним і абсолютним. Відносне знання – це знання, яке в основному вірне у відображенні дійсності, відрізняється деякою невідповідністю образу і об'єкта. Абсолютне знання – це повне, вичерпне відтворення узагальнених уяв про об'єкт, яке забезпечує абсолютну відповідність образу і об'єкта.

Пізнання включає в себе два рівні – чутливий та раціональний. Чутливе пізнання формує емпіричне знання, а раціональне – теоретичне. Чутливе пізнання забезпечує безпосередній зв'язок людини з оточуючим середовищем. Елементами чутливого пізнання є відчуття, сприйняття, представлення і уява.

Відчуття – це відображення мозком людини подій або явищ об'єктивного світу, які діють на органи відчуття. Сприйняття – відображення мозком людини предметів або явищ, які діють в даний момент часу. Представлення – вторинний образ предмета, який діяв в минулому. Уява – це поєднання різних представлень в єдину цілу картину нових образів.

Раціональне пізнання доповнює і випереджує чутливе, сприяє усвідомленню суті процесів, відкриває закономірності розвитку. Формою раціонального пізнання є абстрактне мислення.

Мислення – це опосередковане і узагальнене відображення в мозку людини суттєвих властивостей, причинних та закономірних зв'язків між об'єктами та явищами. Людина мислить не лише в результаті власного досвіду, але і враховує процес спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язано з мовою і не може бути без неї. Основний інструмент мислення – логічні роздуми людини, структурними елементами яких є поняття, судження, висновки.

Поняття – це думка, яка відображає суттєві та необхідні ознаки предмета чи явища. Поняття можуть бути загальні, одиничні, збірні, абстрактні і конкретні, абсолютні і відносні. Найбільш широкі поняття називаються категоріями.

За ознакою відношення до поняття їх ділять на тотальні, рівнозначні, підпорядковані, співпідпорядковані, частково узгоджені, протиречиві та протилежні.

Відношення тотожності та рівнозначності понять має надзвичайно важливе значення в науці, оскільки робить можливим заміну одного поняття іншим. Цією операцією широко користуються в математиці при перетворенні і спрощенні алгебраїчних рівнянь.

Для опису процесу формування нових складних понять з більш простих використовується спосіб виведення складних відношень з елементарних. Формалізація процесу часто здійснюється на мові теорії машин.

Розкриття змісту понять називають його визначенням. Останнє повинно відповідати двом важливим призначенням: 1) визначення повинно вказувати на

найближче родові поняття, 2) визначення повинно вказувати на те, чим дане поняття відрізняється від інших понять. Приклад "квадрат" – рівносторонній прямокутник.

Судження – це думка, в якій за допомогою зв'язків, понять стверджується або заперечується що-небудь. В мові судження виражається у вигляді пропозиції. Судження діляться за наступними ознаками: якість, кількість, відношення, модальність.

Висновки – процес мислення, який складає послідовність двох або декількох суджень, в результаті яких появляється нове судження. Часто через висновки стає можливим перехід від мислення до дії, практики. Вони діляться на дві категорії: дедуктивні та індуктивні, а також безпосередні та опосередковані.

В процесі наукового пізнання можна відзначити наступні етапи:

- виникнення ідеї;
- формування понять, суджень;
- висунення гіпотез; узагальнення названих факторів;
- доведення правильності гіпотез та суджень.

Наукова ідея – інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сутності зв'язків, на базі яких робиться висновок. Вона базується на відомих знаннях, але відкриває раніше не помічені закономірності. Свою специфічну матеріалізацію ідея знаходить в гіпотезі.

Гіпотеза – це припущення про причину, яка викликає даний наслідок. Якщо гіпотеза узгоджується з фактами, які спостерігаються, то в науці її називають теорією або законом.

Закон – внутрішній суттєвий зв'язок явищ, який обумовлює їх необхідний розвиток. Закон виражає певний зв'язок між окремими явищами або властивостями матеріальних об'єктів.

Закон, який знайдений шляхом догадок, повинен бути пізніше логічно доведеним, лише тоді він признається наукою. Для доведення закону наука використовує міркування, які раніше були визнані істинами, і з яких логічно виходить міркування, яке доводиться. В рідкісних випадках доводяться міркування, що перебувають в протиріччі. В таких випадках говорять про виникнення перебільшення в науці, що завжди свідчить про наявність помилок в логіці доведень, або про неправильність вихідних міркувань в даній системі знань.

Парадокс в широкому смислі – це твердження, яке значно розходиться з загальноприйнятим, встановленим думкою, заперечуючи те, що є "безумовно правильним".

Парадокс у вузькому змісті – це два протилежні твердження, для кожного з яких є переконливі аргументи.

Виявлення та вирішення парадоксів стало в сучасній науці звичайною справою. Основні шляхи їх вирішення – усунення похибки в логіці доведень, вдосконалення основних міркувань в даній системі знань.

Для усунення похибок логіка доведень повинна бути підпорядкована законам формальної логіки: закону тотожності, закону протиріччя, закону вилучення третього, закону достатніх засад.

Теорія – це система узагальненого знання, пояснення тих чи інших сторін дійсності. Структуру теорії формують принципи, аксіоми, закони мислення, положення, поняття, категорії та факти. Принцип – це правило, яке виникло в результаті суб'єктивно осмисленого досвіду людей. Вихідні положення наукової теорії називають постулатами або аксіомами. Аксіома (постулат) – це положення, яке береться в якості вихідного, недоведеного в даній теорії, і з якого виходять всі інші пропозиції та висновки по наперед фіксованих правилах. Аксіоми очевидні без доведень. Теорія є найбільш розвинутою формою узагальненого наукового пізнання. Вона включає в себе не лише знання основних законів, але і пояснює факти на їх основі. Теорія дозволяє відкривати нові закони та передбачувати майбутнє.

Рух думки від незнання до знання керується методологією. Методологія – філософське вчення про методи пізнання та перетворення дійсності, застосування принципів світогляду до процесу пізнання, духовної творчості та практики. В методології виявляються дві взаємопов'язані функції: 1) обґрунтування правил застосування світогляду до процесу пізнання і перетворення світу, 2) визначення підходу до явищ дійсності. Перша функція загальна, друга часткова.

Однією з основних задач пізнання є задача виявлення причин зміни і розвитку конкретних явищ і процесів. Діалектичний підхід до пізнання показує, що джерелами, причинами розвитку є внутрішні протиріччя та боротьба протилежностей, які складають основу процесів об'єктивної дійсності.

Поступовий характер, спадковість в тенденціях розвитку об'єкта дозволяють розкрити третій закон діалектики – заперечення запереченням.

Діалектична методологія завжди опирається на конкретні знання. Дослідник, науковий працівник повинен мати певний запас знань і вміння застосовувати діалектику до рішення конкретних наукових проблем.

3.2. Методи теоретичних та емпіричних досліджень

Метод – це спосіб досягнення мети. Метод об'єднує суб'єктивні та об'єктивні моменти пізнання. Метод об'єктивний, оскільки при розробці теорії дозволяє відображати дійсність та їх взаємозв'язки. Отже, метод є програмою побудови та практичного застосування теорії. Одночасно метод є суб'єктивним, оскільки є знаряддям мислення дослідника і тому включають в себе його суб'єктивні особливості. З філософської точки зору методи діляться на загальний, загальнонауковий, частковий, спеціальний або специфічний.

До загальнонаукових методів відносяться: спостереження, порівняння, розрахунок, вимірювання, експеримент, узагальнення, абстрагування, формалізація, аналіз та синтез, індукція та дедукція, аналогія, моделювання, ідеалізація, розташування по рангу, а також аксіоматичний, гіпотетичний, історичний та системний методи.

Спостереження – це спосіб пізнання об'єктивного світу, базований на безпосередньому сприйнятті предметів та явищ за допомогою органів відчуття без втручання в процес зі сторони спостерігача.

Порівняння – встановлення різниці між об'єктами, або знаходження в них спільного за допомогою органів відчуття або спеціальних пристроїв.

Лічба - знаходження числа, яке визначає кількісне відношення одиничних об'єктів або їх параметрів, які характеризують ті чи інші властивості.

Вимірювання – це фізичний процес визначення числового значення деякої величини шляхом порівняння з еталоном.

Експеримент – одне із сфер людської практики, в якій перевіряється істинність висунутих гіпотез або виявлення закономірності об'єктивного світу. В процесі експерименту дослідник втручається в науковий процес, з метою пізнання, при цьому одні умови досліду ізолюються, інші виключаються, треті підсилюються або послаблюються. При необхідності випробовування можуть повторюватися та організовуватися таким чином, щоб досліджувались окремі властивості об'єкта, а не їх сутність.

Узагальнення – визначення загального поняття, в якому має місце головне, що характеризує об'єкт.

Абстрагування – це віддалення думкою від неіснуючих властивостей, зв'язків, відношень предметів і виділення лише декількох, які цікавлять спостерігача. Яскравий приклад абстрагування – ідеальний тип: наприклад, ідеальний газ, абсолютна температура.

Формалізація – відображення об'єкта або явища в знаковій формі якої-небудь штучної мови, (математика, хімія) і забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів і їх властивостей через формальні дослідження відповідних об'єктів.

Аксиоматичний метод – спосіб побудови наукової теорії, при якій деякі твердження застосовуються без доведення, а потім використовуються для отримання інших знань за певними логічними правилами.

Аналіз – метод пізнання за допомогою розкладу предметів дослідження на складові частини. Аналіз – основа аналітичного методу дослідження.

Синтез – об'єднання окремих сторін предмета в єдине ціле. Аналіз і синтез взаємопов'язані – це єдність протилежностей. Розрізняють наступні види аналізу та синтезу: прямий або емпіричний, поворотний або елементарно-теоретичний, структурно-генетичний.

Важливим поняттям в теорії пізнання є індукція. Індукція – це висновки від фактів до гіпотези, дедукція – висновки про деякі елементи множин робляться на основі знання властивостей всіх множин.

Одним з методів наукового пізнання є аналогія, за допомогою якої досягаються знання про предмети та явища на базі того, що вони мають подібність з іншими.

Гіпотетичний метод пізнання припускає розробку наукової гіпотези на основі вивчення фізичної, хімічної суті предмета чи явища.

В соціально-економічних та гуманітарних науках використовують історичний метод пізнання. Дослідження проводять в хронологічній послідовності.

Ідеалізація – це розумове конструювання об'єктів, які практично нездійсненні: ідеальний газ, абсолютно чорне тіло тощо.

Для дослідження часто використовують системні методи: дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія керування, теорія можливості тощо. Цей метод особливо зручний при використанні ПК.

Метод визначення ризику та виключення вторинних факторів, які не впливають на досліджуване явище.

Різноманітні методи наукового пізнання умовно поділяються на ряд рівнів: емпіричний, експериментально-теоретичний. Методи емпіричного рівня: спостереження, порівняння, лічба, вимірювання, анкетний опит, співбесіда, тести, методи спроб та помилок.

Методи експериментально - теоретичного рівня: експеримент, аналіз та синтез, індукція та дедукція, моделювання, гіпотетичний, історичний і логічний.

Методи теоретичного рівня: абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз та синтез, індукція і дедукція, аксіоматика, узагальнення тощо.

На теоретичному рівні пізнання широко використовуються логічні методи подібності, різниці, сукупних вимірювань, розробляються нові системи знань, які вирішують задачі подальшого узгодження теоретично роздільних систем з накопиченням нових експериментальних даних

При вивченні складних предметів та явищ використовується системний аналіз. В основі системного аналізу лежить поняття системи, під яким розуміють множину об'єктів, які мають наперед вибрані властивості з фіксованими між ними відношеннями.

Системний аналіз використовується для дослідження таких складних систем, як економіка окремої галузі, промислового підприємства, об'єднання тощо. Системний аналіз складається з чотирьох етапів: перший – постановка задачі, другий – обмеження границь системи, яка вивчається і визначення її структури, третій – складення математичної моделі досліджуваної системи, четвертий – аналіз отриманої математичної моделі, визначення її екстремальних умов з метою оптимізації та формування висновків.

Оптимізація полягає в знаходженні оптимуму аналізованої функції, і відповідно знаходження оптимальних умов поведінки даної системи або протікання даного процесу.

3.3. Елементи теорії та методології науково-технічної творчості

Творчість – мислення в його вищій формі, яке виходить за межі відомого, а також діяльність, яка породжує нову якість. Наукова творчість пов'язана з пізнанням навколишнього світу. Науково-технічна творчість має прикладну мету і направлена на задоволення практичних потреб людини. Під нею розуміють пошук та вирішення задач в області техніки на основі використання досягнень науки. Мислення починається там, де створилась проблемна ситуація, яка прискорює пошук рішення в умовах невизначеності, дефіциту інформації. Інтуїція має матеріалістичне пояснення і являє собою швидке вирішення, отримане в результаті тривалого накопичення знань в даній області.

Специфічний акт творчості – несподіване просвітлення (інсайт) – полягає в усвідомленні чого-небудь, що впливає з глибини підсвідомості.

Пошук вирішення творчої задачі у зацікавленого та кваліфікованого вченого завжди продовжується в підсвідомості, в результаті чого можуть бути вирішені найскладніші задачі, причому процес оброблення інформації при цьому не усвідомлюється.

Одна з проблем творчості – мотивація, яка пов'язана з потребами, що діляться на три групи: біологічні, соціальні та ідеальні. Найбільш важливим для творчості видом є уява, якій належить вирішальна роль в створенні нового та розвитку суспільства. Розрізняють три типи уяви: логічну, критичну, творчу.

Активізація творчого мислення припускає знання факторів, які невід'ємно впливають на нього. До таких факторів відноситься відсутність гнучкості мислення, сила навиків, вузькопрактичний підхід, надмірна спеціалізація, вплив авторитету, боязнь критики, страх перед невдачею, надто висока самопожертва, лінь.

Протилежність творчій уяві – психологічна інерція мислення, яка пов'язана з бажанням діяти у відповідності з минулим досвідом і знаннями, з використанням стандартних методів тощо.

Творча особа має ряд особливостей і передусім вміє зосереджувати увагу і довго підтримувати її відносно якого-небудь питання або проблеми. Це одна з найважливіших умов успіху в будь-якому виді діяльності. Без завзятості, наполегливості, цілеспрямованості немислимі творчі досягнення.

Отримання значного результату залежить від світогляду дослідника. В науково-технічній творчості матеріалістична діалектика та системний підхід складають єдиний напрямок в розвитку сучасного наукового пізнання. При системному підході вирішення значення слід надати внутрішній організації структури системи, її багаторівневості.

Представляючи технічний об'єкт чи систему, важливо в першу чергу розглянути в ньому такі властивості, які не отримуються "алгебраїчним сумуванням" властивостей елементів.

Будь-яка система являє собою комплекс взаємодій. Всяка взаємодія являє собою процес обміну системи речовин, енергій, інформацій, мають змінні характер, протиріччя періодично чергуються із співробітництвом.

Протиріччя в технічних системах надзвичайно різноманітні за формою та проявами. В процесі пізнання спочатку проявляються зовнішні, а вже потім внутрішні протиріччя. Зовнішні протиріччя створюють мотиви для вирішення задачі. Серед внутрішніх виділяють основні і головні, технічні і фізичні протиріччя.

Технічні протиріччя виникають між елементами системи, фізичні – у одного і того ж елемента системи. Шлях до вирішення задачі, до створення якісно нової технічної системи лежить через виявлення все більш глибоких протиріч і знаходження способів їх вирішення. Особливе значення має здатність винахідника передбачити напрямок та тенденції можливої зміни вихідної технічної системи і діяти у відповідності з цими закономірностями.

Приведені елементи пізнання є основними методологічними засобами науково-технічної творчості, до якої відносяться також евристичні прийоми та методи активізації та наукової організації творчої праці. Приведемо деякі з них:

- прийом дроблення та об'єднання;

- прийом винесення (окремі частинки, що заважають, усувають для виділення головної частини);
- прийом інверсії (замість дії використовується процес);
- прийом переходу до іншого вимірювання;
- прийом універсальності;
- прийом перетворення шкоди на користь;
- прийом самообслуговування.

Ефективним прийомом в творчій діяльності є ідеалізація кінцевого результату – машини, процесу або матеріалу.

Ідеальне рішення – це найбільш сильне рішення з усіх мислимих рішень даної задачі.

Важливим загальнонауковим методом пізнання є аналогія: пряма, символічна, особиста, фантастична.

Пряма аналогія – проект порівнюється з більш менш подібним з іншої області техніки або з живої природи.

Символічна аналогія – вимагає формулювання в парадоксальній формі суті явища або поняття (полум'я – видима темнота, міцність – примусова цілісність).

Особиста аналогія – ототожнення себе з досліджуваним об'єктом.

Фантастична аналогія – в об'єкт вводять нові фантастичні засоби: чарівна паличка, золота рибка.

В науково–технічній творчості обов'язково використовують такий загальнонауковий метод, як аналіз. Цей метод передбачає: складення списку характеристик параметрів (або ознак) об'єкта, складення списку часткових рішень для кожного параметра або процесу, виділення функціональної цілісності всіх можливих поєднань.

Простими і досить ефективними є асоціативні методи активізації творчого мислення, які базуються на застосуванні семантичних властивостей понять. Основними джерелами для генерування ідей служать асоціації, метафори та випадково вибрані поняття, ознаки яких переносяться на об'єкт, який вдосконалюється.

Інтерес представляють також методи психологічної активізації колективної творчості. Одним з них є "мозкова атака" або "мозковий штурм". Для усунення психологічних перепон, викликаних, наприклад, боязню критики, процеси вироблення ідей та їх критичної оцінки в мозковій атаці рознесені в часі і проводяться, як правило, різними групами людей. Перша група лише висуває різні пропозиції та варіанти рішень без критики. До неї бажано включати людей, схильних до абстрагування. Друга група – це експерти, які виносять судження про цінність висунутих ідей. В її склад краще включати людей з аналітичним та критичним складом мислення.

В практиці масової технічної творчості використовується також методика програмного вирішення науково–технічних задач. Поняття алгоритм включає в себе комплекс послідовно висунутих дій.

Всі методологічні засоби творчого пошуку можуть використовуватися дослідником в різних поєднаннях та послідовностях, але загальну схему

вирішення науково–технічних задач можна представити у вигляді наукових етапів:

- аналіз технічних вимог суспільства та вивчення технічних недоліків;
- аналіз систем задач і вибір конкретної задачі;
- аналіз технічної системи і розробка її моделей;
- аналіз та формування умов технічної задачі;
- аналіз та формування умов винахідницької задачі;
- пошук ідеї вирішення (принцип дії);
- синтез нового технічного рішення.

На першому етапі можуть використовуватися, наприклад, методи прогнозування. Морфологічний аналіз можна використати на різних етапах процесу вирішення задачі. Алгоритм вирішення винахідницьких задач може включати в себе етапи від аналізу технічної системи до пошуку ідей вирішення.

На сьогоднішній день відомими є сотні евристичних методів пошуку вирішення проблемних задач. З них розглядаються лише ті, які широко використовуються в творчій діяльності. Кожний спеціаліст повинен знати ці методи і використовувати їх в своїй творчій роботі.

4. ВИБІР НАПРЯМКУ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Поняття про науково-дослідницьку роботу

Мета наукового дослідження – усестороннє, достовірне вивчення об'єкта, процесу чи явища, їх структури, зв'язків і відношень на основі розроблених в науці принципів та методів пізнання, а також отримання і впровадження в виробництво чи практику корисних для людини результатів.

Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет. Об'єктом наукового дослідження є матеріальна або ідеальна система. Предмет – це структура системи, закономірності взаємодії елементів всередині системи, або поза нею, закономірності розвитку, різні властивості, якості тощо.

Наукові дослідження класифікують за видами зв'язку з суспільним виробництвом та ступінню важливості для народного господарства, цільовим призначенням, джерелами фінансування та тривалістю ведення дослідження.

За видами зв'язку з суспільним виробництвом наукові дослідження діляться на роботи, направлені на створення нових технологічних процесів, малих конструкцій, підвищення ефективності виробництва, покращення умов праці, розвитку особистості людини.

За цільовим призначенням виділяють три види наукових досліджень: фундаментальні, прикладні та розробки.

Фундаментальні дослідження направлені на відкриття та вивчення нових явищ, законів природи, на створення нових принципів дослідження. Їх мета – розширення наукового пізнання суспільства, того, що може бути використане в практичній діяльності людини. Такі дослідження виконуються на межі відомого та невідомого, вони мають найбільшу невизначеність.

Прикладні дослідження направлені на знаходження способів використання законів природи для створення нових та вдосконалення існуючих засобів та способів людської діяльності. Мета – встановлення того, як можна

використати наукові знання, отримані при функціональних дослідженнях в практичній діяльності людини. Прикладні дослідження поділяються на пошукові, науково–дослідні та дослідно–конструкторські роботи.

Пошукові дослідження направлені на встановлення факторів, які впливають на об'єкт, виявлення плюсів створення нових технологій і техніки на основі методів запропонованих в результаті фундаментальних досліджень. В результаті НДР з'являються нові технології, дослідні установки, прилади тощо. Мета ДКР – підбір конструктивних характеристик, які визначають логічну основу конструкції. Розробка – це перетворення нової наукової і науково-технічної інформації в форму, придатну для засвоєння в промисловості, з метою створення нової техніки, матеріалів, технологій і підготовки їх для прикладних досліджень і впровадження.

За ступінню важливості наукові дослідження поділяються на:

- важливі, які використовуються у відповідності з спеціальними постановами Ради міністрів;

- роботи, які виконуються у відповідності з планами галузевих міністерств та відомств;

- роботи, які виконуються за ініціативою та у відповідності з темами науково-дослідних організацій.

В залежності від джерела фінансування наукові дослідження ділять на держбюджетні, госпдоговірні та нефінансовані. Останні виконуються у відповідності з договорами про співдружність.

Кожну науково-дослідну розробку можна віднести до певного напрямку. Під цим розуміють науку або комплекс наук, в області яких ведуться дослідження. В зв'язку з цим розрізняють технічні, біологічні, соціальні, фізико-технічні та інші напрямки з відповідною подальшою деталізацією.

Структурними одиницями наукового напрямку є комплексні проблеми, проблеми, теми та наукові питання. Комплексні проблеми - це сукупність проблем, об'єднаних єдиною метою, проблеми – це сукупність складних теоретичних та практичних задач, вирішення яких є необхідними для суспільства. Проблема може бути глобальною, національною, галузевою, що залежить від масштабу задачі, яка виникла. Крім того, проблеми бувають загальні та специфічні. Специфічні проблеми характерні для певних виробництв тієї чи іншої промисловості.

Тема наукового дослідження є складовою частиною проблеми. В результаті досліджень за темою отримують відповіді на певне коло наукових питань, які охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів відповідей по комплексу тем може дати вирішення наукових проблем.

Під науковими питаннями розуміють дрібні наукові задачі, які відносяться до конкретної теми наукового дослідження. Вибір напрямку, проблеми, теми наукового дослідження та постановка невирішених питань є надзвичайно відповідальним завданням. При виборі проблеми та теми наукового дослідження спочатку на основі аналізу протиріч досліджуваного напрямку формується сама проблема та визначаються в загальних рисах очікувані результати, потім розробляється структура проблеми, виділяється тема, виконавці, встановлюється їх актуальність. Іноді ідуть на дублювання

проблеми з метою залучення до її вирішення різноманітних наукових колективів за конкурсом. Вибір теми повинен базуватися на спеціальних техніко–економічних розрахунках. При виконанні теоретичних досліджень вимоги економічності іноді замінюють вимогами значимості, якими визначається престиж вітчизняної науки. При цьому не можна допустити монополізації в науці, оскільки це виключає змагання ідей та може знизити ефективність наукових досліджень.

Вибору теми повинно передувати ретельне ознайомлення з вітчизняними та зарубіжними літературними джерелами, як даної так і суміжної спеціальностей. Суттєво спрощується методика вибору тем в наукових колективах, які мають наукові продукції та розробляють наукову програму.

При колективній розробці наукових досліджень великої ролі набувають критика, дискусії, обговорення проблем і тем. В процесі дискусії виявляються нові, ще невирішені актуальні задачі. Це створює сприятливі умови для участі в НДР ЗВО студентів різних курсів. При цьому необхідно також мати на увазі, що в процесі наукових розробок можливі і деякі зміни в тематиці також за вимогою замовника в залежності від обставин, що склалися.

4.2. Оцінка економічної ефективності теми.

Оцінку народногосподарської необхідності розробки визначають числовим критерієм економічної ефективності $k_E = E_3 / E_d$, де E_3 - передбачуваний економічний ефект, E_d - затрати на наукові дослідження. Чим більше k , тим ефективніша схема $1,5 \dots 2 < R < 10$.

Однак критерій k не враховує обсяг впровадження продукції, тому більш ефективним є критерій, який вираховується за формулою $k = C \cdot \sqrt{T / Z_{\Pi}}$, де C – вартість продукції за рік після освоєння наукового дослідження і впровадження у виробництво, T – тривалість виробничого впровадження в роках, Z_{Π} - загальні затрати на виконання наукових досліджень, дослідне і промислове впровадження продукції та річні затрати та її виготовлення у відповідності з новою технологією.

При оцінці великих тем цього методу недостатньо, тому використовується експертна оцінка, яка виконується спеціально підібраним складом висококваліфікованих експертів (7-15 осіб). Тема, яка отримала максимальну підтримку експертів, вважається найбільш перспективною. На сьогоднішній день найчастіше використовується конкурс бізнес-планів.

4.3. Етапи науково-дослідної роботи

НДР – виконується в певній послідовності. Спочатку формується тема за результатами загального ознайомлення з проблемою, розробляється основний вихідний неплановий документ - техніко–економічне обґрунтування. В першому розділі ТЕО вказуються принципи розробки, приводиться короткий огляд, в якому описується досягнутий рівень дослідження та отримані результати. Особлива увага приділяється ще невирішеним питанням, обґрунтуванню, актуальності роботи для галузі та народного господарства

країни. Такий огляд дозволяє накреслити методи вирішення завдання та теми дослідження, визначити кінцеву мету виконання теми. Сюди входить також поточне пророблення теми і визначається доцільність закупівлі ліцензій. На стадії складання ТЕО встановлюється область використання очікуваних результатів НДР, можливість їх практичної реалізації в даній галузі. Крім економічного ефекту в ТЕО вказуються передбачувані соціальні результати, робиться висновок про доцільність виконання НДР та ДКР.

Після затвердження ТЕО складається бібліографічний список вітчизняної та зарубіжної літератури, науково-технічних звітів за темою роботи різних організацій відповідного профілю, у необхідному випадку оформляється реферат по темі, уточнюються явища, процеси, предмети, які повинні охопити дослідження, а також методи дослідження (експериментальні, теоретичні тощо).

Мета теоретичного дослідження – вивчення фізичної суті предмета. В результаті обґрунтовується фізична модель, розробляються математичні моделі та аналізуються отримані, таким чином, результати.

Перед організацією експериментальних досліджень розробляються задачі, вибирають програми і методи експерименту. Його ефективність залежить від вибору засобів вимірювання. При вирішенні цих завдань необхідно користуватися матеріалами ДЕСТу.

Методичні рішення, які приймаються, формуються у вигляді методичних вказівок на проведення експерименту. При розробці методик дослідження складається робочий план, в якому вказується обсяг експериментальних робіт, методи, техніка, трудомісткість, терміни.

Після завершення теоретичних і експериментальних досліджень проводиться аналіз отриманих результатів, порівнюють гіпотези з результатами експерименту, уточнюються теоретичні моделі, формуються наукові та виробничі висновки, складається науково-технічний звіт.

Наступний етап виконання теми – впровадження результатів досліджень у виробництво та визначення їх дійсної економічної ефективності. Впровадження результатів здійснюється через виконання НДР та ДКР в різних проектних організаціях. Такі роботи включають в себе: формулювання теми, мету та задачу розробки, вивчення літератури, підготовку до технічного проектування, виготовлення окремих блоків, їх об'єднання в систему, узгодження технічного проекту і його техніко-економічного обґрунтування. Після цього виконується робоче проектування, виготовляється дослідний взірець, проводиться його випробування, доведення та регулювання, стендові та виробничі випробування. Після цього здійснюється доробка дослідного взірця у відповідності з отриманими результатами випробувань.

Успішне виконання перерахованих етапів роботи дає можливість представити взірець до державних випробувань, в результаті яких взірець запускається в серійне виробництво. Розробники при цьому здійснюють контроль та дають консультації. Впровадження завершується оформленням акту економічної ефективності результатів дослідження.

5. ПОШУК, НАКОПИЧЕННЯ ТА ОБРОБКА НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

5.1. Інформатика, як наука.

Методи інформатики успішно застосовуються для створення ефективних інформаційних систем, і складають основу для автоматизації наукових досліджень, проектування, різноманітних виробничих процесів.

В інформації можна виділити ряд напрямків: технічний, програмний, алгоритмічний. Термін інформатики може бути використаний для визначення як відповідної наукової дисципліни, так і пов'язаної з нею області діяльності. Звичайно використовують термін "інформаційна система".

Важливим компонентом системи інформаційного забезпечення є нова науково-технічна інформація про оригінальні ідеї, наукові результати, факти, гіпотези тощо. Активно розвивається видавнича справа, бібліотеки, а пізніше – реферативні, інформаційні та консультативні служби.

Інформаційні продукти – сукупність уніфікованих відомостей та послуг, які надаються в деякому стандартизованому вигляді: аналітичні довідки, результати пошуку тощо.

Бази даних, інформаційні ресурси. З розвитком вичислювальної техніки та законів збереження інформації з'явилась можливість створення бази даних. Шляхом обробки бази даних створюють інформаційні ресурси, особливо з переходом до "без паперової інформатики". Бази даних поділяються на бібліографічні та фактографічні. Бібліографічні дані дають вторинну інформацію про місце та час публікації. Фактографічні дані дають інформацію про кінцевий споживчий продукт (статті, патенти тощо). Бази даних можуть бути галузевими, політематичними, внутрішніми або зовнішніми.

Інформаційні технології. Кожен тип інформаційного продукту вимагає специфічної технології його отримання. Важлива його складова – пакет прикладних програм. Банк даних – різновидність інформаційної системи для накопичення великих обсягів відносно однорідних взаємозв'язаних та об'ємних даних, їх оперативне оновлення та багатоцільове використання. Для поповнення бази даних використовуються: програмні системи керування, різні мови, обчислювальне обладнання, процедури, персонал, методики. Інформаційні мережі використовуються для під'єднання до банку даних споживача інформації.

Споживачі інформації. З точки зору раціонального створення інформаційних систем можливих споживачів доцільно розділити на чотири категорії: пов'язані з розробкою наукових досліджень, з розробкою та проектуванням нової техніки, з прийняттям управлінських рішень по створенні нової техніки, з вирішенням планово-управлінських завдань.

5.2. Наукові документи та видання

Науковий документ - матеріальний об'єкт, який має науково-технічну інформацію і призначений для її зберігання та використання. В залежності від способу подання інформації наукові документи розрізняють: текстові, графічні,

аудіовізуальні, машиночитні. Крім того, документи поділяють на первинні та вторинні.

Первинні та вторинні документи ділять на опубліковані та неопубліковані. До первинних видань відносяться: книги, брошури (не більше 48 сторінок), монографії, збірники наукових праць, підручники та навчальні посібники.

Деякі видання, які публікуються від імені державних та громадських організацій, називають офіційними. Найбільш оперативним джерелом науково-технічної інформації є періодичні видання: "Вісники", "Праці", "Відомості" тощо. До спеціальних видів технічних видань прийнято відносити нормативно-технічний рівень та якість продукції, що випускається. В залежності від змісту стандарти включають: технічні умови та вимоги, параметри та розміри, типи, конструкції, марки, сортаменти, правила приймання, методи контролю, правила експлуатації та ремонту, типові технологічні процеси тощо.

Важливе значення для виконання науково-дослідних робіт має патентна документація. Це сукупність документів, які мають відомості про відкриття, винаходи та інші види промислової власності, а також відомості про охорону прав винахідників.

До основних видів неопублікованих документів відносяться науково-технічні звіти, дисертації, депоновані рукописи, наукові переклади, конструктивні документи, інформаційні повідомлення, повідомлення про проведення науково-технічних конференцій, семінарів, симпозіумів тощо.

Вторинні документи та видання поділяються на: довідкові, оглядові, реферативні та бібліографічні. В довідкових виданнях подаються результати теоретичних узагальнень, різні величини та їх значення, матеріали виробничого характеру. В оглядових виданнях подається концентрована інформація, отримана в результаті відбору, систематизації, та логічного узагальнення повідомлень на велику кількість першоджерел. Розрізняють аналітичні та реферативні журнали. Реферативні журнали – це періодичні видання, в яких друкуються реферати опублікованих документів. Бібліографічні покажчики – видання книжкового або журнального типу, в яких подані бібліографічні описи видань, що вийшли з друку. Покажчики бувають систематичні та предметні.

До вторинних неопублікованих документів відносяться: реєстраційні та інформаційні картки, облікові картки дисертацій, показники депонованих рукописів та перекладів, картотеки, інформаційні повідомлення, а також документи, які розсилаються за підписом.

Розроблена документальна класифікація, яка є традиційним засобом упорядкування документальних фондів, в першу чергу бібліотечно-бібліографічних. В нашій країні, використовується єдина система класифікації всіх публікацій з точних, природничих наук та техніки. (УДК – універсальна десяткова кваліфікація). УДК складається з основної та допоміжної таблиць. Основна таблиця включає в себе поняття про відповідні їм індекси, за допомогою яких систематизуються знання людей. (УДК 621.397 – телевізійні системи).

Кожен з класів розділений на десять розділів, які в свою чергу діляться на десять підрозділів. Для кращої наглядності та зручності читання всього

індексу після кожних трьох, починаючи зліва, ставиться крапка. Деталізація понять – здійснюється за рахунок подовження індексів. Для відображення відношень між поняттями використовуються знаки з'єднання "+", "-", ":". Для полегшення роботи з УДК до них додається алфавітно предметний покажчик, за допомогою якого можна визначити їх місце розташування в схемі.

Закономірності виробництва науково-технічної інформації – ріст та старіння. Збільшення числа журналів та кількості в них статей характеризується експоненціальною залежністю з різними показниками для різних областей (подвоєння через 15÷30 років в залежності від галузі). Старіння документів полягає в тому, що зі збільшенням термінів з часу випуску видань вони гублять свою цінність як джерело інформації і по цій причині все менше використовуються вченими та спеціалістами.

Необхідно відзначити, що державної системи науково-технічної інформації в Україні немає. В той же час в СРСР був ряд органів, які займалися збором, класифікацією та поданням інформації:

1. Всесоюзний інститут наукової та технічної інформації.
2. Державна публічна науково-технічна бібліотека.
3. Всесоюзний науково-технічний інформаційний центр.
4. Всесоюзний науково-технічний інститут патентної інформації.
5. Інститут наукової інформації з суспільних наук.
6. Всесоюзна книжково палата.
7. Всесоюзний науково-дослідний інститут інформації, класифікації та кодування.
8. Всесоюзний науково-дослідний інститут міжгалузевої інформації.
9. Всесоюзний центр перекладу.
10. Виставка досягнень народного господарства.
11. Всесоюзний науково-дослідний інститут проблем машинобудування.
12. Всесоюзний науково-дослідний інститут матеріалів та речовин.
13. Центральні галузеві органи науково технічної інформації.

5.3. Інформаційно–пошукові системи

Класифікація інформаційних систем: системи масового інформаційного обслуговування (друк, радіо, телебачення), системи індивідуальної комутації та зв'язку (пошта, телефон, телеграф), інформаційно–довідкові системи, системи науково-технічної інформації. Ядром більшості реально діючих інформаційних систем є пошукові системи. Кожна система характеризується мовою представлення інформації. В залежності від функціональних можливостей системи поділяються на документальні (видають оригінали, копії документів або адреси введення документів), фактографічні (видають дані, факти, відомості, які містяться в явному вигляді у введених документах), інформаційно-логічні системи (видають дані, отримані в результаті деяких логічних висновків).

5.4. Науково-технічна патентна інформація

Патентна інформація має юридичну та науково-технічну основу. Патентознавство займається питаннями правової охорони відкриттів та

винаходів. Авторське право охороняється законом. Результати розумової праці, застосовані в промисловості, називають промисловою власністю. Вони поділяються на відкриття, винаходи, корисні моделі, промислові взірці, товарні знаки, фірмові найменування.

Корисна модель – це вирішення технічної задачі, яка відрізняється відносною новизною, відноситься до пристроїв і має явно виражену просторову форму. Промисловий взірець – це особливість зовнішнього вигляду промислового виробу, який виконано промисловим шляхом, надають виробу естетичний вигляд і містять новизну та оригінальність. Товарний знак – це позначення, яке розташовується на промислових товарах або використовується при рекламі і відрізняє дані товари від аналогічних товарів інших підприємств.

Щоб захистити певний вид промислової власності, необхідно подати заявку в патентний комітет для отримання патенту. Патент надає патентодавачу виключне право розпоряджатися винаходом. Патент діє лише певний термін (до 15.....18 років).

Основна науково-технічна цінність патентної літератури – опис винаходу, який у відповідності з патентним законодавством не може мати неправильних відомостей і повинен відрізнятися новизною. Тому правильне використання патентної інформації дає можливість здійснювати нові розробки на рівні кращих світових взірців з урахуванням відомих рішень та основних тенденцій розвитку техніки. Перед початком виконання науково-дослідної роботи проводять патентний пошук. Це комплекс робіт, який включає пошук, вибір, аналіз, цілеспрямованість використання патентної інформації. Патентна документація – публікації офіційними органами різних країн повідомлень про відкриття, винаходи, промислові взірці, корисні моделі, товарні знаки. Повідомлення друкуються у вигляді бібліографічних або реферативних даних, або у вигляді нових описів. Патентна література – різні видання (статті, брошури, книжки, журнали, замітки тощо), присвячені різним питанням патентної, патентно-правової, патентно-ліцензійної та винахідницької діяльності.

В залежності від завдань, які вирішуються розробниками на різних стадіях НДР та ДКР, патентні дослідження мають наступні цілі: обґрунтування включення теми в план організації і визначення можливих споживачів об'єкта, розробки; обґрунтування шляхів вирішення задачі та обґрунтування його патентоспроможності та патентної чистоти, вибір оптимальних конструктивних та технологічних рішень, виявлення передбачуваних винаходів та їх перевірка на новизну, оформлення заявочних матеріалів на винахід та державний захист, обґрунтування доцільності патентування створених винаходів за кордоном, перевірка об'єкта розробки та його складових частин на патентну чистоту.

Джерелом інформації при патентних дослідженнях є : бюлетені патентних відомств країн світу, описи винаходів та патентів, реферативна інформація по винаходах, матеріали, звіти з НДР та ДКР, рекламні матеріали, публікації про використані винаходи, звіти про патентні дослідження тощо.

Найбільш оперативним джерелом патентної інформації є патентний бюлетень, в якому дається сигнальна інформація для попереднього

ознайомлення та відбору потрібних патентних матеріалів: формула (анотація, реферат) винаходу з рисунками.

Опис винаходу (патенту) окрім технічної інформації розкриває суть винаходу, включає в себе елементи, які визначають обсяг правового захисту. Опис повинен відображати наступні обов'язкові пункти: назву винаходу, клас міжнародної класифікації винаходів, характеру аналогу, характеристику та ознаки прототипу, мету винаходу, суть винаходу та ознаки, які його відрізняють від прототипу, приклади його виконання та відомості про очікувану техніко-економічну ефективність, формулу винаходу, в якій виділяються найбільш суттєві його ознаки, які підлягають правовому захисту.

В залежності від вирішуваних задач патентні пошуки можуть бути тематичними, іменними, нумераційними, патентно-аналоговими, патентно-правовими.

Основними засобами організації та пошуку інформації в світовому патентному фонді є системи класифікації винаходів. Всі сфери матеріального виробництва в літературному класифікаційному індексі поділяються на розділи, класи, підкласи, групи та підгрупи.

Перший класифікаційний ряд складається з восьми розрядів: А.....Н. Розділи поділяються на класи: H03, H04, класи на підкласи H03F, H04N. Кожен підклас розбитий на підрозділи, які називаються рубриками H03F3. Рубрики розбиваються на групи та підгрупи: H03F3/34. Ієрархічне відношення між рубриками визначається завжди лише кількістю крапок, які стоять перед текстом рубрики, а не присвоєними їм індексами.

В патентному фонді є довідково-пошуковий апарат, який включає в себе класифікацію винаходів, різні показники та таблиці відповідності.

Порядок проведення пошуку в патентних фондах залежить від особливостей організації патентного фонду конкретної країни. Звичайно спочатку здійснюють тематичний (предметний) пошук, який доцільно почати з перегляду патентних бюлетенів країн з використанням у випадку необхідності відповідного патентного фонду.

5.5. Організація роботи з наукою літературою

Кожен дослідник повинен знати основи бібліографії. Бібліографія ставить перед собою завдання інформувати читача про наявні друковані видання. Для цього складаються покажчики, каталоги, огляди тощо.

Процес ознайомлення з літературними джерелами необхідно починати з ознайомлення з відповідною літературою. Потім переглядаються обліково-реєстраційні видання. Власна бібліографія з наявної проблеми складається на основі бібліотечних каталогів. Каталоги - це набір карток, в яких є дані про книжки, журнали, статті тощо. Читацькі каталоги, які носять довідково-рекомендаційний характер, бувають трьох видів: алфавітні, систематичні та алфавітно-предметні. В алфавітному каталозі картки розташовані в алфавітному порядку прізвищ авторів або заголовних назв, якщо автори не вказані. В систематичному каталозі картки розташовані по галузях знань, це дозволяє визначити автора і назву книжки, якщо відомим є її зміст. Найбільш широко використовується Універсальна десяткова класифікація (УДК). Ключем

до систематичного каталогу є алфавітно–предметний каталог. При складанні власної бібліографії з певної проблеми необхідно уважно переглядати списки літератури, які знаходяться в кінці книг, статей тощо, або літературу, яка вказана в списках у вже знайдених літературних джерелах. Головне завдання – попередньо виявити все потрібне і відкинути зайве. Таким чином закладаються елементи вибіркового читання: спочатку поверхневий перегляд, ознайомлення з назвами його розділів, лише потім вивчення вибраного тексту.

Важливе значення має організація робочого місця. При обробці літературних джерел не повинно бути нічого зайвого. При роботі з літературними джерелами необхідно вміти правильно читати, розуміти та запам'ятовувати прочитане. Читання може бути по буквах, по складах, по словах, по поняттях. Текст необхідно не лише вміти читати, а і розуміти. Тому необхідно сприймати не окремі слова, а цілі групи речень та абзаців.

При навчанні швидкому читанню перший шлях підвищення швидкості – виявлення прихованих резервів мозку, активізація процесів мислення при читанні. Один із шляхів вирішення цієї задачі – використання алгоритмів. Сучасна структурна лінгвістика стверджує, що всі суспільно-політичні та науково-технічні тексти мають до 75% надлишковості. При швидкому читанні необхідно оволодіти прийомами читання, при яких сприйняття тексту проходить великими інформативними блоками. При роботі з таблицями необхідно концентрувати погляд в центрі таблиці, бачити її всю повністю і вміти вибрати необхідну інформацію. Читання інформації повинно завершуватися запам'ятовуванням. В результаті процесу в пам'яті проходить закріплення нового шляхом пов'язування з уже набутими знаннями. Характерною рисою запам'ятовування є його вибірковість. Розрізняють два види запам'ятовування: довільне і недовільне. Для довільного запам'ятовування є важливим те, щоб прочитаний матеріал був зрозумілим, щоб викликав цікавість, спонукав до діяльності та генерував емоційний підйом. Найбільш важливою є постановка мети запам'ятовування. Матеріал, який запам'ятовується, необхідно логічно осмислити: скласти план вивченого матеріалу. В процесі запам'ятовування доцільно вмикати всі аналізатори та використовувати прийоми мнемотехніки, суть яких полягає в створенні штучно-надуманих зв'язків. Корисним є також повторення матеріалу. При читанні доцільно користуватися певною системою розміток (скорочені букви: Ц – цитата, Т – термін, Л – література тощо).

При роботі з літературою використовується виписка. Обов'язковою умовою виписок є точне вказування джерела і місця, звідки це виписано. Виписки доцільно робити на окремих картках. Не можна в оглядову картку заносити два повідомлення. Доцільно вказувати дату оформлення картки. При виписуванні цитат необхідно зберігати абсолютну точність.

Однією з форм зберігання є вирізки з газет і журналів. Для їх систематизації необхідно мати картотеку вирізок з вказівкою джерела на кожній вирізці. При опрацюванні нового матеріалу корисно використовувати конспект, який повинен бути коротким, точним і висловлювати основні думки автора своїми словами. Максимально точно конспектуються: формули, визначення, схеми, важкі для запам'ятовування, місце, від якого залежить

розуміння головного, все нове, незнайоме, чим доволі часто необхідно користуватися, і також те, що важко отримати з інших джерел, а також цитати, статистика.

Реферування матеріалу – це короткий виклад первинних документів з основними фактичними повідомленнями та висновками.

Науковий огляд - це текст, який містить систематизовану інформацію зведеного характеру з якогось питання або декількох питань. Огляди розрізняються за предметом аналізу, метою складання, призначенням, видах використання першоджерел, широті тематики, наявністю співставлень та прогнозів, періодичності підготовки, функціонального призначення в документальній системі, характером оформлення тощо. Наукові огляди публікуються у вигляді статей в журналах, періодичних виданнях, матеріалах конференцій, монографіях, науково-технічних звітах. Огляд повинен мати наступні розділи: реферат, аналітичну частину, висновки, рекомендації та додатки.

У вступній частині обґрунтовується вибір теми з обґрунтуванням актуальності та важливості питання, по якому робиться огляд. Аналітична частина включає в себе аналіз та його результати, узагальнення, оцінку систематизованих даних, стан невирішених та розглянутих питань, використані методи та засоби досліджень, стан досліджень і розробок, досягнутий науково – технічний рівень, тенденції розвитку.

Огляди старіють значно повільніше, ніж первинні наукові документи. Після появи в сучасній науково–технічній літературі 30-40 статей з якихось питань виникає потреба в оглядовій статті, яка акумулює відомості про це питання на даний момент часу.

6. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

6.1. Завдання та методи теоретичного дослідження

Метою теоретичного дослідження є виділення в процесі синтезу знань суттєвих зв'язків між досліджуваним об'єктом та навколишнім середовищем, об'єднання та узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей та їх формалізація.

Теоретичні дослідження завершуються формуванням теорії, необов'язково пов'язаної з побудовою її математичного апарата. Вона може бути представлена у вигляді якісних правил або математичних рівнянь.

Завданням теоретичного дослідження є узагальнення результатів дослідження, знаходження спільних залежностей шляхом обробки та інтеграції дослідних даних, розширення результатів дослідження на ряд подібних об'єктів, без повторення всього обсягу досліджень, вивчення об'єкта, недоступного для безпосереднього дослідження, підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (обґрунтування параметрів, умов спостереження, точності вимірювань).

При проведенні теоретичних досліджень широко використовуються поділ та об'єднання елементів досліджуваної системи (об'єктів, явищ). Після поділу об'єкта вивчається взаємозв'язок елементів та здійснюється

моделювання цих елементів. Елементи об'єднуються в складну модель об'єкта. На всіх етапах побудови моделі здійснюється її спрощення, при цьому вводяться певні припущення. При побудові моделей об'єкта дослідження повинні використовуватися найбільш загальні принципи та закономірності.

Протилежний поділу є метод об'єднання та пов'язаний з ним комплексний підхід до вивчення об'єкта, який найчастіше об'єднують під назвою "загальна теорія систем" або "системологія". В структурі загальної теорії систем виділились два напрямки. Мета першого напрямку – розвиток як деякої філософської концепції, в т.ч. системний аналіз, системний підхід. Другий напрямок – математичний апарат з чітким описом закономірностей.

Загальна теорія систем базується на трьох постулатах: 1) функціонування системи може бути описане на основі розгляду формальних структурно-функціональних зв'язків між окремими елементами системи; 2) організація роботи системи може бути визначена на основі спостережень, проведених ззовні шляхом фіксації станів лише тих елементів системи, які безпосередньо взаємодіють з навколишнім середовищем; 3) організація системи повністю визначає її функціонування та характер взаємодії з навколишнім середовищем.

Теоретичні дослідження включають: аналіз фізичної суті процесів, явищ, формування гіпотези дослідження, аналіз теоретичних рішень, формування висновків. В технічних науках необхідно прагнути до застосування математичної формалізації висунутих гіпотез та висновків.

В процесі виконання теоретичних досліджень необхідно ставити та вирішувати різні задачі. Структура будь-якої задачі включає в себе умови та вимоги. Умови – це визначення інформаційної системи, з якої необхідно виходити при вирішенні задачі. Вимоги – це мета, якої необхідно прагнути в результаті рішення. Умови і вимоги можуть бути вихідними, приведеними та знайденими.

Процес проведення теоретичних досліджень складається звичайно з декількох стадій. Оперативна стадія включає в себе перевірку можливостей усунення технічного протиріччя, оцінку можливих змін в середовищі, які оточують об'єкт дослідження, аналіз можливості перенесення вирішення задачі з інших галузей знань. Систематична стадія визначає вплив зміни одної частини об'єкта на побудову інших його частин, визначаються необхідні зміни інших об'єктів, які працюють разом з даними. На стадії постановки задачі визначається кінцеве рішення, або вибирається найбільш оптимальний шлях її вирішення та визначаються кількісні показники.

Постановка задачі є найбільш важливою частиною її вирішення. Перетворення початкового нечіткого завдання в чітке часто полегшує вирішення задачі. Творчі вирішення задачі являють по суті розрив звичних уяв та поглядів на явище з іншої точки зору. Творчі думки виникають тим частіше, чим більше сил, праці, часу затрачено на постійне осмислення шляхів вирішення теоретичної задачі. Важливу роль при побудові теорій відіграють логічні методи та правила.

Теоретичні дослідження є функцією мислення, яка полягає в тому, щоб відкрити, перевірити, частково засвоїти різні області природи, створити та

розвинути світогляд. В цьому процесі пізнання природи розкривається більш повно, але з кожною новою підтвердженою гіпотезою виявляється все більше проблем.

6.2. Використання математичних методів в дослідженнях

Розв'язування задач математичним методом полягає в створенні математичної моделі. Математичне формулювання задачі може бути представлене у вигляді чисел, геометричного образу, функцій, систем рівнянь тощо. Опис об'єкта може бути представлено за допомогою безперервної або дискретної, детермінованої або статистичної функції, або іншими математичними формами. Математична модель - це система математичних відношень, формул, функцій, рівнянь, системи рівнянь, опис тих чи інших сторін об'єкта, явища, процесу.

Перший етап математичного моделювання – постановка задачі, визначення об'єкта та мети моделювання. Наступний етап – встановлення меж області впливу об'єкта, що вивчається. Потім йде вибір типу математичної моделі. При цьому встановлюється: лінійність чи нелінійність, динамічність чи статичність, стаціонарність чи нестаціонарність, а також степінь детермінованості об'єкта, чи процесу.

Лінійність встановлюють за характером статичної характеристики досліджуваного об'єкта. Статична характеристика – це зв'язок між величиною зовнішньої дії на об'єкт та максимальною величиною його реакції на зовнішню дію. Вихідна характеристика системи – зміна вихідного сигналу системи в часі. Нелінійність статичної характеристики та наявність запізнювання на реакцію зовнішньої дії – ознаки нелінійності об'єкта.

Застосування лінійної моделі дозволяє використати принципи суперпозиції. Цей принцип стверджує, що коли на систему діє декілька вхідних сигналів, то кожен з них фільтрується системою так, немовби ніякі інші сигнали на неї не діють.

Динамічність чи статичність здійснюється у відповідності з аналізом стану об'єкта в часі. Може виявитися, що при малих проміжках часу об'єкт є статичним, а при великих – динамічним, тобто, один стан переходить в інший. Тому важливим є вибір відрізків часу, протягом яких виконується вимірювання. При виборі типу моделі імовірнісного об'єкта важливо встановити його стаціонарність. Про стаціонарність чи нестаціонарність імовірнісних об'єктів судять за зміною в часі параметрів закону розподілу випадкових величин. При описі квазидетермінованих (імовірніснодетермінованих) об'єктів може використовуватися теорія диференціальних рівнянь з коефіцієнтами, які відповідають певним законам.

Мета та задачі, які ставлять при математичному моделюванні відіграють досить велику роль при виборі типу моделі. Практичні задачі вимагають простого математичного апарату, а фундаментальні – більш складного, допускають проходження ієрархічних математичних моделей, починаючи від чистофункціональних і закінчуючи моделями, які використовують твердовстановлені закономірності та структурні параметри. При виборі моделі необхідно враховувати аналіз огляду результатів досліджень інших авторів.

Цей аналіз дозволяє встановити неперервність чи дискретність досліджуваного показника та об'єкта в цілому. В неперервних об'єктах всі сигнали є неперервною функцією часу. В дискретних об'єктах всі сигнали квантуються в часі та за амплітудою.

Встановлення неперервності об'єкта дозволить використати для його моделювання диференційні рівняння. Дискретність об'єкта дає можливість використати для математичного моделювання теорії автоматів. Вибір виду математичної моделі в даному класі є третім станом математичного моделювання.

Для опису складних об'єктів з великою кількістю параметрів можливе розбиття об'єктів на окремі елементи, встановлюються зв'язки між ними на різних рівнях ієрархій. Особливе місце на етапі вибору типу математичної моделі займає опис перетворення вхідних сигналів у вихідні характеристики об'єкта.

Вибір типу моделі динамічного об'єкта зводиться до складних диференційних рівнянь. Модель динамічного об'єкта може бути побудована і в класі алгебраїчних функцій. Однак такий підхід є обмеженим, тому для повноти моделі перевагу слід віддавати моделям, побудованим в класі диференційних рівнянь.

Якщо досліджувані змінні є лише функціями часу, то для моделювання використовуються звичайні диференційні рівняння, якщо змінні є функціями просторових координат то для опису таких об'єктів необхідно користуватися більше рівняннями в часткових похідних. Методологія моделювання динамічних систем в класі диференційних рівнянь суттєво залежить від схеми взаємодії об'єкта з середовищем та степені знання входу та виходу об'єкта.

При відсутності апріорної інформації про входи та виходи об'єкта диференційні рівняння, які моделюють динаміку об'єкта, складаються на основі пропозицій або знань про властивості і структуру об'єкта. Універсального методу складення диференціального рівняння немає, можна лише використовувати деякі загальні підходи до складання рівнянь першого порядку. Геометричні чи фізичні задачі приводять до одного з трьох видів рівнянь:

- 1). диференційне рівняння в диференціалах,
- 2) диференційне рівняння в похідних,
- 3) прості інтегральні рівняння з наступним перетворенням їх в диференційні рівняння.

При цьому необхідно відзначити, що при складенні диференційних рівнянь регульованих об'єктів слід визначити умови отримання режиму рівноваги при роботі об'єкта, тобто рівняння статичної рівноваги.

Введенням в рівняння динамічної рівноваги залежностей, які описують прирости, часто приводить до підвищення порядку диференційного рівняння. Однак при деяких спрощеннях порядок диференційного рівняння можна знизити. Такими спрощеннями є нехтування інерційністю об'єкта або лінеаризація приростів. Для лінеаризації останніх часто використовують розклад функції в ряд Маклорена.

Будь-яке диференційне рівняння – це модель цілого класу явищ, які характеризуються однаковими процесами. При інтегруванні рівнянь отримують

велику кількість рішень, які задовольняють вихідне диференційне рівняння. Щоб отримати з множини можливих рішень одне, яке задовольняє лише досліджуваний процес, необхідно задати додаткові умови диференційному рівнянню. Умови, які розкривають всі особливості даного рівняння, називають умовами однозначності. Вони характеризуються наступними ознаками: геометрією системи (форма та розміри тіла), фізичними властивостями тіла (теплопровідність, волого провідність, пружність тощо), початковими умовами, тобто станом системи в початковий момент, граничними умовами, тобто умовами взаємодії системи на межі з навколишнім середовищем. Початкові та граничні умови називають крайовими.

При моделюванні імовірнісних об'єктів окрім законів розподілу вхідних та вихідних величин суттєвим є зв'язок між ними. Тому в склад моделі включають коефіцієнти взаємної кореляції та функції:

$$H_M = f(X); R = f(X); Y_{CP} = f(X); \delta = f(X),$$

де X – вхідна дія, H_M – максимальна ентропія вихідних характеристик, R – відносна організація вихідних характеристик, Y_{CP} – середнє значення вихідної величини, δ – середньоквадратичне відхилення вихідної величини.

Максимальна ентропія вихідних характеристик оцінюється по формулі:

$$H_M = \log_2 n,$$

де n – число станів об'єкта.

Для оцінки числа стану об'єкта використовується формула:

$$n = \frac{Y_{\text{МАКС}} - Y_{\text{МІН}}}{\Delta Y},$$

де $Y_{\text{МАКС}}$, $Y_{\text{МІН}}$ – максимальне та мінімальне значення вихідної величини, ΔY – точність вимірювання вихідних величин.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується її попереднім контролем. При цьому здійснюється наступні види контролю: розмірностей, порядків, характеру залежностей, екстремальних ситуацій, граничних умов, математичної замкнутості, фізичного змісту, стійкості моделі.

Контроль розмірностей зводиться до перевірки виконання правила, згідно якого прирівнювати та сумувати можна величини однакової розмірності.

Контроль порядків, направлений на спрощення моделі. При цьому визначається порядок сумування величин, а явно малі додатки відкидаються.

Контроль характеру залежностей зводиться до перевірки напряму та швидкості зміни одних величин при зміні інших. Напрямок та швидкість, які впливають з математичної моделі, повинні відповідати фізичному змісту задачі.

Контроль екстремальних ситуацій зводиться до перевірки наглядного змісту вирішення при наближенні параметрів моделі до нуля чи безмежності.

Контроль граничних умов полягає в тому, що перевіряється відповідність математичної моделі граничним умовам, які впливають зі змісту задачі. При цьому перевіряється, чи дійсно граничні умови поставлені і враховані при побудові шуканої функції і, що функція насправді задовольняє цій умові.

Контроль математичної замкнутості зводиться до перевірки того, що математична модель дає однозначне рішення.

Контроль фізичного змісту зводиться до перевірки фізичного змісту проміжних відношень, які використовуються при побудові математичної моделі.

Контроль стійкості моделі полягає в перевірці того, що зміни вихідних даних в рамках існуючих даних про реальний об'єкт не приведуть до суттєвої зміни розв'язку.

6.3. Аналітичні методи

Другим етапом розв'язку задач математичними методами є вибір методу дослідження моделі. При виборі методу керуються принципом відповідності зовнішньої та внутрішньої правдоподібності, який аналогічний відомому правилу наближених обчислень: степінь точності обчислень повинна відповідати степені точності вихідних даних, вибір методу дослідження тим ефективніший, чим більше є відомостей про кінцеве вирішення задачі. Такі відомості можуть бути отримані шляхом прикладних досліджень моделі або її елементів.

Знання якісних та кількісних характеристик шуканого рішення допомагає при виборі точності методу дослідження. Статичні системи, які представлені за допомогою алгебраїчних рівнянь, досліджуються за допомогою визначників, методу ітерацій, методів Крамера та Гауса. У випадку труднощів з аналітичними розв'язками використовуються наближені методи: графічний метод, метод хорд, метод дотичних, метод ітерацій.

Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, які представлені в класі диференціальних рівнянь, також представлені класом до якого відносяться розв'язуване рівняння. Якщо в результаті розв'язку алгебраїчних рівнянь отримуються числа, то при вирішенні диференціальних рівнянь отримують функції. Для розв'язку диференціальних рівнянь широко вириховується метод розділення змінних, метод підстановки, метод інтегруючого множника, метод якісного аналізу тощо. Для детального вивчення моделей динамічних систем, побудованих в класі диференціальних рівнянь, використовується якісна теорія диференціальних рівнянь. Якісна теорія диференціальних рівнянь дозволяє отримати всі можливі розв'язки – регулярні та особливі. В основі якісної теорії лежить поняття фазового портрета системи.

Багато задач досліджується за допомогою варіаційного числення. Щоб сформулювати задачу варіаційного числення, вводять поняття функціонала. При теоретичних дослідженнях широко використовується теорія функцій комплексної змінної. В основі цієї теорії лежить положення про комфортне перетворення, у відповідності з яким дві криві, що перетинаються Z_1Z_2 та Z_1Z_3 з області Z завжди можна перевести в область W відповідними кривими W_1W_2 та W_2W_3 , зберігаючи рівність кутів між кривими і в кожній парі.

Аналітичні методи, як правило, дозволяють успішно розв'язувати лише відносно прості задачі. В той же час все частіше виникає необхідність використання складних диференціальних рівнянь або їх систем з складними початковими та граничними умовами. Їх розв'язок вельми складний і невідомий. В цих випадках використовують числові методи. Ідея числових методів полягає в наступному:

1). В плоскій області G_1 , в якій розшукується рівняння, будується сіткова область G_k , яка складається з плаваючих клітинок і наближається до області G .

2) Задане диференційне рівняння замінюється в вузлах побудованої сітки відповідними кінцево-різницевиими рівняннями.

3). На основі граничних умов встановлюється значення шуканого розв'язку в граничних вузлах області G_k .

Якщо розв'язати отриману систему кінцево-різницевиих рівнянь, то знайдемо значення шуканої функції в вузлах сітки, тобто будемо мати числові розв'язки поставленої задачі. Вибір сіткової області проводиться в залежності від конкретної задачі, але у всіх випадках контур сіткової області G_k необхідно вибирати так, щоб він як можна краще апроксимував контур заданої області G . Сіткова область може складатися з квадратних, прямокутних та інших клітинок.

При вирішенні практичних завдань знайшли широке застосування методи перетворення вихідних рівнянь (логарифмічні, перетворення Лапласа, Фур'є тощо).

Логарифмічні рівняння є найпростішим способом перетворень. Нехай нам потрібно отримати розв'язок простого рівняння:

$$Y = a^{0,2},$$

яке називається оригіналом функції.

Піднесення числа a до степені $0,2$ прямими методами важко зробити. Тому здійснюється перетворення даного рівняння за допомогою логарифмування:

$$\log Y = 0,2 \log a,$$

яке називається зображенням функції.

При логарифмуванні функції переводяться з простору оригіналів в простір зображень і операція піднесення до степеня зводиться до множини чисел $0, 2$ та $\log a$, що не викликає труднощів. За допомогою антилогарифмування отриманий результат переводять з простору зображення в простір оригіналів.

Перетворення Лапласа широко використовується при розв'язуванні диференціальних та інтегральних рівнянь. В процесі розв'язку цих рівнянь широко використовуються таблиці перетворень функцій, майже так само, як і при використанні логарифмів.

Базуючись на методі перетворення функцій, розв'язуються задачі перехідних процесів в системах керування. В процесі аналізу оперують передавальними функціями.

Крім методу передавальних функцій для аналізу систем керування широко використовується метод частотних характеристик, який складає теоретичну базу узагальненого гармонічного аналізу.

Частотні характеристики систем керування використовуються при аналізі стійкості, якості перехідних процесів та динамічної точності, синтезу коректуючих пристроїв.

Крім перерахованих методів при вирішенні задач керування широко використовуються: метод компараментального аналізу, інформаційні методи.

6.4. Імовірісно-статистичні методи

Ці методи використовуються при дослідженні випадкових, імовірнісних процесів.

Теорія імовірностей вивчає випадкові події та базується на наступних основних показниках. Сукупність множини однорідних подій випадкової величини X складає первинний статистичний матеріал. Сукупність, до якої входять найбільш різноманітні масові явища, називають генеральною сукупністю або більшою вибіркою N . Звичайно вивчають лише частину генеральної сукупності, яка називається вибірковою сукупністю або малою вибіркою N . Імовірністю $P(X)$ події X називають відношення числа випадків $N(X)$, які приводять до появи події X до загального числа можливих випадків N :

$$P(X) = N(X)/N.$$

Теорія імовірностей розглядає теоретичний розподіл випадкових величин та їх характеристики. Математична статистика займається способами обробки та аналізу емпіричних подій. Ці дві споріднені науки складають єдину математичну теорію масових випадкових процесів, які широко використовуються в наукових дослідженнях.

В дослідженнях іноді мало знати функції розподілу. Необхідно також знати її характеристики: середньоарифметичне і математичне очікування, дисперсію, розмах ряду розподілу. Мірою розсіювання (точності вимірювання) є дисперсія або середньоквадратичне відхилення. Таким чином, дисперсія характеризує розсіювання випадкової величини по відношенню до математичного очікування.

При аналізі багатьох випадкових дискретних процесів користуються розподілом Пуасона.

Для дослідження кількісних характеристик деяких процесів (час обслуговування автомобілів на станції обслуговування, час відмов машин та виробів, тривалість телефонних розмов тощо) можна застосувати показниковий закон розподілу.

В різних областях досліджень широко застосовують закон розподілу Вейбулла або закон розподілу Пірсона.

При дослідженні імовірнісних систем широкого розповсюдження набули дисперсний, регресивний, кореляційний та спектральний аналізи, а також їх різноманітні комбінації

Методи теорії імовірностей та математичної статистики часто використовують в теорії надійності, яка часто застосовується в різних галузях науки та техніки. Під надійністю розуміють властивості виробу виконувати задані функції на протязі необхідного періоду часу. Забезпечення надійності продукції – одне з основних народногосподарських завдань. В теорії надійності відмови розглядаються як випадкові події. Для дослідження складних процесів імовірнісного характеру застосовують метод Монте-Карло, за допомогою якого визначають найкращі розв'язки з множини варіантів, які розглядаються. Цей метод статистичного моделювання або статистичних випробувань базується на використанні випадкових чисел, які моделюють імовірнісні процеси.

Результати розв'язку методу дозволяють встановити емпіричні залежності досліджуваних процесів.

При дослідженні процесів та об'єктів останнім часом стали застосовувати методи, які базуються на теорії масового обслуговування. Її мета - пошук умов найбільшої ефективності роботи системи "вимога - обслуговування". Під обслуговуванням розуміють задоволення будь-якої заявки. Таким чином, така система складається з числа вимог, приладу, який обслуговує, та вихідного потоку. В залежності від умов функціонування системи число вимог створює чергу на обслуговування.

Для оптимізації різних процесів використовується метод теорії ігор, яка розглядає різні процеси в залежності від випадкових ситуацій. Теорію ігор можна назвати математичною теорією конфліктів, пов'язаних з тим, що інтереси двох сторін не співпадають. Прикладом конфліктної ситуації є спортивні ігри. Як правило, теорія ігор розглядає конфліктні ситуації при частковій чи повній відсутності даних про обставини.

При аналізі математичного результату, отриманого при теоретичних дослідженнях, часто ставиться задача оптимізації досліджуваних процесів, для чого використовуються методи оптимізації з математичним програмуванням: аналітичні, градієнтні, автоматичні з самонастроюваними моделями.

На практиці зустрічаються задачі оптимізації, коли при знаходженні екстремуму цільова функція f та граничні рівняння її області S виявляються лінійними. При розв'язанні задач такого класу найчастіше використовуються методи лінійного програмування, які полягають в знаходженні екстремуму критерію оптимальності в задачах з лінійними рівняннями.

Деякі виробничі процеси безперервно змінюються. До числа таких можуть бути віднесені процеси управління виробничим процесом. В зв'язку зі зміною умов виробництва необхідно розглядати постійно нові ситуації. Вирішення таких практичних задач з урахуванням різних ситуаційних змін можна здійснювати за допомогою методу динамічного програмування. Динамічне програмування - це математичний метод оптимізації рішень, спеціально пристосованих до багатокрокових операцій.

Для оптимізації процесу методами лінійного або динамічного програмування немає стандартних рішень. В кожному конкретному випадку використовують свій метод. Більш детально з використанням методів теоретичних досліджень можна ознайомитись в спеціальній літературі в залежності від профілю досліджень, які необхідно провести.

7. МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОВІЙ ТА ТЕХНІЧНІЙ ТВОРЧОСТІ.

7.1. Подібність та моделювання в наукових дослідженнях

Моделювання – це метод практичного або практично -опосередкованого оперування об'єктом. При цьому досліджується не сам об'єкт, а проміжний - допоміжний, який знаходиться в деякій об'єктивній відповідності з самим об'єктом пізнання, що здатний на окремих етапах пізнання представляти в певних відношеннях об'єкт, який вивчається, а також давати за досліджуваною моделлю інформацію про об'єкт. При моделюванні завжди повинні бути

присутні деякі відношення, які встановлюють умови переходу від моделі до досліджуваного об'єкта. Такі відношення носять назву масштабу. Моделювання включає наукові дослідження, які направлені на вирішення як загально-філософських, так і загальнонаукових проблем, а також вирішення конкретних науково-технічних проблем. Прийоми аналізу та апарат вирішення вимагають встановити критерії подібності. Подібність явищ характеризується відповідністю величин, які приймають участь в явищах, що проходять в моделях та оригіналах і може бути трьох видів: абсолютна, повна та неповна.

Абсолютна подібність вимагає повної тотожності станів або явищ в просторі і часі, які являють собою абстрактні поняття, які реалізуються лише уявно.

Повна подібність – подібність процесів в часі та просторі, які достатньо повно для мети даного дослідження визначають явища, які досліджуються.

Неповна подібність пов'язана з вивченням процесів лише в часі або лише в просторі.

Приблизна подібність реалізується при деяких спрощених допущеннях, які приводять до спотворень, які наперед кількісно оцінені.

З точки зору адекватності моделі можуть бути фізичними, аналоговими, математичними.

Теорема про подібність. Таких теорем є три. Перша і друга отримані, якщо виходити з припущень, що мова йде про явища, подібність яких наперед відома. Вони встановлюють відношення між параметрами наперед подібних явищ, не вказуючи методів визначення подібності між явищами, та шляхом реалізації подібності при побудові моделей. Відповідь на останнє питання дає третя теорема. Вона визначає необхідні та достатні умови для того, щоб явища стали подібними.

Перша теорія подібності. У явищах, подібних в тому чи іншому змісті, можна знайти певні поєднання параметрів, які називаються критеріями подібності і мають однакові значення. У випадку подібності процесів, які описуються рівняннями з неоднорідними функціями, аргументи неоднорідних функцій повинні бути рівними, оскільки вони в тому випадку є критеріями подібності. Можливими є умовно подібні процеси, подібність яких виконується при введенні змінних масштабів (квазіподібні). Можливими є два випадки подібності: звичайний, геометричний, коли куб перетворюється в куб іншого розміру, та, так зване, афінне, коли куб перетворюється в паралелепіпед.

Друга теорема подібності. Всяке повне рівняння фізичного процесу, записане в певній системі одиниць, може бути представлене у вигляді залежності між безрозмірними співвідношеннями параметрів, які входять в рівняння, що є одночасно критеріями подібності. Ця теорема вказує на можливість заміни змінних та скорочення їх числа з m розмірних до n безрозмірних величин. Таким чином, спрощується обробка аналітичних та теоретичних досліджень, оскільки зв'язок між безрозмірними критеріями подібності n найчастіше є простішим. Перехід до безрозмірних відношень дозволяє поширити результати дослідження, проведеного для конкретного явища, на ряд подібних явищ.

Третя теорема подібності. Необхідними та достатніми умовами подібності є пропорційність подібних параметрів, які входять в умови однозначності, та рівень критеріїв подібності явищ що вивчаються.

Три теореми доповнюються положеннями, які мають суттєве значення при вирішенні багатьох практичних задач. Такими додатковими положеннями є:

1. Подібність складних систем, які складаються з декількох підсистем, відповідно подібних, забезпечується подібністю всіх схожих елементів, які є спільними для підсистем. Подібні складні системи залишаються подібними після будь-яких спрощень, якщо ці спрощення були проведені в системах відповідно одночасно.

2. Всі теорії та умови подібності справедливі для систем різної складності, можуть бути розподілені на нелінійні системи, або системи зі змінними параметрами, якщо виконуються умови співвідношення відносних характеристик, подібних параметрів, які є нелінійними та змінними.

3. Умови подібності, справедливі для ізотропних систем, які характеризуються однаковістю фізичних властивостей по всіх координатах всередині даної системи, можуть бути поширені на анізотропні системи, які мають неоднакові властивості по різних напрямках.

4. В системах, які не є геометрично подібними, але мають нелінійні подібні простори, процеси можуть бути фізично подібними, якщо в подібних точках простору мають подібні зміни параметрів процесу.

5. Всі умови подібності, які відносяться до детерміновано заданих систем, справедливі для статистично визначених систем при умові співпадіння у цих систем густин імовірностей подібних параметрів, які представлені у вигляді відносних характеристик.

7.2. Види моделей

Будь яка модель – це природний або штучний об'єкт, який знаходиться у відповідності з об'єктом, що вивчається, або з якою-небудь його стороною. Моделі всіх видів поступово набувають все більшого значення, що дозволяє проводити наукові дослідження різних процесів, уточняти теорію роботи різних установок, перевіряти висновки та отримувати повну уяву, що важко було б зробити лише на умові розрахунку. Моделі мають велике значення з точки зору навчання, що дозволяє неоднократно відтворювати аварійний режим пристроїв.

Концептуальні моделі припускають розробку та використання моделей, які формуються спостереженням в процесі навчання та спостереженням за об'єктом під час його функціонування.

Кібернетичні моделі базуються на отриманні співвідношень між вхідними та вихідними функціями для деякого "чорного" ящика, як явище, що вивчається без розкриття його внутрішньої структури.

Квазіаналогові та електронні моделі займаються синтезом ланок, які є моделями різних об'єктів і мають особливо велике значення при розв'язуванні задач, які виникають при проектуванні та експлуатації великих систем технічного призначення. Електронне моделювання дозволяє успішно вирішувати задачі, шляхом створення моделей з комбінованих операційних

блоків та проведення синтезу моделей. На сьогоднішній день значна увага приділяється задачам синтезу на відміну від задач аналізу. Синтез повинен забезпечувати також визначення впливу зовнішньої дії на систему. Модель відкриває можливість дослідження дій об'єкта в аварійному режимі, а також відтворення всіх дій обслуговуючого персоналу в умовах ближчих до природних.

7.3. Організація та обробка результатів експерименту

Великі швидкості обчислення сучасними персональними комп'ютерами забезпечують короткий час аналітичних розв'язків. Однак при помилках фізичного чи формального характеру ПК може так саме швидко видати неправильне рішення. Тому особливого значення набуває апробація програм з точки зору коректності закладених в неї величин.

Експеримент є не лише шляхом безпосереднього вирішення науково-технічних задач, але і допомагає знаходити найкращий засіб аналітичних рішення. Моделі різних видів повинні застосовуватися разом та одночасно з ПК.

Критеріальна програма проведення експериментів дає оцінку результату, яка поширюється на клас явищ, а не лише на одичне явище. Методи планування експерименту дозволяють вирішити цю задачу з мінімальною кількістю дослідів при надійній статистичній інтерпретації на кожному етапі. Для використання моделювання в технічних та інженерних задачах суттєве значення має автоматизація отриманих критеріїв подібності за допомогою ПК. Чітко провести будь-який експеримент, об'єктивно отримати дані про досліджуваній процес та поширити матеріал, отриманий в одному дослідженні, на серію інших досліджень можна при правильній їх постановці та обробці. Критеріальна обробка результатів досліджень дозволяє скоротити кількість необхідних експериментів за рахунок зменшення змінних факторів, поширити результати кожного з цих експериментів на необмежено великий клас подібних процесів.

Критеріальне планування експерименту та теорія подібності, які сприяють найпростішій організації експерименту та обробці його результатів, на сьогоднішній день практично об'єдналися.

7.4. Фізична подібність в моделюванні.

Поставлена задача може бути реалізована двома шляхами: 1) натуральним моделюванням, коли в об'єкт, який підлягає дослідженню, не вносять змін, не створюють спеціальних установок; при моделюванні, яке здійснюється шляхом обробки відомостей про явища або окремі процеси, які проходять в контурі, 2) на спеціальних моделях та стендах.

Фізична модель - це мініатюрна копія фізично реальної системи. Для кожної моделі завжди чітко формулюється коло завдань, яке повинно бути вирішене за допомогою цієї моделі. Це виявляє ті частини системи, які повинні бути відтворені на моделі з найбільшою новизною та точністю, яку вимагає теорія подібності, та практичною необхідністю.

Можливими є також випадки, коли модель спеціально не створюється, а на її місці використовується найбільш підходяща установка, яка забезпечує при експерименті отримання процесів, близьких до оригінальних. Перед проведенням експерименту необхідно попередньо перевірити роботу обнулення моделі на окремих її частинах. І лише після того, як отримана повна впевненість, що всі елементи моделі окремо подібні відповідним елементам оригінала, можна збирати модель в цілому, зберігаючи граничні умови при з'єднанні їх окремих елементів. Підготовлена таким чином модель дає можливість провести експерименти, отримати достовірні дані та опрацювати їх в критеріальних залежностях.

7.5. Аналітична подібність в моделюванні

Якщо явища в двох порівнювальних системах мають різну фізичну природу, але деякі, найбільш цікаві, для даного дослідження процеси, що відбуваються в двох системах, описуються формально однаковими диференціальними рівняннями, то можна сказати, що одна система є прямим аналогом-моделлю іншої. Застосування прямих моделей-аналогів обмежене, оскільки, не для всіх задач можна виставити аналогію та підібрати модель. В цьому відношенні структурні моделі, які поелементно моделюються окремими математичними операціями, більш універсальні та забезпечують більшу точність. Прикладом таких моделей є розрахункові моделі постійного струму, які використовують постійний струм як аналог змінного струму.

Розрахунок перехідного процесу складної системи викликає значні труднощі та вимагає для свого виконання багато часу. Бажання спростити цю роботу привело, з одної сторони, до створення спеціальних аналогових моделей, а з іншої – до широкого використання для дослідження типових процесів структурних аналогових моделей. При такому моделюванні масштаби, які забезпечують подібність, є розмірними величинами, що пов'язують параметри системи з машинними змінними. Число цих змінних може перевищувати число рівнянь, що моделюють процес, оскільки між ними можуть існувати додаткові зв'язки, які в явному вигляді відсутні.

Забезпечення аналогічності процесу в моделі процесу в оригіналі вимагає встановити диференційне рівняння, яке описує процес, скласти принципову схему для вирішення задачі на моделі, для кожного блока виявити умови подібності та скласти робочу схему з'єднання компонентів, потім вибрати робочу схему на комутаційному полі, задати початкові умови, здійснити пуск програми і зареєструвати отримані рішення за допомогою індикатора, осцилографа, монітора тощо.

7.6. Математична цифрова подібність та моделювання

Цифрове моделювання різних процесів застосовується в двох основних напрямках. Перший – це моделювання в теперішньому часі процесів, коли дані для обчислень поступають на ПК безпосередньо від аналізованої системи або тої, якою необхідно керувати. Для іншого напрямку немає необхідності в моделюванні при темпі діючого процесу, а можна ці процеси при моделюванні прискорити. Аналогічні задачі виникають і при великих кількостях рівнянь, які

відповідають розвитку великої системи. ПК разом з відповідним алгоритмом може розглядатися як модель процесу, який вивчається, і забезпечує вирішення наукових та технічних задач. Сучасна вчислювальна техніка дозволяє створити керовані (діалогові) програми, які дозволяють керувати процесом дослідження, що може значно спростити і підвищити якість пізнання досліджуваного об'єкта.

Вимоги до точності та достовірності результатів моделювання різні в залежності від поставлених задач та характеру досліджень. Дослідження, які пов'язані з проектними роботами, а також оцінка та відносне співставлення варіантів, не потребують високої точності результатів. Однак, точність результатів має досить велике значення у випадку, коли дослідження проводяться стосовно конкретної схеми, а отримані результати необхідно поширити на ряд оригіналів.

При отриманні на основі моделювання характерних явищ необхідно врахувати фактори, які обумовлюють різні результати, що отримуються при дослідженні оригіналів та моделей. До таких факторів відносяться неточності, обумовлені визначенням або наданням параметрів оригіналу, які входять в критерії подібності, та відтворенням параметрів на моделі, похибками вимірювань при проведенні дослідів (їх можна зменшити шляхом багатократного повторювання вимірювань), неповним врахуванням в моделі факторів, які впливають на головні процеси.

Непостійність випадково змінних параметрів, які входять в критерії подібності, приводить до того, що на критерії подібності мають вплив випадкові варіації. Тому при оцінці достовірності результатів досліджуваних систем, які мають такі параметри, необхідно також враховувати вплив випадкових факторів.

Точність результатів експериментальних досліджень реальної системи, дослідів на фізичній моделі, процедури моделювання на ПК повинні оцінюватися окремо. На практиці оцінка достовірності результатів моделювання з урахуванням похибок завдання та відтворення критеріїв подібності зводиться до двох задач: до оцінки впливу статистичних варіацій критеріїв подібності та до оцінки похибки реалізації наближеного моделювання на відміну від точного.

Отримана інформація дозволяє об'єктивно вирішити питання про необхідність точності відтворення критеріїв подібності, які відповідають степені їх впливу на досліджуваний процес.

8. ЗАСТОСУВАННЯ ПК В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

8.1. Персональні комп'ютери

ПК є пристроями, призначеними для виконання обчислювальних та логічних операцій у відповідності з програмою, яка керує його роботою. ПК обробляють внесену в них інформацію (як правило дані) в цифровій формі у вигляді послідовних операцій (арифметичних та логічних) у відповідності з раніше підготовленою програмою. Результати вирішення задачі видаються користувачу в тій чи іншій формі при допомозі різноманітних пристроїв виводу. Результати виконання операцій вводяться в оперативну пам'ять. Після

виконання всієї програми по замовленню споживача результати можуть бути виведені на екран монітора, або роздруковані за допомогою принтера. Пристрої пам'яті ПК поділяють на основні (операційні) та постійні (вінчестер). В цих пристроях зберігаються програми, вихідні, проміжні та кінцеві результати. Основна характеристика пам'яті – її об'єм та швидкодія.

Пристрої вводу інформації в ПК поділяють на дві групи: ручні та автоматичні. До ручних відносяться пульти управління, клавіатури, дисплеї. В групу автоматичних пристроїв входять пристрої для зчитування інформації з проміжного носія та пристрою безпосереднього вводу (оцифрована інформація з давача).

Інформаційна сумісність ПК передбачає єдині способи кодування інформації та формування даних. Програмна сумісність означає, що програми складені для однієї моделі ПК можуть використовуватись на інших моделях.

8.2. Програмне забезпечення ПК

На сьогоднішній день програмне забезпечення ділиться на загальне (операційні системи), які входять до складу ПК, та спеціальне, яке дозволяє розширити сферу застосування ПК. Основною задачею операційної системи є забезпечення найкращого завантаження всіх елементів ПК та зовнішніх пристроїв за рахунок організації паралельного вирішення декількох задач та автоматичного керування процесом їх вирішення. Загальне програмне забезпечення має дві функціонально самостійні частини: програми керування та програми обробки. Процесор ПК розміщує програми користувача в основній пам'яті та захист системних програм від випадкового псування або неправильного звертання. Програми керування даними або вводом-виводом забезпечують ввід чи вивід даних, слідкують за закінченням вводу чи виводу масивів даних ПК, перемикає зовнішні пристрої, передбачені для використання при дослідженні об'єкта, суміщає обробку даних в процесорі з вводом-виводом.

Програми обробки працюють під контролем керуючих програм, вони забезпечують відлагодження програм користувача та перевірку стану ПК. Однією з основних умов ефективного впровадження обчислювальної техніки в практику є застосування пакету прикладних програм. Доступність та простота використання таких програм створює передумови для більш широкого впровадження ПК в практику інженерних та наукових робіт, дозволяє спростити виконання конкретних завдань. Пакети програм будуються на базі спеціальних систем і є подальшим розвитком в конкретному напрямку. Ці програми поставляються окремо від загального програмного забезпечення ПК, вони не входять до складу операційних систем.

Розробка пакету не повинна вимагати модифікації використовуваних операційних систем. Якщо пакет програм вимагає все-таки змін в керуючій програмі, то це виконується в процесі завантаження чи інсталяції пакету. Всі пакети можуть бути розбиті на пакети, які розширюють можливості операційної системи і орієнтовані на роботу в автоматизованих системах керування.

Важливе значення при проведенні наукових досліджень має використання математичних програм. Ці програми охоплюють: обернені

матриці, системи лінійних алгебраїчних рівнянь, інтегрування та диференціювання функцій, вирішення диференціальних рівнянь першого та другого порядку, аналіз Фур'є-функцій, аналіз функцій Беселя, знаходження дійсних коренів заданих функцій, знаходження дійсних та комплексних коренів многочлена з дійсними коефіцієнтами, обчислення поліномів, обчислення екстремумів функцій, апроксимацій, інтерполяцій тощо.

Точність обчислення багатьох підпрограм пакету залежить від числа значущих цифр, які поступають в операції по обчисленню. При необхідності може бути використано подвоєні точності роботи підпрограм.

8.3. Автоматизація систем наукових досліджень

Автоматизація наукових досліджень та обробка результатів експерименту на сучасному етапі стали об'єктивною необхідністю. Це пов'язано з вимогами отримання результатів в стиснені терміни з високою достовірністю, з урахуванням більш складних взаємозв'язків досліджуваних мікрооб'єктів.

В автоматизації наукових досліджень, пов'язаних з проведенням експерименту, виділяються два рівні в єдиній системі автоматизації: об'єктивний, коли основні вимоги задаються об'єктом досліджень, та інструментальний, при якому основою є теоретична база даної предметної області, інформаційна база та засоби інформації.

9. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

9.1. Класифікація, типи та задачі експерименту

Експеримент є науково поставлений дослід з точно врахованими та керованими умовами. В науково-дослідній роботі під терміном експеримент розуміють: дослід - це цілеспрямоване спостереження, відтворення об'єкта пізнання, організація особливих умов його існування, перевірка передбачень. Під поняттям експеримент розуміють науково поставлений дослід та спостереження досліджуваного явища в точно врахованих умовах, які дозволяють слідкувати за ходом явищ і відтворювати їх кожний раз при повторенні цих умов. Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке та глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Постановка та організація експерименту визначається його призначенням. Експерименти можуть бути хімічними, біологічними, фізичними, психологічними, соціальними тощо. Вони розрізняються за способом формування умов, за метою дослідження, за організацією проведення, за структурою об'єктів та явищ, що вивчаються; за характером зовнішньої дії на об'єкт дослідження, за характером взаємодії засобів експериментального дослідження з об'єктом дослідження, за типом моделей, які використовуються в експерименті, за контрольованими величинами, за числом змінних факторів, за характером об'єктів та явищ, що вивчається.

Природний експеримент передбачає проведення дослідів в природних умовах існування об'єкта. Він може бути штучним (наприклад, в технічних

науках), перетворюючим (зміна структури об'єкта), констатуючим (підтвердження зв'язків), контролюючим (контроль результатів дії), пошуковим (встановлення нових зв'язків та залежностей), вирішальним (перевірка основних положень та теорій).

Лабораторний експеримент проводиться в лабораторних умовах з застосуванням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання. Однак, точний експеримент не завжди повністю моделює реальний хід процесу, що виявляється, тому виникає необхідність у проведенні натурального експерименту, який проводиться в природних умовах і на реальному об'єкті. Цей вид експерименту найчастіше використовується в процесі натурних випробувань досліджуваних систем. В залежності від місця проведення випробувань натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні, напівнатурні тощо. Натурний експеримент завжди вимагає ретельного обдумування та планування, раціональності вибору методів дослідження.

Експерименти може бути відкритими та закритими, які широко використовуються в психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його задача відкрито пояснюється дослідникам, в закритому – інформація приховується від дослідників.

Простий експеримент використовується для вивчення об'єктів, які не мають розгалуженої структури, з великою кількістю взаємозв'язків, які виконують найпростіші функції.

В складних експериментах вивчаються явища або об'єкт з розгалуженою структурою та з великою кількістю взаємозв'язків та взаємодіючих елементів. За допомогою цього експерименту вивчається стан об'єкта під впливом наданої йому інформації.

Речовий експеримент припускає вивчення впливу різних речових факторів на стан об'єкта (приклад, добавки для якості сталі).

Енергетичний експеримент використовується для вивчення впливу різних видів енергії на досліджуваний об'єкт. Цей тип експерименту широко використовується в природничих науках.

Звичайний експеримент включає експериментатора, як суб'єкта пізнання, об'єкт як предмет експериментального дослідження та засоби, за допомогою яких здійснюється експеримент. В звичайному експерименті експериментальні засоби безпосередньо взаємодіють з об'єктом. Вони є посередниками між експериментатором та об'єктом.

Модельний експеримент має справу з моделлю досліджуваного об'єкта. Модель входить до складу експериментальної установки, замінює не лише об'єкт досліджень, але часто і умови, в яких досліджується об'єкт. Має ряд недоліків, особливо при неправильно вибраній моделі, або неправильно вибраних умовах впливу на модель.

Зброєю уявного експерименту є уявні моделі досліджуваного об'єкта чи явища. Для пояснення уявного експерименту іноді користуються терміном „ідеалізований”. Структура уявного експерименту включає в себе: побудову уявної моделі об'єкта дослідження, ідеалізовані умови експерименту та впливи на об'єкт, свідоме та планомірне вимірювання, комбіновані умови

експерименту та дії на об'єкт, свідоме та точне застосування на всіх стадіях експерименту об'єктивних законів науки, завдяки чому виключається абсолютна довільність.

Матеріальний експеримент має аналогічну структуру. Однак в ньому використовуються матеріальні, а не ідеальні об'єкти. Основна відмінність матеріального експерименту від умовного полягає в тому, що реальний експеримент являє собою форму об'єктивного матеріального зв'язку з зовнішнім світом, в той час, як уявний експеримент, є специфічною формою теоретичної діяльності суб'єкта. Часто уявний експеримент виступає в ролі ідеального плану реального експерименту. Уявний експеримент має більш широке використання, ніж реальний, оскільки застосовується не лише при підготовці та плануванні останнього, але і в тих випадках, коли проведення реальних дослідів є неможливим.

Уявний експеримент використовується не лише вченими, але і письменниками, художниками, педагогами, лікарями. Уявний експеримент яскраво проявляється в мисленні шахматистів. Величезна роль уявного експерименту в технічному конструюванні та винахідництві. Результати уявного експерименту знаходять своє відображення в формулах, кресленнях, графіках, ескізних проектах тощо.

Пасивний експеримент передбачає вимірювання лише вибраних показників в результаті спостереження за об'єктом без штучного втручання в його функціонування. Прикладом пасивного експерименту є спостереження за інтенсивністю, складом, швидкістю руху транспортних потоків. Пасивний експеримент по суті є спостереженням, яке супроводжується інструментальним вимірюванням вибраних показників стану об'єкта досліджень.

Активний експеримент пов'язаний з вибором спеціальних вхідних факторів (сигналів) і контролює вхід та вихід досліджуваної системи.

Однофакторний експеримент припускає виділення потрібних факторів, стабілізацію факторів, які заважають почерговій зміні досліджуваних факторів.

Стратегія багатофакторного експерименту полягає в тому, що змінюються змінні відразу, кожен ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, проведених в даній серії експериментів.

Технологічний експеримент направлений на вивчення елементів технологічного процесу або процесу в цілому.

Соціометричний експеримент використовується для вимірювання існуючих міжособистих соціально - психологічних відношень в малих групах з метою їх подальших змін.

Для проведення експерименту будь-якого типу необхідно: розробити гіпотезу, яку необхідно перевірити, створити програми експериментальних робіт, визначити методи та засоби втручання в об'єкт дослідження, забезпечити умови для здійснення процедури експериментальних робіт, розробити шляхи та прийоми фіксування ходу та результатів експерименту, підготувати засоби експерименту, забезпечити експеримент необхідним обслуговуючим персоналом.

Особливе значення має правильно розроблена методика експерименту. Методика – це сукупність уявних та фізичних операцій, розташованих в певній

послідовності, у відповідності з якою досягається мета дослідження. При розробці проведення методик необхідно передбачити: проведення попереднього спостереження за досліджуваним об'єктом з метою визначення вихідних даних, створення умов, в яких можливе експериментування, визначення границь вимірювання, систематичне спостереження за ходом розвитку об'єкта чи явища та точний опис фактів, проведення систематичної реєстрації вимірювань і оцінки фактів різними засобами та методами, створення повторних вимірювань з метою підтвердження або спростування отриманих даних, перехід від емпіричного вивчення до логічного узагальнення, до аналізу та теоретичної обробки отриманого фактичного матеріалу.

Правильно розроблена методика експерименту дослідження є передумовою його цінності. Вибравши методику експерименту, дослідник повинен перевірити і її практичні можливості реалізації.

Перед кожним експериментом складається його план, який в себе включає: мету та задачі експерименту, вибір змінних факторів, обґрунтування обсягу експерименту, числа дослідів, порядок реалізації, послідовність зміни факторів, вибір кроку зміни факторів, обґрунтування засобів вимірювань, опис проведення експерименту, обґрунтування способів обробки та аналізу результатів експерименту.

Важливим етапом підготовки експерименту є визначення його мети та завдань. Кількість завдань для одного експерименту не повинна бути надто великою (від 3...4 до 9...10). Необхідно також обґрунтувати вибір засобів вимірювань, іншого обладнання. В зв'язку з цим експериментатор повинен добре знати вимірювальну апаратуру. В першу чергу необхідно використовувати стандартні, серійні прилади, робота на яких регламентується інструкціями, ДЕСТами та іншими офіційними документами. В окремих випадках виникає потреба в створенні унікальних приладів. При створенні нових приладів бажано використовувати готові вузли приладів, що вже випускаються, або реконструйовані вже готові прилади. Відповідальний момент – встановлення точності вимірювань та похибок. Методи вимірювань повинні базуватися на законах спеціальної науки – метрології, яка вивчає засоби та методи вимірювань.

Чим більше випадкових факторів впливає на дослід, тим більший розкид отриманих результатів, тим більше відхилення окремих вимірювань від середнього значення. Це вимагає повторних вимірювань, а значить необхідно знати їх мінімальну кількість. Під необхідною мінімальною кількістю вимірювань розуміють таку кількість вимірювань, яка забезпечує стійке середнє значення вимірюваної величини, яка забезпечує задану степінь точності.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналіз експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експерименту повинні бути зведені в зручні форми запису: таблиці, графіки, формули, голограми, які дозволяють швидко та якісно співставляти отримані результати та їх проаналізувати. Всі змінні повинні бути оцінені в єдиній системі одиниць фізичних величин.

Особливу увагу в методиці необхідно приділити математичним методам обробки та аналізу даних, наприклад, встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між змінними характеристиками, встановленню критеріїв та довірливих інтервалів.

Результати експериментів повинні відповідати трьом статистичним вимогам: вимоги ефективності оцінок, вимоги спроможності оцінок, вимоги незмішуваності оцінок

Після встановлення обсягу експериментальних робіт складається перелік необхідних засобів вимірювань, обсяг матеріалів, список виконавців, календарний план та кошторис витрат.

9.2. Метрологічне забезпечення експериментальних досліджень

Вимірювання – це знаходження фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Суть вимірювання полягає в порівнянні вимірюваної величини з відомою величиною, прийнятою за одиницю (еталон).

Теорією та практикою вимірювання займається метрологія – наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення їх єдності і способах досягнення необхідної точності. Основні проблеми метрології: загальна теорія вимірювань, одиниці фізичних величин та їх системи, методи та засоби вимірювань, методи визначення точності вимірювань, основи забезпечення єдності вимірювань, при яких результати вимірювань виражені в узаконених одиницях, а похибки вимірювань задані з відомою імовірністю, що є можливим при однаковості засобів вимірювання.

Важливе значення в метрології мають еталони та взірцеві засоби вимірювань. До еталонів відносяться засоби вимірювань, які забезпечують відтворення та збереження одиниці з метою передавання її розміру нижчестоящими засобами вимірювання. Еталони виконують за особливою специфікацією. Взірцеві засоби вимірювання служать для перевірки по них робочих (технічних) засобів вимірювання, які постійно використовуються безпосередньо у дослідженнях.

Метрологічна служба в країні пов'язана зі всією системою стандартизації, оскільки метрологія по суті сама є стандартизацією вимірювань та однією з основ стандартизації, оскільки забезпечує достовірність, співставимість показників якості, які закладаються в стандарти, дає методи визначення та контролю таких показників.

В свій час на базі Головної палати Всесоюзного науково-дослідного інституту метрології, який був вищим науковим метрологічним закладом країни, були створені крупні метрологічні центри, серед яких Всесоюзний науково-дослідний інститут фізико механічних та радіотехнічних вимірювань (ВНИНФТРИ), філіал якого знаходився у Львові. Тепер це об'єднання НПО „Система” з аналогічними функціями.

Важливою ланкою метрологічної служби є відома метрологічна служба, прикладом якої в Національному університеті „Львівська політехніка” є відділ метрології, стандартизації та сертифікації. Функції органів відомчої служби полягають в нагляді за станом всіх засобів вимірювань, які знаходяться у

використанні, а також розробка методів повірки засобів вимірювання з максимальним наближенням умов повірки до умов експлуатації.

Методи вимірювань поділяють на прямі та непрямі. При прямих вимірюваннях шукану величину встановлюють безпосередньо з досліду, при непрямих – функціонально з інших величин, які визначають прямим вимірюваннями.

Розрізняють абсолютні та відносні вимірювання. Абсолютні – це прямі виміри в одиницях вимірюваної величини, відносні – являють собою відношення вимірюваної величини до однойменної величини, яка відіграє роль одиниці, або вимірювання цієї величини по відношенню до однойменної, яка приймається за вихідну.

Основними методами вимірювання є:

- 1) метод безпосередньої оцінки, який відповідає визначенню значення величини безпосередньо по шкалі вимірювального пристрою прямої дії;
- 2) метод порівняння, при якому вимірювану величину порівнюють з величиною, яка відтворюється мірою;
- 3) метод протиставлення, при якому здійснюється порівняння вимірюваної величини з мірою (вимірювана величина і величина, яка відтворюється мірою, одночасно діють на прилад, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами);
- 4) диференційний метод – на вимірювальний прилад діє різниця величин;
- 5) нульовий метод: результуючий ефект дії величини доводять до нуля;
- 6) метод заміщення: вимірювану величину замінюють відомою величиною, яка відтворюється мірою;
- 7) метод співпадіння, при якому різниця між вимірюваною величиною та величиною, яка відтворюється мірою вимірюється з використанням співвідношення міток шкал або періодичних сигналів.

До засобів вимірювання відносяться міри, вимірювальні прилади, установки системи. Найпоширенішим засобом вимірювання є міра, призначена для відтворення фізичної величини заданого розміру (гиря, метр).

Вимірювальними приладами називають засоби вимірювання призначені для отримання певної інформації про досліджувану величину в зручній для експериментатора формі. Вимірювальні прилади класифікують на показуючі та реєструючі.

Вимірювальна установка (стенд) являють собою систему, яка складається з основних та допоміжних засобів вимірювання, призначених для вимірювання одної або декількох величин. Установка включає в себе різні засоби вимірювань та перетворювачі, призначені для одно та багатоступеневих перетворювачів сигналу до такого рівня, щоб можна було їх зафіксувати вимірювальними механізмами.

Вихідний сигнал засобів вимірювання фіксується пристроями, які бувають шкальними, цифровими та реєструючі ми. Вимірювальні прилади характеризуються величиною похибки та точності, стабільністю вимірювання та чутливістю. Похибки приладів бувають абсолютними та відносними. Сумарні похибки, встановлені при нормальних умовах (температура

навколишнього середовища $+20^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 80%, атмосферний тиск $1,01325 \text{ н (м}^2\text{)}$ називають основними похибками приладу.

Діапазоном вимірювання називають ту частину діапазону показів приладу, для якої встановлено похибку приладу. Різницю між максимальним та мінімальним показом приладу називають розмахом. Ще одна характеристика приладу – чутливість. Під порогом чутливості приладу розуміють найменше значення вимірюваної величини, яка викликає зміни показів приладу, які ще можна зафіксувати. Основною характеристикою приладу є його точність, яка характеризується сумарною похибкою. Засоби вимірювання поділяються на класи точності, які є узагальненими характеристиками, які визначають межі основної та додаткової похибок, які впливають на точність. Стабільність – це властивість індикаторного пристрою забезпечувати точність показів однієї і тієї ж величини. Всі засоби вимірювання проходять періодичну перевірку на точність. Така перевірка передбачає визначення і по можливості зменшення похибок приладу. Державні метрологічні інститути та лабораторії по нагляду за стандартами проводять державний контроль по забезпеченню в країні єдиних мір.

Вимірювальні прилади та стенди різних організацій обов'язково повіряються державною перевіркою раз в 1-2 роки. В період між державними перевірками здійснюється відомча перевірка, засобів вимірювання, яка по обсягу робіт мало чим відрізняється від державних перевірок, але проводяться по скороченій програмі. Такі перевірки більш оперативні у порівнянні з державними і проводяться по спеціальному графіку для даної організації. Робоча перевірка засобів вимірювань проводиться в низових ланках кожним експериментатором безпосередньо в організаціях перед початком вимірювань та спостережень. Найбільш поширеним способом перевірки приладів та оцінки його експлуатаційних характеристик є спосіб порівняння. Суть цього способу полягає в співставленні приладу, що повіряється з взірцевим при вимірюванні однієї і тієї ж величини.

Метрологічне забезпечення наукових досліджень: особливе забезпечення єдності вимірювань та потрібність засобів вимірювання є важливим фактором успішного проведення наукових досліджень. Без успішного розвитку метрології неможливий прогрес в розвитку науки і, навпаки, без успішного розвитку науки неможливий прогрес в метрології.

9.3. Робоче місце експериментатора та його організація

Робочим місцем називають частину простору, на яке поширюється дія експериментатора в процесі дослідження. Робочий простір – це часина лабораторного або виробничого приміщення, оснащеного необхідними експериментальними засобами та обслуговується одним або групою експериментаторів. Лабораторія являє собою спеціально обладнане приміщення, в якому проводяться експериментальні дослідження. У відповідності з особливостями робочого простору виділяють три типи дослідницьких лабораторій: стаціонарні, пересувні та ходові. Особливу увагу слід приділити освітленості робочого місця.

При проведенні досліджень всі аналізи, визначення та спостереження необхідно записувати в спеціальний журнал, форма якого повинна найкращим чином відповідати досліджуваному процесу з максимальною фіксацією всіх фактів та умов їх появи. Лабораторні журнали та зошити – важливі документи.

При проведенні експерименту дослідник повинен безпосередньо слідкувати за засобами вимірювань, стійкістю і установок, правильністю їх показів, характеристикою навколишнього середовища, не допускати по сторонніх осіб в робочу зону. Одночасно з проведенням текучих вимірювань, дослідник повинен проводити попередню обробку результатів та їх аналіз.

Особливе місце належить аналізу експерименту. Це завершальна частина, на основі якої роблять висновки про підтвердження гіпотези наукового дослідження. Аналіз експерименту – це творча частина експерименту.

Результати деяких лабораторних та більшості виробничих експериментів оформляються протоколом, яких підписується експериментатором та керівником виробництва. Якщо випробовуванням підлягали люди, то протокол підписується досліджуваними людьми.

9.4. Вплив психологічних факторів на хід і якість експерименту

Похибки вимірювань виникають внаслідок недосконалості методів та засобів вимірювань, недостатньо ретельного проведення досліду, впливу різних неврахованих факторів в процесі досліду, суб'єктивних особливостей експериментатора.

Похибки вимірювань класифікують як систематичні та випадкові. Систематичні – це ті, які при повторних експериментах залишаються постійними. Якщо числові значення цих похибок відомі, то їх можна врахувати під час повторних вимірювань. Випадкові похибки – це ті, які виникають випадково при повторних вимірюваннях. Різновидністю випадкових похибок є грубі похибки або промахи, які суттєво перевищують систематичні або випадкові похибки.

Особливе місце серед похибок вимірювань займають суб'єктивні, джерелами яких часто є психологічні або психофізіологічні причини. Приклад – недостатній зір експериментатора, що не дозволяє точно зчитувати показники приладу. Психологічними причинами похибок є різні психологічні бар'єри та інерційність мислення. Іноді дослідники в процесі аналізу результатів експерименту підсвідомо підганяє результати, щоб підтвердити раніше висунуту гіпотезу. Іноді помилки експерименту пов'язані з тим, що дослідник чітко собі не уявляє, що збирається отримати. В результаті не враховуються важливі фактори, що затрудняє аналіз експериментальних даних.

Будь-який результат експерименту повинен сприйматися критично і багатократно перевірятися. Краще перевірку здійснювати в інший час дня, або, по можливості, через декілька днів. Після завершення експериментів дослідник приймає те чи інше рішення: признати основну частину роботи завершеною, провести додатковий збір інформації та відбір інформації з метою підтвердження гіпотези, признати роботу невдалою тощо. Якщо самотійні досліди проводяться тривалий час, рекомендується їх обговорення в науковому

колективі, що дозволить скоректувати хід експерименту, направити його в необхідне русло.

9.5. Обчислювальний експеримент

Обчислювальним експериментом називається методологія та технологія досліджень, основана на застосуванні прикладної математики та ПК, як технічної бази при використанні математичних моделей.

На основі математичного моделювання та методів обчислювальної математики створилась теорія та практика обчислювального експерименту, технічний цикл який прийнято розділяти на наступні етапи:

1. Для досліджуваного об'єкта будується модель, спочатку фізична, яка фіксує розподіл всіх діючих та аналізованих явищ та факторів на головні та другорядні, які на даному етапі дослідження відкидаються ; одночасно формують припущення та умови застосування моделі, границі, в яких будуть справедливі отримані результати; модель записується в математичних термінах, як правило в диференційних або інтегральних рівняннях; Створення математичної моделі проводиться спеціалістами, які добре знають дану область природознавства чи техніки, а також математики, які уявляють можливість вирішення математичної задачі.

2. Розробляється метод розрахунку сформульованої математичної задачі. Ця задача представляється у вигляді сукупності алгебраїчних формул, по яких повинні вестись обчислення, та умови, які показують послідовність застосування цих формул; набір цих формул та умов носить назву вчислювального алгоритму. При організації обчислювального експерименту можна використовувати ефективні числові методи.

3. Розробляється алгоритм та програма вирішення задачі на ПК. Програмування розв'язків визначається тепер не лише мистецтвом та досвідом дослідника, а переростає в самостійну науку зі своїми при пусковими підходами.

4. Проведення розрахунків на ПК. Результат отримується у вигляді деякої цифрової інформації, яку необхідно розшифрувати.

5. Обробка результатів розрахунків, їх аналіз та висновки. На цьому етапі може виникнути необхідність уточнення математичної моделі, припущення по створенню спрощених інженерних способів , розв'язків та формул, які дають можливість отримати необхідну інформацію більш простим способом.

Обчислювальний експеримент набуває виключного значення в тих випадках, коли натурні експериментальні побудови фізичної моделі виявляється неможливими. В науці та техніці відомо немало областей, в яких обчислювальний експеримент виявляється єдино можливим при дослідженні складних систем.

10. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

10.1. Основи теорії випадкових похибок та методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях

Основу теорії випадкових похибок складають припущення про те, що при великому числі вимірювань випадкові похибки однакової величини, але різного типу, зустрічаються однаково часто, більші похибки зустрічаються рідше (імовірність появи похибки зменшується з ростом її величини); при безмежно великому числі вимірювань істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірювань, а поява того чи іншого результату вимірювання як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Розрізняють генеральну та вибірку сукупність вимірювань. Під генеральною сумісністю розуміють всю множину можливих значень вимірювань x_i або можливих значень похибок Δx_i . Для вибіркової сумісності число вимірювань n обмежене. Вважають, що якщо $n \geq 30$, то середнє значення сукупності вимірювань наближається до істинного значення.

Теорія випадкових похибок дозволяє оцінити точність та достовірність вимірювання при даній кількості замірів, які гарантують задану точність. Для нормального розподілу загальною оцінюючою характеристикою вимірювання є дисперсія D та коефіцієнт варіації k_B :

$$D = \delta^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1);$$

$$k_B = n / \bar{x}.$$

Дисперсія характеризує однорідність вимірювання. Чим вище D , тим більший розкид параметрів. Коефіцієнт варіації характеризує змінюваність. Чим вище k_B , тим більша змінність вимірювань відносно середнього значення, k_B оцінює також розкид при оцінці декількох вибірок.

Довірливим називається інтервал значення x_i , в який попадає істинне значення x_d вимірюваної величини з заданою імовірністю. Довірливою імовірністю вимірювання називають імовірність того, що істинне значення вимірюваної величини попадає в даний довірливий інтервал, тобто в зону $a \leq x_d \leq b$. Ця величина визначається в долях одиниці або в процентах. Довірювальний інтервал характеризує точність вимірювання даної вибірки, а довірювальна імовірність – достовірність вимірювання.

Визначення мінімальної кількості вимірювань. Для проведення дослідів з заданою точністю та достовірністю, необхідно знати ту кількість вимірювань при якій експериментатор впевнений в додатному результаті. Задача зводиться до встановлення мінімального обсягу вибірки N_{\min} при значеннях довірливого інтервалу 2μ та довірливої імовірності. При виконанні вимірювань необхідно знати їх точність:

$$\Delta = \delta_0 \cdot \sqrt{x},$$

де δ_0 – середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення δ , $\delta_0 = \delta / \sqrt{n}$. Значення δ_0 часто називають середньою похибкою.

Оцінка вимірювань за допомогою δ та δ_0 справедливі при $n > 30$. Для знаходження границі довірливого інтервалу при малих значеннях застосовують метод, запропонований англійським математиком В.С. Госсетом (псевдонім Стюдент). Криві розподілу Стюдента у випадку $n \rightarrow \infty$ (практично при $n > 20$) переходять в криві нормального розподілу.

В процесі обробки експериментальних даних необхідно виключити грубі похибки. Однак, перед тим як їх виключати, треба переконатися, що це дійсно груба похибка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Відомо декілька методів визначення грубих похибок статистичного ряду. Найбільш простим способом є правило трьох сігм: розкид випадкових величин всіх середніх значень не повинен перевищувати

$$x_{\max, \min} = \bar{x} \pm 3\delta.$$

Більш достовірним є метод, який базується на використанні довірливого інтервалу. При наявності грубих похибок критерії їх появи обчислюються за формулами:

$$\beta_i = (x_{\max} - \bar{x}) / \delta \sqrt{(n-1)/n};$$

$$\beta_i = (\bar{x} - x_{\min}) / \delta \sqrt{(n-1)/n},$$

де x_{\max} , x_{\min} – найбільше та найменше значення з n вимірювань.

Другий метод встановлення грубих помилок побудований на використанні критерію В.І. Романовського, може бути застосований також для малої вибірки. Методика виявлення грубих похибок зводиться до наступного. Задаються довірливою імовірністю p_d і по таблиці, в залежності від n знаходять коефіцієнт q . Розраховують гранично допустиму абсолютну похибку окремого вимірювання:

$$\varepsilon_{ГР} = \delta_g$$

Якщо $x - x_{\max} > \varepsilon_{ГР}$, то вимірювання x_{\max} визначають з ряду спостереження.

Якщо потрібно виконати мінімальну кількість вимірювань при їх заданій точності, то проводять серію дослідів, обчислюють δ , а потім визначають N_{\min} за допомогою формули:

$$N_{\min} = \frac{\delta^2 \cdot t^2}{\Delta^2} = \frac{k_B^2 \cdot t^2}{\Delta^2},$$

де $t = \mu / \delta$ – гарантійний коефіцієнт, k_B – коефіцієнт варіації, %; Δ – точність вимірювань, %.

Однією з задач теорії вимірювань є встановлення оптимальних, тобто найбільш вигідних умов вимірювання. Оптимальні умови вимірювання в конкретному експерименті мають місце при $\delta_{ГР} = \delta_{ГР\min}$. Метод розв'язку цієї задачі полягає в наступному. Якщо досліджувати функцію з одним невідомим змінним, то необхідно спочатку взяти першу похідну по x , прирівняти її до нуля та визначити x_1 . Якщо друга похідна додатна, то в точці x_1 функція має мінімум. При наявності декількох змінних поступають аналогічно, але беруть похідну по кожній змінній окремо. В результаті мінімізації функцій встановлюють оптимальну область вимірювання кожної функції, при якій відносна похибка є мінімальною, тобто $\delta_{x_i} = \min$.

Таблиця 1

n	Значення q при n _д			
	0,96	0,98	0,99	0,995
2	15,56	38,97	77,96	77,97
3	4,97	8,04	11,46	36,5
4	3,56	5,08	6,58	14,46
5	3,04	4,10	5,04	9,43
6	2,78	3,64	4,36	7,41
7	2,02	3,36	3,96	6,37
8	2,51	3,18	3,71	5,73
9	2,43	3,05	3,54	5,31
10	2,37	2,96	3,41	5,01
12	2,29	2,80	3,23	4,62
14	2,24	2,74	3,12	4,37
16	2,20	2,68	3,04	4,20
18	2,17	2,04	3,01	4,07
20	2,15	2,60	2,93	3,98
∞	1,96	2,33	2,58	3,29

Відповідальні експерименти повинні бути перевірені і на відтворюваність результатів, тобто на повторюваність в певних межах вимірювань з заданою довірливою достовірністю. Суть такої перевірки зводиться до наступного. Є декілька паралельних дослідів. Для кожного розраховується середньоарифметичне значення \bar{x}_i . Потім обчислюється дисперсія D. Щоб оцінити відтворюваність, обчислюють критерій Кохрена:

$$k_{\text{ГР}} = \max D_i / \sum_{i=1}^m D_i,$$

де $\max D_i$ – найбільше значення дисторсії, $\sum_{i=1}^m D_i$ сума дисторсій m серій.

Рекомендується приймати $2 \leq m \leq 4$. Досліди вважаються відтворюваними, якщо виконується умова:

$$k_{\text{КР}} \leq k_{\text{КТ}}$$

де $k_{\text{КР}}$ – табличне значення критерію Кохрена.

10.2. Методи графічної обробки результатів вимірювання

Графічне зображення дає найбільш наглядну уяву про результат експерименту, дозволяє краще зрозуміти суть досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності досліджуваних змінних величин, встановити наявність максимуму та мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів, як правило, використовують прямокутну систему координат. Перед тим, як будувати графік, необхідно знати хід досліджуваного явища. Як правило, якісні закономірності та форми графіка експериментатору орієнтовно відомі з теоретичних досліджень. Точки на графіку необхідно з'єднати плавною лінією таким чином, щоб вона

проходила якомога ближче до всіх експериментальних точок. Якщо з'єднати точки прямими відрізками, то отримаємо ламану криву. Вона характеризує зміни функції за даними експерименту. Різкі викривлення графіка пояснюють похибки вимірювань.

Іноді при побудові графіка одна-дві точки різко віддаляються від кривої. В таких випадках спочатку необхідно проаналізувати фізичну суть явища і, якщо немає умов для появи скачка функції, то таке різке відхилення можна пояснити грубою похибкою або промахом.

Часто на графічному зображенні результатів експерименту виникає необхідність мати справу з трьома змінними $b = (x, y, z)$. В цьому випадку використовують метод розділення змінних. Однією з величин z в межах інтервалу вимірювань $z_1 - z_n$ задають декілька послідовних значень. Для решти двох змінних x та y будують графіки $y_1 = f_1(x)$ при $z = \text{const}$. В результаті на одному графіку отримують сімейство кривих $y = f_1(x)$ для декількох значень z . Прикладом таких графіків можуть бути вигідні характеристики транзистора при різних значеннях струму бази.

При графічному зображенні результатів експерименту велику роль відіграє вибір системи координат або координатної сітки. Координатні сітки бувають рівномірними та нерівномірними. У рівномірних координатних сітках ординати та абсциси мають рівномірну шкалу. З нерівномірних координатних сіток найбільш поширеними є нерівномірні логарифмічні та імовірнісні. Імовірнісні сітки використовують в різних випадках: при обробці вимірювань для оцінки точності, при визначенні розрахункових характеристик (графіки, наприклад, амплітудно-частотних характеристик).

Масштаб на координатних осях звичайно буває різним. Від його вибору залежить форма графіка – він може бути плоским або витягнутим. Вузькі графіки дають більшу похибку по осі y , широкі – по осі x . В деяких випадках будують номограми, які суттєво полегшують для застосування розрахунків складних теоретичних або емпіричних формул в певних межах вимірюваних величин. Номограми можуть відображати алгебраїчні вирази і тоді складні математичні вирази можна розв'язувати порівняно просто графічними методами.

10. 3. Метод підбору емпіричних формул

На основі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчний вираз функції:

$$y = f(x),$$

які називають алгебраїчними формулами. Такі формули підбирають лише в межах вимірюваних значень аргументу $x_1 \rightarrow x_n$ і мають тим більшу цінність, чим більше відповідають результатам експерименту. Необхідність в підборі емпіричних формул виникає в багатьох випадках. Емпіричні формули повинні бути по можливості найбільш простими і точно відповідати експериментальним даним в межах зміни аргументу. Таким чином, емпіричні формули є приблизними виразами аналітичних формул. Процес підбору емпіричних формул складається з двох етапів:

1 етап. Дані вимірювання наносять на сітку прямокутних координат, окремі точки з'єднують плавною кривою і вибирають орієнтовний вид формули.

2 етап. Обчислюють параметри формул, які найкращим чином відповідали б прийнятній формулі. Підбір емпіричних формул необхідно починати з найбільш простих виразів.

Лінеаризацію кривих можна легко здійснити на напівлогарифмічних сітках, які широко використовуються при графічному методі емпіричних формул.

Графічний метод вирівнювання може бути застосований в тих випадках, коли експериментальна крива на сітці прямокутних координат має вигляд плавної кривої. В цьому випадку можна користуватися виразами: $y = a_x^b$; $y = a \cdot e^{bx}$; $y = c + ax^b$ тощо.

При підборі емпіричних формул широко використовуються поліноми

$$y = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + \dots + A_{12}x^{23},$$

де A_0, A_2, \dots, A_{23} – постійні коефіцієнти.

Поліномами можна апроксимувати будь-які результати вимірювань, якщо вони графічно виражаються безперервними функціями. Особливо цінним є те, що навіть при невідомому точному виразі функції можна визначити значення коефіцієнтів A . Для визначення коефіцієнта A крім графічного методу застосовують методи середніх та найменших квадратів. Суть методу найменших квадратів полягає в тому, що якщо всі виміри функцій $y_1, y_2 \dots y_n$ проведені з однаковою точністю, і розподіл величини похибок вимірювання відповідає нормальному закону, то параметри досліджуваного рівняння визначаються з умов, при якому сума квадратів відхилення вимірюваних величин від розрахункових приймає найменше значення.

10.4. Регресивний аналіз

Під регресивним аналізом розуміють дослідження закономірностей зв'язку між явищами, які залежать від багатьох невідомих факторів. Одному значенню x відповідає декілька значень y . Отже, функцію $y = f(x)$ є регресивною (кореляційною), якщо катому значенню аргументу відповідає статичний ряд розподілу y . Встановлення регресивних залежностей між величинами y та x можливі лише тоді, коли виконуються статистичні виміри.

Суть регресивного методу зводиться до встановлення рівняння регресії, тобто виду кривої між випадковими величинами, оцінка зв'язку між ними, достовірності і адекватності результатів вимірювання. Якщо на кореляційному полі усереднити точки, то для кожного значення, з'єднавши, можна отримати ламану лінію, яка називається експериментальною регресивною залежністю.

Розрізняють однофакторні (парні) і багатфакторні регресивні залежності. Парна регресія при першій залежності може бути апроксимована прямою лінією, параболою, гіперболою, логарифмічною, степеневою або показниковою функцією, поліномом тощо.

Двохфакторне поле можна апроксимувати площиною, параболоїдом другого порядку, гіперболоїдом. Лінію регресії розраховують з умов найменших квадратів.

На практиці часто виникає потреба у встановленні зв'язків між y та багатьма параметрами x_1, \dots, x_n на основі багатофакторної регресії.

Багатофакторні теоретичні регресії апроксимуються поліномами першого та другого порядку. Математичні моделі характеризують стохастичний процес досліджуваного явища, рівняння регресії визначають систематичну, а похибка розкиду – випадкову складову.

Теоретичну модель множинної регресії можна отримати методами математичного планування, тобто активним експериментом, а також пасивним, коли точки факторного простору вибираються в процесі експерименту довільно.

10.5. Оцінка адекватності теоретичних рішень

Методи оцінки адекватності основані на використанні довірливих інтервалів, які дозволяють з заданою довірливою імовірністю визначити шукане значення оцінюваного параметра. Суть такої перевірки полягає в співставленні отриманої або передбачуваної теоретичної функції $y = f(x)$ з результатом вимірювань. На практиці для оцінки адекватності користуються різними статистичними критеріями узгодження. Одним із таких критеріїв є критерій Фішера. Встановлення адекватності – це визначення похибки апроксимації дослідних даних. Критерій Фішера використовують для визначення адекватності малих вибірок. При великих вибірках використовують критерії Персона, Романовського, Колмогорова.

10.6. Елементи теорії планування експерименту

Математична теорія експерименту визнає умови оптимального проведення дослідження, в тому числі, при неповному знанні фізичної суті явища. Для цього використовуються математичні методи при підготовці та проведенні дослідів, що дозволяє дослідити та оптимізувати складні системи і процеси, які забезпечують високу ефективність експерименту та точність визначення досліджуваних факторів. Експерименти звичайно ставлять невеликими серіями по наперед узгодженому алгоритму. Після кожної невеликої серії проводиться обробка результатів спостереження та приймаються суворо обґрунтовані рішення про те, що робити далі.

До теорії математичного експерименту входить ряд концепцій, які забезпечують успішну реалізацію задач дослідження. До них відносяться концепції рандомізації, послідовного експерименту, математичного моделювання оптимального використання факторного простору та ряду інших.

При використанні методів математичного планування експерименту можливо: вирішувати різні питання, пов'язані з вивченням складних процесів та явищ; проводити експеримент з метою організації технологічного процесу до змінних оптимальних умов його протікання і забезпечувати таким чином високу ефективність його здійснення.

Принцип рандомізації полягає в тому, в план експерименту вводять елемент випадковості. При послідовному проведенні експеримент виконується не довгочасно, а поетапно, з тим, щоб результат кожного етапу можна було аналізувати і приймати рішення про доцільність подальшого проведення досліджень. В результаті експерименту отримують рівняння регресії, яке часто називають моделлю процесу. Для конкретних випадків математична модель з цілеспрямованості процесу та задач дослідження, з урахуванням необхідної точності вирішення та достовірності вихідних даних. Оскільки степінь полінома, який описує процес, передбачити неможливо, то спочатку пробують описати явище, підвищують степінь полінома, тобто проводять спостереження експерименту поетапно.

Важливе місце в теорії планування експерименту займають питання оптимізації процесів, які досліджуються, властивостей багатоканальних систем та інших об'єктів. У більшості випадків за критерій оптимальності вибирають лише один із змінних станів критерію – функцію відгуку, а решту вважають прийнятним для даного випадку.

11. ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОЇ РОБОТИ ТА ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

11.1. Оформлення результатів наукової роботи

Після того, як сформульовані висновки та узагальнення, обдумані докази та підготовані ілюстрації, настає наступний етап – літературне оформлення отриманих результатів у вигляді звітів, доповідей, статей тощо.

Процес літературного оформлення результатів творчої праці передбачає знання та виконання деяких вимог, які висувуються до наукового рукопису. Особливо важливим є якість викладення, систематичність і послідовність в поданні матеріалу.

Текст рукопису необхідно розділити на абзаци. Критерій такого поділу – зміст написаного: кожен абзац містить самостійну думку, яка викладена в одному або декількох реченнях.

В рукописі слід уникати повторів, не допускати переходу до наступної думки, коли перша не отримала кінцевого висловлення. Не можна допускати розтягнутих фраз з нагромадженням додаткових речень. Виклад повинен мати критичну оцінку існуючих точок зору, які мають місце в літературі з даного питання. В тексті бажано менше посилань робити на себе. Цитати, використані в рукописі, повинні мати точні посилання на джерела.

Необхідно зберігати єдність умовних позначень та скорочених слів, які б відповідали стандартам. Якщо використовуються нестандартні скорочення, то в рукописі доцільно зробити таблицю і помістити її на початку рукопису, після змісту.

При написанні наукового звіту доцільно дотримуватися наступного загального типу викладу. Спочатку визначається назва, яка повинна бути короткою і відповідати суті роботи. Зміст повинен розкривати короткий зміст шляхом позначення основних розділів, частин, глав та інших підрозділів роботи.

Іноді при оформленні роботи виникає необхідність дати передмову. В ній викладаються загальні передумови створення наукової праці: чим викликана її поява, коли і де була виконана робота, перераховуються організації та особи, які сприяли виконанню роботи.

В короткому вступі автор вводить читача в коло проблем, подає основні питання дослідження, визначає значення проблеми, її актуальність, мету роботи, стан проблеми на даний час. Не слід при цьому зачіпати факти та висновки, які будуть викладені в наступних розділах наукової роботи.

За вступом розташовують огляд літератури з питання, яке розглядається. При цьому важливо відділити більш важливу літературу від менш важливої.

В основний зміст роботи включають матеріали, методи, експериментальні дані, узагальнення та висновки самого дослідження. При написанні цього матеріалу необхідно уявити собі питання за пропонованим матеріалом, які можуть передусім зацікавити читача і, у відповідності з цим, дати на них вичерпну відповідь. Особливу увагу необхідно звернути на точність використання в тексті слів та виразів, не допускати можливості їх подвійного тлумачення.

Якщо введені нові поняття та терміни, їх необхідно детально пояснити. Цифровий матеріал представляється в легкодоступній для огляду формі. Не потрібно вносити в таблиці величини, які для всіх рядків є однаковими. Про це зручніше повідомити в тексті. Кожна таблиця, яка є в тексті, повинна мати назву, номер і відповідати мінімум на чотири питання: що ?, де ?, коли ?, звідки ?. Якщо в таблиці є пропуски, то необхідно пояснити причину їх появи.

Висновки пишуться в кінці роботи, як підсумковий матеріал і повинні відповідати лише тому матеріалу, який викладено в роботі, у вигляді коротко сформульованих та пронумерованих окремих тез. При цьому необхідно дотримуватися принципу: у висновках необхідно йти від часткового до загального і важливого положення. Характерною помилкою при написанні висновків є опис ходу виконання роботи, а не представлення одержаних основних результатів.

На завершення даються узагальнення найбільш суттєвих положень наукового дослідження, підводяться його підсумки, показується справедливність висунутих автором нових положень, а також висувуються питання і проблеми, які ще вимагають вирішення. Підсумки роботи ні в якому разі не повинні повторювати висновки. Вони мають бути невеликими, але містити повну інформацію. В кінці роботи проводиться перелік використаних джерел.

В наукових працях часто виникає необхідність в кінці роботи дати додатки, до яких відносяться допоміжні таблиці, графіки, додаткові тексти тощо. Іноді за текстом роботи потрібно готувати реферат або анотацію. Анотація – це коротка характеристика роботи з точки зору змісту, призначення, форми та інших особливостей. Реферат має вигляд скороченого викладу змісту первинного документа з основними фактичними відомостями та висновками. Реферат на відміну анотації виконує не сигнальну, а пізнавальну функцію, відповідаючи на питання "про що йде мова в первинному документі".

Основні вимоги до оформлення науково-дослідного звіту викладені в ДЕСТі з оформлення документації.

Важливим етапом роботи над рукописом звіту або іншого матеріалу, який готується до друку, є редагування, яке здійснюється спочатку автором при роботі над рукописом, а потім редактором. Основа редагування – це критичний аналіз призначеного до видання твору, з метою його правильної оцінки та вдосконалення змісту та форми. При редагуванні тексту особлива увага звертається на суть і повноту фактів, що приводяться, їх достовірність, точність і переконливість, на відповідність законів та закономірностей конкретної науки або галузі знань, на відповідність окремих частин тексту їх функціям, на форму тексту.

Важливими сторонами форми тексту є композиційна, рубрикаційна, логічна, мовностилістична, графічна. Автор не повинен вважати, що усувати недоліки в його рукописі - справа редактора. По суті автору рекомендується в якійсь мірі продублювати редактора. Це перша ступінь обробки рукопису. Необхідно змиритися з численними змінами, скороченнями та доповненнями. Бажано через деякий проміжок часу перечитати рукопис і оцінити його в цілому та по частинах, немовби з точки зору читача. Третя ступінь – детальне прочитання для виявлення помилок в тексті, відповідності ілюстрацій, термінологій та позначень. Тільки після цього рукопис можна здавати в редакцію.

Якщо робота оформляється у вигляді статті в журнал, то вона повинна відправлятися в редакцію в закінченому вигляді у відповідності з вимогами, які звичайно публікуються в окремих номерах журналів як пам'ятки для авторів. Рукопис статті, як правило, повинен мати повну назву роботи, прізвище та ініціали авторів, анотацію, список використаної літератури, дозвіл на опублікування у відкритому друку (акт експертизи). Рукопис повинен бути підписаний автором, а в додатку повинні бути приведені прізвища, ім'я та по-батькові, вчена ступінь, їх телефони та адреси. Обсяг публікацій залежить від конкретного журналу і не повинен перевищувати 20-25 сторінок, а для повідомлень 2...5 сторінок.

Можливим є також депонування статті. Матеріали для депонування оформляють за такими ж правилами, що і звичайні статті. Депонування передбачає не лише прийом та зберігання рукописів, але і організацію інформації про них, копіювання рукописів за запитом споживачів.

Після опублікування реферату депонованої статті автору видають довідку, в якій вказані його прізвище, назва рукопису, назва реферативних видань, де опубліковано реферат та його номер.

11.2. Оформлення заявки на передбачуваний винахід

Науково-дослідні роботи, виконані в області прикладних, особливо, технічних наук, нерідко мають результати, які містять в собі нову конструкцію, матеріал, технологічний процес тощо. В зв'язку з цим всі результати наукових досліджень необхідно проаналізувати на предмет можливого винаходу, і, якщо таке виявиться, необхідно оформити заявку на цей винахід. Об'єктами винаходу можуть бути пристрої, способи, речовини, використання раніше відомих пристроїв, методів за новим призначенням з додатнім ефектом, штами мікроорганізмів. Зі сторони правової охорони до винаходів прирівнюються

наукові селекційні досягнення: нові сорти та гібриди сільськогосподарських культур, породи сільськогосподарських тварин та птахів, типи види пухових звірів та породи тутового шовкопряду.

Винаходами можуть бути методи і системи організації та управління господарством; умовні позначення, розклади і правила; проекти та схеми планових споруд, будинків та територій; матеріали та системи виховання, викладання, навчання, дресирування тварин, граматика мови, системи інформації, класифікації, системи обробки та упорядкування документації, системи математичних побудов та перетворень, методи розрахунків, математичні вирішення задач, пропозиції, що стосуються зовнішнього вигляду виробів.

В Україні існує лише одне авторське право – патент (в Радянському Союзі існувало авторське свідоцтво і патент). При оформленні документів на видачу патенту необхідно подати: опис винаходу з формулою винаходу, креслення, схеми, акт випробувань та інші матеріали, які ілюструють пропонований винахід, якщо вони потрібні для його більш повного розкриття, довідку про творчу участь кожного з авторів у створенні винаходу, анотацію, в якій коротко викладено те, що розкрито в описі винаходу з визначенням області застосування та можливості використання винаходу, висновки про новизну технічного рішення, разом з відомостями про патентні дослідження і очікуваним техніко-економічним ефектом; акт експертизи.

Для кожного виду заявок передбачено окремий бланк. Опис винаходу є основним документом заявки. В опис входять: назва винаходу та клас міжнародної класифікації винаходу, область техніки, до якого він відноситься, передбачувана область використання винаходу, характеристика його аналогів, характеристика прототипу та критичні зауваження до нього, мета та суть винаходу, ознаки, за якими він відрізняється від прототипу, перелік фігур графічного зображення, приклади конкретного виконання, техніко-економічна ефективність та формула винаходу.

Формула винаходу – це складена, за встановленими правилами, коротка словесна характеристика, яка висловлює технічну суть, ознаки об'єкта винаходу. Під ознаками об'єкта винаходу розуміють вузол, деталь, пристрій, операцію, параметри режиму, способи тощо. Суттєвими ознаками є такі, кожний з яких необхідний, а разом взяті, достатні для того, щоб відрізнити даний об'єкт винаходу від всіх інших і характеризують його в тій якості, яка проявляється в додатковому ефекті. Формула винаходу складається, або у вигляді одного пункту (однопланова), або багатьох пунктів (багатопланова).

Кожний пункт формули винаходу повинен складатися з обмежуючої частини, яка містить в собі спільні ознаки для об'єкта і прототипу; відрізняючої частини, яка містить в собі ознаки, що відрізняють об'єкт, який заявляється, від прототипу, мету винаходу, що характеризує додатний ефект.

Висновок про новизну суттєвих відмінностей та додатний ефект технічного рішення готується компетентними у відповідній області спеціалістами, вирішується на засіданні науково-технічної ради чи її секції, кафедри, лабораторії, відділу або іншої структури підрозділу організації. Повноту та достовірність приведених у довідці даних засвідчує керівник

патентного підрозділу або відділу по винахідництву та раціоналізації. Висновок про новизну містить в собі назву пропонованого винаходу, авторів та відомості про проведені патентні пошуки у вигляді довідки про можливі області застосування в народному господарстві, про очікуваний науково-технічний або інший ефект та про готовність пропонованого об'єкта до використання в народному господарстві. Відомості про патентний пошук повинні відображати вивчену заявником патенту документацію; науково-технічну літературу, яка має пряме відношення до пропонованого винаходу, вивчені в процесі пошуку аналоги пропонованого винаходу з пропозицією найбільш близького аналога-прототипу. Пошук проводиться по таких країнах: Великобританія, США, Франція, Німеччина, Швейцарія, Японія, Румунія, СРСР до 1991 р, Росія, Україна.

Відомості про творчу участь співавторів наводяться у довідці спеціальної форми, де вказується конкретно творча участь кожного співавтора у створенні винаходу (за ознаками об'єкта).

11. 3. Усне представлення інформації

Значну частину наукових повідомлень учені та спеціалісти отримують від усних джерел – доповідей та повідомлень на нарадах, семінарах, симпозіумах, конференціях та бесідах при особистих зустрічах тощо.

Нарада – це форма колективних зустрічей, де, як правило, обмінюються думками вчені різних напрямів, склад учасників наради та тривалість виступів строго регламентуються.

Колоквіум – форма колективних зустрічей, де обмінюються думками вчені різних напрямків. Всі присутні є учасниками невимушеної дискусії. На колоквіуми офіційні зустрічі не призначаються.

Симпозіуми – це напівофіційні бесіди з наперед підготованими доповідями, а також можливими є виступи експромтом. Учасники симпозіуму можуть відвідувати не всі доповіді, а зустрічатися в кулуарах.

Конференція – найбільш поширена форма обміну інформацією. Одна частина учасників – доповідачі – повідомляє про нові ідеї, результати теоретичних та експериментальних робіт, про проведені дослідження, відповідає на запитання. Інша, набагато більша частина – слухачі, які сприймають інформацію, можуть задавати питання та приймати участь в обговоренні. На доповідачів та слухачів падає велике інформаційне навантаження. Тому встановлюється суворий регламент для доповідачів, учасників обговорення, організується секційна робота. Іноді на конференціях організуються стендові доповіді, тоді у відведеному місці вивіщується ілюстрований матеріал до доповіді, а доповідач відразу відповідає на питання, оскільки ті, хто задає питання, як правило, приймають рішення та рекомендації.

З'їзди та конгреси є вищою, найбільш представницькою формою спілкування і мають національний та міжнародний характер. Тут виробляється стратегія в певному напрямку науки чи техніки або в ряді суміжних областей.

Найбільш відповідальна задача у всіх заходах випадає на долю доповідачів. Доповідь забезпечує можливість апробації результатів наукового дослідження в думках інших осіб, перевірити зроблені висновки через різні

оцінки спеціалістів, перебороти сумніви та протиріччя. Особливо корисними в цьому змісті є виступи слухачів та наукові дискусії.

До доповіді треба готувати тези. Це стислі, коротко сформульовані основні положення доповіді, повідомлення тощо. Вони включають виклади основних положень всієї наукової роботи від початку до кінця, а не лише власне дослідницьку частину.. Тези – це розгорнуті висновки, з вступною і обґрунтовуючою частиною та підсумками в кінці роботи. В тезах в короткій формі (одна, дві фрази) дають обґрунтування теми, характеристику виникнення питання, викладена методика дослідження та його результати. Тези можуть бути короткими або розгорнутими, але вони завжди відрізняються від основного тексту доповіді, повідомлення тим, що в них відсутні деталі, пояснення, ілюстрації. Обсяг тез 1 – 2 сторінки.

Доповідачі в процесі доповіді часто використовують демонстраційний матеріал та техніку. Графічний матеріал доцільно виконувати на креслярському папері. До графічного матеріалу відносяться схеми та діаграми алгоритмів.

Діаграми алгоритмів використовуються для наглядного представлення алгоритму аналітичного розв'язку задачі, розподілу процесу на самостійні та легко перетворювані частини і для забезпечення роботи з алгоритмом.

До технічних засобів, які використовуються доповідачем, відносяться діапроектори, проєкційні установки: автономні та під'єднані до комп'ютера.

Виступ з доповіддю – це самоперевірка, самоконтроль автора, через звернення за допомогою до колективного розуму. При цьому дуже важливими є поради, зауваження, зроблені слухачами.

Дискусія – це корисна форма колективного мислення, різні точки зору, висловлені під час дискусії, сприяють активному мисленню, заставляють реально обдумувати і обґрунтовувати власну точку зору. Найбільш активна форма участі в дискусії – це висловити свою думку, чи точку зору, які повинні бути обґрунтованими. Етика поведінки під час дискусій може бути визначена так: пошук істини, а не перемога над противником, бо останній може виявитися правим.

12. ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

12.1. Державна система впровадження

Кінцевою формою реалізації науково-дослідної роботи є впровадження. Під впровадженням розуміють введення в дію і експлуатацію оформленого у відповідності з вимогами, освоєного і прийнятого робочого варіанту об'єкта досліджень. На сьогоднішній день поняття впровадження наукових досліджень поступово наповнюється іншим змістом та набуває сенс освоєння та використання результатів досліджень.

Впровадження класифікують за двома ознаками: форма матеріального втілення, робоча функція впровадженого об'єкта. За формулою матеріального втілення об'єкти впровадження діляться на наступні групи: будинки та споруди, машини, прилади, обладнання, технологічні процеси, методи та засоби контролю та випробувань, матеріали, споживча продукція, засоби

автоматизації та керування процесами і об'єктами, системи організації і керування, алгоритми та програми тощо. За робочими функціями об'єкти впровадження поділяються на такі групи: експлуатація будинків та споруд, виготовлення продукції, виконання виробничих робіт, функціонування систем організації та керування, програми затвердження типових контрольно-методичних та керівних технічних матеріалів.

Процес впровадження складається з двох етапів: дослідно-виробничого впровадження та серійного впровадження. Наукова розробка на першому етапі впровадження вимагає дослідної перевірки у виробничих умовах. Тривалість таких випробувань встановлюється спеціальними розрахунками. Результати випробувань оформляються у вигляді пояснювальної записки, до якої додаються різні акти з оцінкою конструктивних, технологічних, експлуатаційних, економічних, ергономічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних, організаційних та інших особливостей випробовуваних взірців. Акти підписуються представниками замовника та підрядника.

Перший етап впровадження вимагає великих фінансових затрат, значної трудомісткості при виготовленні дослідних взірців, пов'язаний з тривалими виробничими випробуваннями, часто вимагає доробок та переробок. На цьому етапі необхідна участь авторів у дослідженні дослідних взірців та розробки рекомендацій по їх вдосконаленню. За результатами випробувань дослідний взірець впроваджуваного об'єкта повинен бути дороблений, а технічна документація відкоректована у відповідності з доробками. Порядок проведення випробувань регламентується ДЕСТом.

Державна система впровадження включає три рівні: загальнодержавний, галузевих міністерств та відомств, розробників та виробничі організації.

Керівництво всією роботою по формуванні, розташуванні та контролю за виконанням державних замовлень з розвитку науки та техніки і ходом впровадження результатів здійснюється Держкомітетом з науки і техніки. Рівень міністерств та відомств дозволяє використовувати найбільш ефективні форми організації впровадження науково-дослідних робіт. Останнім часом набуло поширення створення госпрозрахункових науково-виробничих об'єднань та учбово-виробничих колективів. В основу їх діяльності покладено програмно-цільовий метод організації та плануванні НДДКР, який будується за схемою: проблема – мета – проблема – ресурси – кінцевий результат.

Ефективний механізм впровадження закінчених НДР створюється на рівні „розробник – виробниче підприємство”. Організаційною формою такого механізму є відділи або групи впровадження у розробників та відділи нової техніки у виробників. Ці підрозділи займаються конструкторською і технологічною розробкою, організацією процесу впровадження, розрахунками економічної і соціальної ефективності впровадження об'єктів.

Вищі навчальні заклади забезпечують впровадження результатів НДР в учбовий процес. Формулами впровадження є внесення результатів НДР в підручники, учбові та учбово-методичні посібники, збірники задач, практикумів, формування на основі результатів НДР нових та модернізованих існуючих курсів лекцій, розробка та створення технічних засобів навчання – взірців машин, приладів, стендів, обладнання для учбових лабораторій,

демонстраційного матеріалу для проведення лекцій та практичних занять, розробка дипломних та курсових проектів по темі НДР.

12.2. Ефективність та критерії наукової роботи

Ефект від впровадження НДР – це результат, який знаходить відображення в скороченні живої і матеріалізованої праці на виробництві продукції в галузі. Ефект наукових досліджень може мати різну природу: економічний ефект (ріст національного доходу), скорочення грошових затрат на виробництво продукції, зменшення затрат на наукові дослідження тощо. Соціально-економічний ефект (підвищення продуктивності праці, ліквідація важкої праці, покращення санітарно-гігієнічних, психологічних, організаційних умов праці, захист природи, підвищення працездатності, збереження здоров'я людей тощо); укріплення обороноздатності країни, підвищення престижу науки. Фактичну річну економію живої та матеріалізованої праці, виражену в гривнях, називають річним економічним ефектом.

Річний економічний ефект в залежності від стадії завершення роботи може бути попереднім, очікуваним, фактичним, потенційним.

Попередній економічний ефект розраховується на стадії техніко-економічного обґрунтування доцільності проведення дослідження за збільшеними показниками на очікуваний об'єкт впровадження. Очікуваний економічний ефект розраховують на стадії завершення досліджень за результатами НДР у відповідності з нормативно-довідковими показниками на плановий об'єкт впровадження. Фактичний економічний ефект розраховується після впровадження розробки за фактичними показниками звітного року та діючими нормами підприємства або організації, яка здійснювала впровадження. Потенційний економічний ефект - це сума, розрахована по збільшених показниках на можливий обсяг виробництва і дає інформацію та обґрунтування доцільності широкого впровадження розробок.

Фундаментальні дослідження починають давати економічний ефект лише після значного періоду після початку робіт. Їх результати застосовують в різних галузях народного господарства, іноді в тих, де їх зовсім не очікували. Тому важливо планувати очікувані результати та ефективність таких досліджень.

Ефективність дослідження колективу та одного працівника оцінюють по різному. Ефективність роботи одного наукового працівника оцінюється числом публікацій, новизною розробок, цитуванням робіт тощо. Кількість публікацій не завжди об'єктивно відображає ефективність наукового працівника. Бувають випадки, коли при меншій кількості опублікованих робіт віддача є значно більшою, ніж при великій кількості публікацій малих розмірів. Виробітку наукового працівника часто оцінюють вартістю НДР, виконаних за рік. Ефективність роботи наукової групи чи колективу оцінюється показником економічної ефективності, показником продуктивності праці, кількістю впроваджених тем, патентів, кількістю проданих ліцензій або отриманою валютною виручкою.

При розрахунку очікуваного економічного ефекту можливими є різні випадки: визначення очікуваного ефекту від впровадження у порівнянні з

плановим: розрахунок ефекту з метою порівняння розробок з кращими вітчизняними та зарубіжними стандартами, встановлення ефекту з метою порівняння з існуючим взірцем на даному виробництві. Після виконання НДР створюється економічний потенціал, який реалізується по мірі впровадження результатів досліджень у виробництво. Економічний ефект залежить від об'єму та тривалості впровадження, затрат на покращення якості продукції тощо. При розрахунку економічного ефекту необхідно врахувати так звані невиробничі витрати на наукові дослідження, виготовлення та випробування дослідних взірців, дослідно–промислове виробництво результатів НДР.

12.3. Організація роботи в науковому колективі. Основні принципи керування науковим колективом

Найбільш прийнятний стиль роботи наукового керівника просто і чітко сформулював академік Іоффе. Він говорив: «мистецтво керування співробітниками зводиться до декількох простих вимог. В спілкуванні з учнями будь простим, демократичним та принциповим. Радій та підтримуй їх, якщо вони праві, зумій переконати їх, якщо вони неправі, науковими аргументами. Якщо ти хочеш, щоб учень займався новою твоєю ідеєю, або новим напрямом, зроби це непомітно, максимально стараючись, щоб він так само прийшов до цієї ідеї, прийнявши її за свою власну, яка прийшла йому в голову під впливом розмов з тобою. Він вчив, якщо не приймав участі в роботі, ніколи не приписуй свого прізвища до статей. Якщо інтереси справи вимагають від тебе, як керівника, переключити групу співробітників на нову тематику, поясни, чому вона потрібна державі. Поясни, чому ти зацікавлений в тому, щоб саме даний співробітник був на новій роботі, ніколи не заставляй щось робити, користуючись своїм становищем.. Давай можливість учням максимально себе проявити, самим справлятися з труднощами. Тільки таким шляхом ти виростиш не лаборанта, а справжнього вченого». Приведені вимоги по суті повністю відображають принципи керування, яких повинен дотримуватися керівник наукового колективу. Ефективність управління науковим колективом передбачає повну збалансованість робочих місць. Цього особливо важко досягнути в науковому колективі, де технологія діяльності окремих науковців строго не визначена. Збалансованість робочого місця означає, що цьому місцю можна приписувати лише ті функції, які забезпечені засобами, необхідними для їх виконання. Обов'язки та права повинні бути при цьому взаємно врівноваженими.

При виборі методів та засобів керування науковим колективом велике значення має його чисельність. Коли в безпосередньому підпорядкуванні більше семи-восьми чоловік, керівник в процесі керування починає відчувати певні труднощі. З ростом чисельності колективу ці труднощі безперервно зростають. Деякі керівники при цьому стараються як можна довше утримати керування кожною людиною, інші виділяють групу для безпосереднього керування, треті якось структурують колектив.

Перший стиль керівництва може привести до хаотичного керування, коли керівник віддає вказівки одним підлеглим, а питає з інших, не враховуючи розподілені обов'язки. В тому випадку завжди знаходяться співробітники, які

пообіцяли виконати завдання, але нічого не роблять і стараються не потрапляти на очі начальнику. Інший стиль частково звільнений від такого недоліку, оскільки керівник слідкує безпосередньо лише за 3÷5 підлеглими. Третій стиль пасивний, оскільки керування практично повністю віддається до підлеглих і іноді приводить до помилкового стилю керування, коли всі в рівній степені безвладні та безвідповідальні.

Успіх в діяльності наукового колективу часто залежить від того, чи виконуються наступні принципи організації роботи з людьми:

- принцип інформативності про суть проблеми, будь яке корисне нововведення може бути сприйняте позитивно, якщо всім членам колективу стане ясно, які задачі будуть вирішені в результаті їх роботи;
- принцип превентивної оцінки роботи, який полягає в інформативності співробітників про негативні наслідки самого процесу керування;
- принцип ініціативи знизу. Інформація про завдання повинна ввійти в свідомість кожного виконавця;
- принцип тотожності. Працівники всіх ланок повинні бути проінформовані про можливі проблеми і залучені до участі в їх вирішенні;
- принцип перманентного інформування. Керівництво постійно повинно інформувати весь колектив як про досягнуті успіхи, так і про труднощі та зриви;
- принцип безперервності діяльності. Завершення роботи повинно співпадати з початком нової роботи;
- принцип індивідуальної компенсації. Обмін особливостей цінностних орієнтацій людей, їх потреб та інтересів;
- принцип обліку типологічних особливостей сприйняття іновацій різними людьми. Цей принцип показує, що всіх людей можна поділити на новаторів, ентузіастів, раціоналізаторів, нейтралів, скептиків, консерваторів, ретроградів. Враховуючи ці індивідуальні властивості характерів, можна цілеспрямовано впливати на працівників, формувати їх поведінку, сприяти ефективній діяльності.

12.4. Ділове листування

Документи поділяють на прості і складні. Прості висвітлюють одне питання, складні – декілька. Текст будь-якого документа повинен складатися з двох або більше частин. В першій викладають обґрунтування документа, в другий – пропозиції, рішення, розпорядження, висновки та прохання. В більшості випадків документ повинен складатися із вступу, доказів та підсумків.

В залежності від документа використовують прямий або зворотний порядок розташування логічних елементів. В першому випадку після вступу ідуть докази та висновки. Кожному виду документа притаманні свої мовні конструкції. Для розпорядних актів – важлива вказівна форма, при складанні службових листів використовується форма логічного доведення тощо. При складанні тексту документа повинні забезпечуватись достовірність та об'єктивність змісту при нейтральності тону, повнота інформації та

максимальна стислість за рахунок викидання слів, які не несуть змістовної інформації.

12.5. Організація ділових нарад

На ділових нарадах співробітники вчаться разом думати масштабно, комплексно підходити до обговорюваної проблеми, враховувати не лише близькі, але і далекі наслідки, рішень які приймаються. Ділові наради дозволяють керівнику ширше проявити власні якості: організованості, відповідальності, сили переконання, вміння працювати з кадрами.

Малоефективні наради приводять до від'ємних соціально-психологічних наслідків. Умовно всі ділові наради можна систематизувати за специфікою розглянутих питань (технічні, кадрові, фінансові, технологічні тощо); за частотою чи періодичністю; за складом та кількістю учасників; за колом чи кількістю питань, які виносяться для обговорення; за структурою чи організацією; за методами проведення тощо. Однак найбільш зручно класифікувати ділові наради за завданнями.

На проблемних нарадах здійснюється пошук оптимального управлінського рішення поставленої проблеми. Такі наради проводять за схемою: доповідь – питання до доповідача – обговорення – прийняття рішення. Інструктивна нарада переслідує метод передавання розпоряджень по лінії керування. Доцільно конкретизувати роботу кожного виконавця. На оперативних нарадах керівництво отримує інформацію про наявний стан справ знизу догори за схемою керування. Підготовка нарад являє собою комплекс організаційних та економічних засад. Час проведення нарад краще встановлювати в кінці робочого дня, оскільки в іншому разі виникають великі втрати часу. При проблемних нарадах повинно приймати участь вузьке коло компетентних осіб, відсутність кожного з яких зменшує якість наради. Підбір учасників наради здійснює керівник. Він відповідає за виконання прийнятих рішень. Ефективність ділової наради залежить від порядку дня, тобто переліку питань, які необхідно обговорити на нараді. Доцільно на нараду виносити не більше двох-трьох запитань. Підготовку доповіді необхідно доручити спеціалісту, який добре знайомий з проблемою. Підготовка обговорення зводиться до ознайомлення учасників наради з порядком денним. Керування дискусією вимагає ряду правил. Не можна допускати різких випадів виступаючих проти опонентів, потрібно проявляти такт, коли висвітлюється протилежна думка. Кінцева мета ділової наради – прийняття рішення, або часто є спеціальна комісія, або безпосередньо керівник, який підводить підсумки та формує рішення.

12.6. Формування та методи об'єднання колективів

При формуванні та згуртуванні колективу керівнику необхідно знати і виконувати організаційні принципи та правила. Необхідно враховувати правило неадекватності відображення людини людиною, щоб не потрапити в залежність від рівня отриманих оцінок, які вже склалися. На основі хибної згоди може скластися неправильна уява про співробітника. Наносить шкоду для діяльності колективу ефект поблажливості, якщо появляються тенденції надлишкової

поблажливості, оцінки якості особистості, подій та вчинків.. Типовою логічною помилкою може бути побудова на неправильному припущенні тісного зв'язку певних властивостей особистості з ознаками поведінки.

Іноді неправильна оцінка особистості формується через так звані похибки контрасту. Врахування перерахованих вище оцінок співробітників може сприяти підвищенню його працездатності. Здоровий психологічний клімат в колективі – основа згуртованості та ефективності роботи колективу. Цьому сприяє орієнтація стимулів до праці одночасно і на власні потреби. Керівництву необхідно враховувати матеріальні та моральні стимули співробітників. Ефективний метод згуртування колективу – широке залучення співробітників до технічної творчості, винахідництва та керування справами виробництва.

12.7. Психологічні аспекти взаємовідносин керівника та підлеглих

Кожен керівник повинен мати певний рівень компетентності, який визначається його особистими можливостями, кваліфікацією, знаннями, досвідом. Саме компетентність дозволяє йому приймати участь у розробці певного кола рішень, або вирішувати самому. В процесі керування керівник повинен дотримуватися службової етики, тобто норм, правил поведінки, сила яких базується на суспільній думці та традиціях, повинен вміти виділяти суттєві загальні та особливі риси в людях, в ситуаціях, розуміти логіку розвитку ситуації, переносити додатній досвід з одної ситуації на іншу.

Оцінюючи співробітника позитивно, керівник повинен враховувати багато факторів, від співвідношення яких залежить правильність його оцінюваного рішення: характер виконуваної роботи, досвід виконання подібної роботи раніше, реакцію колективу, заохочування співробітника тощо. Враховуючи ті чи інші фактори можна точніше зорієнтуватися при оцінці співробітника і у формі її оголошення.

Особливе почуття міри, великого психологічного такту вимагається від керівника при негативній оцінці діяльності. Лише з урахуванням факторів, які характеризують наслідки допущеної помилки, переважно співробітником зі своєї вини, керівник може правильно оцінити працівника і в зв'язку з цим посилити або послабити критику, відразу її висловити, чи через деякий час, при яких обставинах, у якій формі, від чийого імені. Але завжди рішення, яке приймається, не повинно залежати від самопочуття та настрою керівника.

Ще необхідно додати, що керівнику в психологічному спілкуванні з підлеглими необхідно враховувати особливості психології чоловіків та жінок, вік, темперамент, освітній рівень співробітників, мати знання про конфлікти в колективі та методи їх вирішення.

12.8. Управління конфліктами в колективі

Конфлікт є одним із засобів керування і неправильно поступає керівник, який прагне подавляти всі конфлікти, які виникають в підрозділі, або зовсім не втручатися в них. Обидві позиції помилкові.

Конфлікти можна поділити на емоційні та цільові. Відомо декілька способів поведінки людини в конфлікті: реальний, який припускає аналіз ситуації та емоційний, який керується несвідомим збудженням.

В конфліктні ситуації найчастіше попадають некеровані особи, для яких характерною є відсутність самоконтролю, невміння опанувати свою поведінку та особи, які відрізняються особливою скрупульозністю і добросовісністю в роботі та поведінці.

Молоді співробітники часто стають учасниками конфліктів через невміння виконувати вимоги виробництва, в т. ч, трудової дисципліни, невміння підпорядкувати свої інтереси справі та колективу. Чим старша людина, тим вимогливіше вона ставиться до умов своєї праці. Керівник повинен враховувати, що рівень освіченості співробітників висуває додаткові вимоги. Чим вищий рівень, тим більше співробітники шукають можливостей реалізації свого потенціалу, шукають справу, яка принесла б їм задоволення, дозволила творчо проявити себе. І це необхідно використовувати. Нерідко в колективі створюються неформальні групи. Такі групи мають величезний вплив на своїх членів і людина, яка входить до її складу, має два впливи: зі сторони групи і зі сторони керівника.. Якщо керівник зуміє направити дію групи на окремого члена по потрібному шляху, то група стане союзником керівника.

Дослідження психологів показали, що добрі відношення членів групи звичайно ціняться дорожче, ніж подяка в наказі, а боязнь загубити повагу групи діє на людину сильніше, ніж догана. Ефективність роботи групи багато в чому залежить від позиції її неформального лідера. Найбільш ефективно пробувати керівнику перетягнути лідера на свою сторону, опертися на його реальний авторитет, зробити його союзником. Керувати – значить створити таке середовище, в якому отримати запланований результат стане необхідністю.

Спроба повністю уникати конфліктів, також може нанести шкоду роботі. Слід старатися правильно вирішувати конфліктні ситуації, повертати їх на користь справі та усувати можливі негативні наслідки.

12.9. Наукова організація та гігієна розумової праці

У фізіології та психології праця поділяється переважно на фізичну або розумову. Розумова діяльність проявляється у певних нейрофізіологічних станах людини: підсилюється кровопостачання, біоелектрична активність мозку, підвищується енергетичний об'єм нервових клітин, збільшується нервово психологічна напруга, оскільки інформація, яку сприймає та обробляє людина в процесі професійної діяльності, несе велике емоційне навантаження. Нервово–психічне навантаження підвищує серцево-судинну діяльність і дихання, збільшує розхід енергії.

Численні дослідження психологів та фізіологів дозволили отримати узагальнену картину працездатності людини на протязі робочого дня. Ця картина складається з періоду припрацювання, який триває від декількох хвилин до години. Працездатність людини в цей період підвищується. Однак продуктивність є різною внаслідок відволікання людини на сторонні подразники. Період оптимальної працездатності характеризується стійким робочим станом і він є найбільш продуктивним. Період повної компенсації

відрізняється виникненням початкових ознак втоми, які можуть бути компенсовані вольовими зусиллями людини та додатним відношенням до роботи. Тривалість цих двох періодів зменшується при підвищенні інтенсивності праці та погіршенні умов праці. В період нестійкої компенсації приходить втома і відповідне зниження працездатності. Наступний період часто називають „кінцевим проривом”, який проявляється в короткочасному підвищенні продуктивності за рахунок мобілізації організму перед закінченням роботи. Цей період буває не у всіх і не завжди. Потім настає період зниження працездатності, який характеризується швидким наростанням втоми і відповідно зниженням ефективності розумової праці..

Ефективність розумової праці поряд із збереженням оптимальних умов трудової діяльності в багатьох випадках пов'язана з організацією повноцінного відпочинку на протязі робочого дня та після роботи. На протязі робочого дня науковому працівнику необхідні короткочасні перерви для відпочинку. Рациональна частота та тривалість перерв визначається індивідуальністю для кожного. При цьому необхідно відмітити, що динаміка працездатності людини між періодами відпочинку повторює новий робочий день.

Для успішного і якісного виконання завдання у встановлений термін необхідно правильно використовувати фізіологічні резерви. Їх поділяють на три ешелони. Перший ешелон у вигляді підсилення діяльності органів підчиняється відразу при переході від стану відносного спокою до звичної повсякденної діяльності. Механізмом його ввімкнення є система умовних та безумовних рефлексів із звичайною активізацією залоз внутрішньої секреції Другий ешелон резервів вмикається, коли організм попадає, в так звану, екстремальну ситуацію (наприклад екзамен). Додатковим ввімкненням цього ешелону резервів є емоції. Третій ешелон резервів використовується організмом лише при боротьбі за життя. Тому лише перші два ешелони фізіологічного резерву входять в поняття здоров'я.

Ефективність розумової праці суттєво залежить від фізичного стану людини, а працівників розумової праці постійно підстерігає небезпека гіподинамії, м'язової бездіяльності. Є єдиний вихід універсальний для всіх – фізичні вправи при правильному дозуванні.

Непередбачуваність відкриттів в науці, відсутність готових шляхів для досягнення мети, невизначеність мети, часто пов'язані з важким пошуком істини, невдачами в роботі вченого. Серйозними нервовими перевантаженнями характеризується і робота керівника. Дуже часто серед цієї категорії працівників проявляється хвороба – невроз, яка дуже рідко лікується медикаментозно. Практика показує, що людина може уникнути неврозу, якщо сформулює для себе ефективний психологічний захист від стресів і буде неухильно його дотримуватися. Це - зміна орієнтирів у випадку невдачі, уміння знецінювати те, чого не досягнуто. Полегшує наслідки також здатність наперед осмислити можливу невдачу. При стресових ситуаціях допомагають також вміння розслаблюватися – зняти напругу за допомогою релаксаційних пауз від 15 до 39 хвилин або довірливе спілкування зі своїми колегами по роботі про невдачі у проведенні досліджень.

Керівник, наділений почуттям гумору, може мати великий додатній вплив на колектив у важкий для нього момент. Необхідно відмітити для керівника важлива можливість відділити службові відносини від особистих. Це надійний засіб збереження душевної рівноваги та підвищення продуктивності праці.

Активна життєва позиція є дуже корисною – і в соціальному і в чисто медичному плані. Загальною передумовою успіху психогієни є об'єктивне пізнання людини самої себе. Успіх на стороні того, хто правильно оцінює себе, свої обов'язки, пов'язує свої можливості зі своїми потребами чи претензіями.

12.10. Моральна відповідальність вченого

Моральна атмосфера в наукових колективах та результативність наукової діяльності знаходяться у відомій залежності один від одного. З цією метою кожному члену колективу необхідно прививати почуття відповідальності за доручену справу, за якість та своєчасність виконання поставленої задачі. Навіть талант та діловитість людини при послабленій відповідальності стають не гідністю, а засобами спотворення істини в ім'я тимчасових інтересів і мети егоїстичного, вузького особистого, а не істинного суспільного характеру.

Мета науки – виявлення та дослідження засобів природи, пошук істини. Учений прагне визначити суть оточуючого нас світу, вивчаючи механізми та взаємозв'язки явищ. Свобода наукового пошуку, його об'єктивність та ефективність часто забезпечуються поліцентричністю, тобто незалежним фінансуванням з різних джерел (держбюджет, госпдоговір), а також міжнародним характером науки, в якій зацікавлені не лише вчені, а і держави, оскільки жодній державі не під силу розвивати науку у всіх її напрямках. Поліцентричність науки проявляється також в різноманітності можливостей для публікацій результатів досліджень. Для цього існують різноманітні за тематикою наукові журнали, які забезпечують публікацію результатів практично будь-якого дослідження, або ідеї, якщо лише вони виконані з урахуванням елементарних вимог та мають елементи новизни.

Для науки факти починають існувати лише після їх незалежного відтворення. В ході відтворень відсікаються суб'єктивні, випадкові та неіснуючі елементи, ці дані доповнюються та уточнюються і в кінці кінців виходять як кінцеві, повністю відтворені в систему наукових знань. Це означає, що наукові факти чи відкриття починають жити лише після їх відтворення і лише після цього вони включаються в новий цикл пізнання. З цього витікає ряд конкретних організаційних наслідків: 1) дублювання в наукових дослідженнях не лише нешкідливе, а необхідне; 2) ніхто не може замінити природної оригінальності досліджень в становленні наукової істини.

Високу ефективність наукового пошуку забезпечують два механізми. Перший – автоматичний. Це добра продуктивна ідея, цінне і відтворюване спостереження природнім шляхом притягає увагу дослідників, і фронт робіт в новому напрямку сам собою розширюється за рахунок менш актуальних робіт. Інший механізм - організаційний. Фінансові організації, які спираються на думку компетентних спеціалістів, стимулюють найбільш активно працюючих

дослідників, в результаті чого той чи інший напрямок стає домінуючим в даній області науки. Безперспективні дослідження не мають притоку свіжих сил, при сучасних темпах розвитку науки швидко згасають.

В професійній етиці вченого можна виділити питання, які пов'язані як з дослідницькою, так і з науково-організаційною роботою. Основа науки – точність фактичного матеріалу. Дослідник в цьому питанні повинен характеризувати передусім скрупульозність у викладенні фактів. Несерйозне відношення до наукових фактів веде до найстрашнішого для дослідника – наукової „смерті” (його перестають друкувати і цитувати). Об'єктивну істину необхідно знайти і відрізнити від помилок, які надзвичайно живучі. Часто з'являються неперевірені факти, заборонити помилкові міркування неможливо, але з ними потрібно боротися лише протиставлянням їм дійсних фактів науки, шляхом популяризації дійсно наукових ідей. Зорієнтуватися в морі наукових ідей сучасності можна лише оволодівши науковим методом пізнання, ставши професіоналом в своїй роботі. Практичний професіоналізм – одна з основних вимог до людини, яка присвятила себе науці. Професійна етика без професіоналізму перетворюється в пусту формальність.

Вирішуючи якесь питання, дослідник спочатку старасться зібрати все, що було зроблено в цій області до нього, а потім в ході роботи слідкувати за наявною літературою. Публікуючи отримані результати, автор повинен посилатися на всі споріднені роботи незалежно від свого до них відношення. Він має повне право виказати своє відношення до цитованої роботи, але не помічати праці попередників неетично. До порушення етичних норм відноситься і плагіат – навмисне присвоєння авторства на чужу роботу. Це залишає людину морального права називатися творчим працівником, вченим.

Іноді двоє або декілька людей, часом навіть одночасно в різних країнах, приходять незалежно один від одного до однакових результатів. Пріоритет належить тому, хто першим оповістив громадськість про свої досягнення. Питання про науковий та технічний пріоритет важливий для національної науки в цілому. Саме тому, деяким високоавторитетним організаціям дозволено публікацію коротких повідомлень про отримані результати наукових досліджень.

Однак далеко не всі різновидності праці дають моральне та юридичне право на особистий підпис під публікацією, вважати себе співавтором винаходу, раціоналізаторської пропозиції. Наприклад, при створенні винаходу до співавторів не відносять осіб, які надають лише технічну допомогу, а також і тих, хто виказав ідею і пропонував, але не приймав участі у спільній творчій праці. В останньому випадку лише сам колектив виконавців може запропонувати такому співробітнику ввійти до складу авторського колективу. Етичне перебування вченого в науково-організаційній сфері більш складне у порівнянні з областю дослідження. Його позиція формально відокремлена від прийняття рішення вченої ради або редколегії журналу і чисто формально звільняє від моральної відповідальності за прийняте рішення. В той же час подібна процедура забезпечує прийняття рішення, дробить відповідальність за нього, залишає етичну позицію вченого тієї очевидності, яку він має в сфері

індивідуального дослідження. Вимогливе відношення до фактів та чесність по відношенню до колег – ось етична норма в будь-якій ситуації.

В професійній етиці органічно поєднуються вимогливе відношення та очевидність. Наукова терпимість передбачає широту поглядів, глибоке розуміння принципів зацікавленості в її прогресі, вона вимагає від вченого подолання особистої обмеженості, особистих симпатій та антипатій, іноді і здійснення негарних вчинків, наперекір власним інтересам. Разом з тим наукова терпимість може бути плідною лише в поєднанні з абсолютною принциповістю, нетерпимістю до хибних наукових висновків. Кожний, хто збирається присвятити своє життя науці, зобов'язаний ретельно перевірити свою внутрішню моральну готовність до важкого, відповідального шляху вченого.