

КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА Л.О.
ГАВВА О.М.
ЯРОВИЙ В.Л.
ТОКАРЧУК С.В.

**ОСНОВИ
НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ У
ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ**

**ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
У ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ**

Національний університет харчових
технологій

**Л.О.КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА
О.М.ГАВВА
В.Л. ЯРОВИЙ
С.В. ТОКАРЧУК**

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою Радою НУХТ як навчальний
посібник для студентів вищих навчальних закладів
(протокол № 11 від 24. 03. 2016 року)

Київ 2016

УДК 001.891:519.677](075.8)

ББК 72(4Укр)я73+22.19я73

О - 75

Рекомендовано Вченою Радою НУХТ як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (протокол № 11 від 24.03.2016 року)

Р е ц е н з е н т и :

Мікульонок І.О., доктор технічних наук, професор, (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України);

Мирончук В.Г., доктор технічних наук, професор, (Національний університет харчових технологій МОН України);

Сухенко В.Ю., доктор технічних наук, (Національний університет біоресурсів і природокористування України МОН України).

О - 75 **Основи наукових досліджень у прикладних задачах:** навч. посіб. для студ. вищ.навч.зак./ Л.О.Кривопляс-Володіна, О.М. Гавва, В.Л.Яровий, С.В.Токарчук. – К.: Сталь, 2016. – 272 с.

ISBN 978-617-676-097-9

У навчальному посібнику розглянуто такі основні розділи основ наукових досліджень: складові теоретичних і експериментальних досліджень, оброблення експериментальних даних у програмі MathCAD, застосування методу скінченних елементів при розробленні імітаційних моделей технічних систем, теорія графів у задачах моделювання.

Матеріал посібника відповідає навчальній програмі дисципліни «Основи наукових досліджень» і супроводжується значною кількістю прикладів і завдань. Особливу увагу приділено прикладній і практичній спрямованості курсу.

Навчальний посібник призначено для студентів технічних і технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів, а також може бути корисним інженерам, аспірантам та науковим співробітникам наукових закладів.

УДК 001.891:519.677](075.8)

ББК 72(4Укр)я73+22.19я73

ISBN 978-617-676-097-9

© Л.О. Кривопляс-Володіна,
О.М. Гавва,
В.Л.Яровий
С.В. Токарчук

ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i>	6
<i>1. НАУКА ЯК СИСТЕМА ЗНАНЬ</i>	9
1.1. Загальнонаукові методи досліджень. НДР і послідовність її виконання.....	12
1.2. Складання звітів про виконану науково-дослідну роботу і публікація її результатів.....	16
1.3. Складання і подання заявки на винахід.....	20
<i>2. СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</i>	27
2.1. Методологія теоретичних досліджень.....	27
2.2. Основні властивості моделей.....	30
2.3. Основні види та етапи моделювання.....	33
2.4. Концептуальне моделювання.....	38
<i>3. ТЕОРІЯ ГРАФІВ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ</i>	41
3.1. Види графів та їх властивості.....	41
3.2. Інцидентність графів.....	48
3.3. Ациклічні графи (дерева).....	54
3.4. Застосування теорії графів у дослідженнях технічних систем.....	60
<i>4. МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ ДЕФОРМОВАНОГО ТВЕРДОГО ТІЛА</i>	75
4.1. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки.....	75
4.2. Основні поняття і концепція МСЕ.....	80
4.3. Загальна схема алгоритму МСЕ.....	85
4.4. Поняття про скінченні елементи.....	87
4.5. Поняття про крайові задачі, початкові та граничні умови.....	104
4.6. Функції MathCAD розв’язання крайових задач для диференціальних рівнянь із частинними похідними.....	108
<i>5. СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</i>	111
5.1. Методологія експерименту.....	111
5.2. План-програма експерименту.....	112

5.3. Основи експериментальних досліджень. Мета і завдання експериментальних досліджень.....	113
5.4. Етапи експерименту.....	116
<i>6. ОЦІНКА ВИМІРІВ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.....</i>	<i>128</i>
6.1. Терміни і визначення метрології.....	128
6.2. Похибки вимірювань.....	128
6.3. Уникнення «грубих» результатів експериментальних досліджень.....	134
<i>7. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ І ОБРОБЛЕННЯ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ.....</i>	<i>141</i>
7.1. Параметри статистичних рядів.....	142
7.2. Закон розподілення випадкової величини.....	146
7.3. Ідентифікація закону розподілу за критерієм χ^2 (хі-квадрат) Пірсона.....	148
7.4. Основні принципи оброблення результатів дослідів із використанням MathCAD.....	153
7.5. Елементи статистики з використанням MathCAD.....	162
<i>8. ДЕТЕРМІНОВАНІ ТА РЕГРЕСІЙНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПІД ЧАС ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ.....</i>	<i>174</i>
8.1. Регресійний аналіз.....	174
8.2. Види регресійних залежностей.....	177
8.3. Апроксимація дискретного процесу в MathCAD.....	180
8.4. Оброблення дослідних даних.....	184
8.5. Інтерполяція табличних даних.....	188
8.7. Квадратична інтерполяція.....	190
8.8. Інтерполяційний поліном Ньютона.....	192
8.9. Інтерполяційний поліном Лагранжа.....	194
<i>9. АПРОКСИМАЦІЯ ДАНИХ З УРАХУВАННЯМ ЇХ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ MathCAD.....</i>	<i>197</i>
9.1. Апроксимація даних.....	197
9.2. Поліноміальна регресія.....	199

9.3. Нелінійна регресія.....	200
9.4. Згладжування даних	204
9.5. Передбачення залежностей.....	206
9.6. Використання частинних похідних при оптимізації в системі 3-D графіків.....	210
9.7. Розв'язок рівнянь частинних похідних методом скінченних різниць (вирішальна функція multigrid).....	213
9.8. Розв'язок рівняння Лапласа функцією multigrid.....	214
9.9. Розв'язок рівняння Пуассона функцією relax	215
9.10. Розроблення кольорової шкали	218
<i>10. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ</i>	220
10.1. Задачі оптимізації.....	220
10.2. Розв'язання задач оптимізації в середовищі MathCAD	222
10.3. Типові задачі лінійного програмування	227
<i>11. ГРАДІЄНТНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ</i>	229
11.1. Методи першого порядку і область їх використання.....	229
11.2. Градієнтний метод. Метод найшвидшого спуску.	229
11.3. Пошук екстремуму функції.....	231
11.4. Застосування градієнтних методів у структурі оптимізаційних задач.....	236
11.5. Метод найшвидшого спуску (метод Коші)	237
11.6. Метод Ньютона	248
11.7. Метод Левенберга-Марквардта	252
<i>12. АНАЛІЗ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ В СЕРЕДОВИЩІ MathCAD</i>	256
12.1. Вирішення задач оптимізації транспортування.....	256
12.2. Види транспортних задач.	256
<i>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	260
ГЛОСАРІЙ.....	264

ВСТУП

Наука є складовою загальнолюдської культури, і тому кожна людина має знати, що таке наука, наукові дослідження та як вони проводяться. Як свідчать статистичні дані 80% магістрів, 5-10 % випускників вищих навчальних закладів стають вченими, тобто наукова діяльність стає їх професійною роботою. З наукою вони безпосередньо стикаються, працюючи керівниками державних установ та підприємствами. У першому випадку вони сприяють прискоренню науково-технічного прогресу, в другому - збільшенню особистого прибутку, що є особливо важливим в умовах ринкової економіки.

Наукові знання, методичні підходи до їх отримання, стають «товаром», який в умовах негайного прибутку, поки що користується недостатнім запитом суспільства й держави.

Навчальний посібник «Основи наукових досліджень у прикладних задачах» розглядає методи підготовки, проведення і оброблення отриманих результатів прикладних та наукових досліджень.

Протягом усього періоду навчання у вищих навчальних закладах студенти виконують наукові дослідження: під час підготовки рефератів, наукових доповідей, статей, курсових та кваліфікаційних робіт, які є складовими частинами їх підготовки. Висвітлюючи загальні принципи, закони, закономірності технічного розвитку харчової галузі, нормативні та професійно зорієнтовані дисципліни студентам надається можливість опанувати базові методи наукового пізнання технічних процесів і явищ, категоріально-понятійний апарат, знання законів функціонування технічних систем, тощо. Тому вивчення дисципліни «Основи наукових досліджень» є важливим засобом формування у студентів логіки нового технічного мислення. Сформовані на основі науки знання дають можливість приймати обґрунтовані рішення в області управління матеріальними, енергетичними, інформаційними потоками. Для практичної реалізації прийнятих рішень потрібні конкретні дії.

Сьогодні вміння розв'язувати різноманітні інженерні задачі з використанням новітніх комп'ютерних технологій є досить важливим. Наявність спеціальної літератури, різноманітних рекомендацій та посібників не забезпечують у повному обсязі самостійну роботу студентів інженерних спеціальностей. Тому цей навчальний посібник, присвячений вивченню основ використання прикладного пакету програми MathCAD при виконанні наукових досліджень, є актуальним та необхідним. Посібник містить матеріал щодо роботи у системі управління базами даних MathCAD та основні визначення і алгоритми з теоретичних і експериментальних досліджень технічних систем.

«Основи наукових досліджень» як навчальна дисципліна про науку, про систему наукових уявлень, про наукову творчість студента, про концептуальні елементи наукового дослідження, про методи та технологію наукового дослідження є базою наукового знання, адже сукупність різних дисциплін становить його основу. Науково-дослідна діяльність студентів у вищих навчальних закладах покликана підвищити якісну підготовку фахівців, які в майбутньому будуть здатні самостійно вирішувати складні наукові завдання, вміло користуватись новими ідеями теорії і практики, оцінюючи їх перспективність, практичний рівень.

Молодий спеціаліст повинен добре орієнтуватися у специфічних особливостях наукової діяльності; вміти користуватись науковою літературою, інформаційними джерелами, проводити дослідження, грамотно писати наукові статті, складати тексти виступів, доповідей тощо.

Головною метою навчального посібника є – опанування необхідними навичками дослідження, знайомство з прийомами та методами наукових досліджень у технічній галузі. Важливість дисципліни «Основи наукових досліджень» у системі вищої освіти полягає в можливості проведення цілісного методологічного аналізу щодо розуміння сутності тих явищ, які складають основний навчальний матеріал за фахом.

Основні завдання, що поставлені в посібнику, торкаються важливих питань, а саме: цілісне уявлення про науку як про систему знань і методи пізнання; наукова інформація; методологія наукового дослідження; джерела наукової інформації та робота з нею в прикладному пакеті програми MathCAD; організація науково-дослідної та самостійної роботи у вищих навчальних закладах та її види; науковий стиль та культура наукового мовлення; фахова термінологія у технічній галузі знань та ін.

Матеріали до лекційних занять, серія завдань для самостійної та індивідуальної робіт, тестових завдань та питань для перевірки знань засвідчують тісний зв'язок з професійною підготовкою студентів, реалізацію принципу комплексності в застосуванні набутих знань, умінь і навичок.

Навчальний посібник допоможе правильно орієнтуватися в складній структурі взаємозв'язків між окремими ланками процесу наукового пізнання в цілому, а також при виконанні конкретних досліджень із застосуванням прикладного пакету програми MathCAD.

Отже, цей навчальний посібник допоможе студентам кваліфіковано опанувати понятійним апаратом, методикою виконання та оформлення науково-дослідної роботи, успішно виконати і захистити кваліфікаційну роботу і бути готовим до подальших творчих наукових пошуків у практичній роботі спеціаліста.

Автори вдячні рецензентам Мікульонку І.О., Мирончуку В.Г., Сухенку В.Ю. за зауваження та корисні рекомендації при підготовці навчального посібника до друку.

Навчальний посібник виданий за спонсорської підтримки компанії ТОВ «Пакувальні технології» та особистого сприяння її комерційного директора, випускника НУХТ - Сої Ігоря Володимировича.

Усі зауваження та побажання читачів будуть прийняті авторами із вдячністю та врахуються у подальшій роботі.

1. НАУКА ЯК СИСТЕМА ЗНАНЬ

Наука – це система знань об’єктивних законів природи, суспільства і мислення. Ця система безперервно розвивається.

Не можна визнавати науковими ті знання, які людина отримує лише на основі простих спостережень. Звичайно, ці знання відіграють у житті людей важливу роль, але вони не розкривають суті явищ, взаємозв’язку між ними, який дав би можливість пояснити, чому дане явище відбувається так чи інакше і передбачити подальший його розвиток. З історії розвитку науки відомо, що спроби формулювати фундаментальні висновки на основі нібито «очевидних» фактів нерідко приводили до хибних посилок, навіть, із боку великих мислителів. Наприклад, Аристотель (384-322 р. до н.е.), наставник Олександра Македонського, притримувався геоцентричної системи Всесвіту (Сонце обертається навколо Землі), згодом розвинутої і широко пропагованої Птоломеем Клавдієм (100-78 р. н.е.). Наукові ж основи геліоцентричної системи (Земля обертається навколо Сонця), розроблені польським астрономом і математиком Миколаєм Коперніком (1543р., посмертна публікація роботи «Про обертання небесних сфер»), були підтримані і розвинуті Галілео Галілеєм (1610р.). Розвиток науки завжди йшов від збирання фактів, їх аналізу, систематизації, узагальнення – і до розкриття закономірностей, а далі – логічно побудована система, що складається з: понять (визначень), принципів (постулатів), аксіом, гіпотез і т.д.[4]

Наука починається там, де «працює» схема рис.1.1:

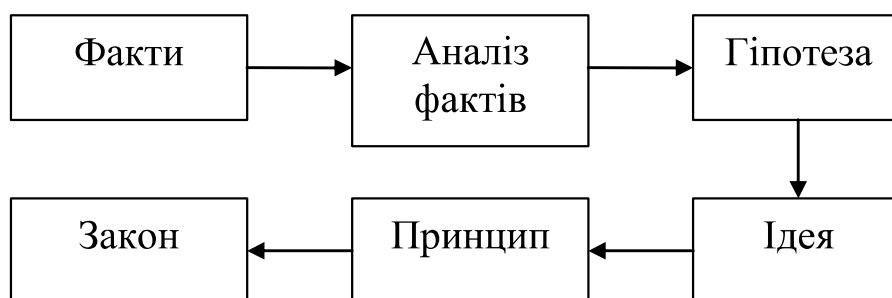


Рис.1.1. Схема наукового пізнання.

Факти – з практичних спостережень.

Аналіз – вивчення взаємозв'язків, суті явища.

Гіпотеза – попередня думка, висновок.

Ідея – підтвердження гіпотези (теоретично).

Постулат – встановлена істина.

Важливість понять – першочергова. Перш ніж вирішувати будь-яку проблему, треба визначити: що є що.

Приклад. Проблема: виробництво картону. Що таке картон? Картон – це твердий, або полотноподібний матеріал товщиною від 0,3 до 5,0 мм, що виготовляється з волокнистої маси. Сировиною для виробництва є: термомеханічна маса, напівцелюлоза, небілена целюлоза, макулатура, а також синтетичні і мінеральні волокна. Відрізняється від паперу більшою товщиною і масою 1м^2 [2,4].

Принцип (постулат) – це початкова форма систематизованого знання.

Аксіома – синонім постулату. Це – те, що, раз встановлене, не потребує доказів. Разом із тим з розвитком науки деякі з аксіом можуть бути спростованими (аксіома з геометрії Евкліда про паралельні прямі, спростована в 1829р. Лобачевским М.І.).

Підвалини науки як системи знань – це гіпотеза і наукова ідея.

Гіпотеза – науково обґрунтоване припущення про факт або явище, що безпосередньо не спостерігається. Це - форма наукового знання припустимого, імовірного.

Наукова ідея – форма думки, що є новим поясненням явища, якісний стрибок думки за межі почуттєвих даних і раніше прийнятих рішень. Це гіпотеза, що дістала статус достовірності.

Деякі з гіпотез залишаються ними назавжди. Наприклад, гіпотеза про виникнення живої природи на Землі (довести щось конкретне неможливо).

У системі науки науково-дослідні роботи (НДР) класифікують за трьома видами:

- фундаментальні,

- прикладні,
- науково технічні розробки (НТР).

Фундаментальні – направлені на створення нових принципів (постулатів). Їх мета – розширити знання суспільства, поглибити знання об’єктивних законів природи, розробити нові теорії.

Прикладні НДР базуються на фундаментальних і направлені на створення нових методів і на їх основі – нового обладнання, нових матеріалів, способів виробництва, організації робіт і ін. Вони безпосередньо вирішують задачі задовольнити потреби суспільства в розвитку конкретної галузі виробництва.

НТР (науково-технічні розробки) базуються на результатах теоретичних і прикладних науково-дослідних робіт, і їх мета – впровадження у виробництво нових технологій, техніки, матеріалів, способів і ін.

Для будь-якого з цих трьох видів НДР характерними є те, що робота починається з постановки проблеми (теоретичне або практичне питання, яке потребує вирішення). Важливо виділити, що проблеми повинні ставитись тільки такі, які на сьогодні або в близькому майбутньому під силу людству. Цього можна досягти, якщо проблема виводиться з сукупності попередніх знань, завдяки чому постає можливим бачити або передбачати основні шляхи її вирішення.

Прикладом фундаментальної проблеми є здійснення керованої термоядерної реакції (дефіцит джерела енергії), побудова термоядерної електростанції, термоядерного реактора. Сировина – вода, з якої треба добути паливо (дейтерій і тритій). Початок покладено в 2005р. – міжнародним проектом за участю ЄС, Китаю, Росії, США, Південної Кореї і Японії.

Дослідний зразок будується у французькому ядерному центрі Кадараш під Марселем. Закладено 5 млрд. доларів США і ще намічено 13 млрд. на досліди протягом наступних 20 – 30 років. Наукова ідея досліду – синтез (процес злиття легких атомних ядер) з участю важких ізотопів водню при $t^{\circ} \geq 100$ млн. $^{\circ} \text{C}$ (як на Сонці). При цьому виділяється величезна кількість енергії без ядерних відходів, як це спостерігається на сучасних АЕС.

Часто фундаментальні глобальні проблеми виникають з розвитком науково-технічного прогресу і пов'язаного з ним антропогенного впливу: забруднення навколишнього середовища (дефіцит джерел питної води та ін.), глобальне потепління (парниковий ефект) та ін. З'являються і стрімко поширюються епідемії: СНІД, пташиний грип та ін.

Під час дослідження будь-якої проблеми виконується системний аналіз – це сукупність методів, що дає можливість реалізувати системний підхід під час дослідження об'єкту (проблеми). Насамперед, це – аналіз і синтез, моделювання, оптимізація з урахуванням взаємозв'язків всіх елементів системи «людина – технічні засоби – вихідний продукт – кінцевий продукт – кон'юнктура ринку».

1.1. Загальнонаукові методи досліджень. НДР і послідовність її виконання.

До загальних наукових методів дослідження можна віднести: аналіз, синтез, індукція, дедукція, аналогії, моделювання, абстрагування, конкретизація.

Аналіз – уявне або практичне розчленування явища, що вивчається, на його елементи і дослідження кожного елемента окремо як частини єдиного цілого.

Синтез – уявне поєднання частин явища, розчленованого в процесі аналізу, встановлення взаємодії і зв'язків частин, пізнання предмета як єдиного цілого.

Індукція – отримання загального правила з поодиноких суджень.

Дедукція – нове положення, виведене логічним шляхом із попередніх положень.

Аналогії – можуть бути: пряма, особиста, символічна, фантастична.

Моделювання – метод наукового пізнання, сутність якого полягає в заміні під час дослідження предмета, що вивчається, якоюсь моделлю, що має властивості оригіналу.

Існує специфіка виконання фундаментальних і прикладних наукових досліджень.

Специфікою НТР, що і є предметом розгляду в цьому навчальному посібнику, є багатоваріантність технічних проблем, розмаїття аспектів. У зв'язку з цим для НТР є обов'язковою наступна послідовність виконання.

1. Формулювання теми. Технічна проблема має багато аспектів, варіантів. Це – специфіка, в зв'язку з чим в обрисах проблеми можна сформулювати і відповідну кількість тем. На цьому етапі слід:

- а) ознайомитись з проблемою в загальному вигляді;
- б) ознайомитись з літературою з даної проблематики (якщо вона є, навіть побічна);
- в) сформулювати тему;
- г) скласти анотацію (стислий план) дослідження.

2. Формулювання мети і завдань дослідження:

- а) підбір бібліографії (відповідних літературних джерел);
- б) складання анотацій літературних джерел;
- в) реферати з теми (по окремих аспектах);
- г) аналітичний огляд (аналіз) літературних даних, співставлення, критика, свої міркування;
- д) узагальнена думка про стан питання;
- е) можливі шляхи вирішення проблеми і, як наслідок всієї роботи з пункту 2 – формулювання мети і завдань досліджень, а також очікуваних результатів.

3. Теоретичні дослідження:

- а) вивчення фізичної суті процесів (можливо – попередні пошукові експерименти);
- б) формулювання гіпотези і вибір обґрунтованої фізичної моделі;
- в) математична модель, отримання аналітичних залежностей і їх теоретичний аналіз.

4. Експериментальні дослідження:

- а) формулювання мети і завдань експериментів;

б) планування експериментів (адміністративне і математичне);
в) розроблення методики, способів і засобів виконання експериментів;
г) прилади, макети, апарати, моделі, лабораторні стенди (взяти готові –
Які? виконати проект, виготовити);

д) виконання експериментів (лабораторія, підприємство);

е) оброблення результатів експериментів.

5. Аналіз і оформлення результатів наукових досліджень:

а) загальний аналіз теоретично-експериментальних досліджень;

б) співставлення теорії з експериментом (адекватність), аналіз і оцінка розходжень;

в) уточнення моделей, прийнятих припущень, у разі потреби – додаткові теоретичні і експериментальні дослідження;

г) складання звіту, висновки.

6. Впровадження отриманих результатів (практичне використання)

Впровадження може мати різний характер. Наприклад:

а) запровадити нову методику розрахунку дослідно-конструкторському бюро;

б) запропонувати на виробництві оптимальні параметри експлуатації обладнання;

в) розроблення, проектування і впровадження нового обладнання.

У максимальному варіанті НДР технічного характеру повинна завершуватись впровадженням нового обладнання, способу, технології у виробництво.

Якщо говорити саме про цей варіант, то подальша робота проводиться за такою схемою (на прикладі розроблення нової машини):

На будь-якому з етапів НТР проводиться робота з бібліографією. Перш за все – інформаційний пошук, вивчення стану питання. Далі – аналіз, висновки: стратегія і тактика дій з вирішення даної проблеми (рис.1.2).

Варіанти для прикладу:

а) теоретичні підвалини розроблено досконало, вони оприлюднені, але



Рис.1.2. Алгоритм виконання НТР.

дослідами не підтверджені, тоді – перевірити адекватність експериментальними дослідженнями;

б) є дослідні дані, але відсутнє теоретичне підґрунтя, математична база; тоді – дати теорію, математичну модель процесу;

в) є теорія і експеримент, але дані не систематизовані, відсутня методика розрахунку, тоді – довести роботу до стадії інженерних розрахунків.

Таким чином, наукова робота, як дієва частина системи знань, має дві складові: теоретичні дослідження, експериментальні дослідження.

1.2. Складання звітів про виконану науково-дослідну роботу і публікація її результатів.

Основним документом про виконану роботу є звіт, який з вичерпною повнотою має відтворювати зміст і всі проміжні та кінцеві результати роботи.

Складання звіту – це невіддільна частина наукового дослідження, творчий процес.

Вимоги до складання звіту про НДР зумовлюються ГОСТ 7.32-2001 і враховують досвід роботи щодо складання звітів практично в усіх галузях науки й техніки. Виконання цих вимог є обов'язковим.

Звіт має бути розрахований на широке коло користувачів, кожний з яких повинен легко добувати зі звіту будь-яку потрібну інформацію.

Складаючи звіт, слід дотримуватись:

- чіткості побудови;
- логічної послідовності викладення матеріалу;
- переконливості аргументації, стислості та точності формулювання, що виключало б суб'єктивність і неоднозначність тлумачення;
- конкретності викладення результатів роботи;
- доказовості висновків і обґрунтованості рекомендацій.

Звіт повинен містити:

- титульний аркуш;
- список виконавців;

- реферат;
- зміст;
- перелік скорочень, символів, спеціальних термінів із їх означеннями;
- основну частину;
- список літератури;
- додатки.

Реферат має дуже стисло відтворювати головний зміст проведеної НДР, не підміняючи основного звіту. У ньому коротко подаються відомості про виконану роботу, достатні для того, щоб судити про доцільність звернення до первинного документа – звіту. Реферат вміщує відомості про обсяг звіту, кількість і характер ілюстрацій та кількість таблиць, перелік ключових слів. У рефераті вказується також вид звіту (проміжний чи заключний).

Відомості про кількість ілюстрацій супроводжуються вказівками щодо їх характеру (схеми, креслення, графіки, фотокартки).

Сьогодні у багатьох організаціях та установах введені автоматизовані системи пошуку інформації. Тому в рефераті наводяться ключові слова (іменники або словосполучення з іменниками), що виражають окремі поняття, істотні для розкриття змісту тексту. Ключові слова в сукупності повинні дати поза контекстом досить повне уявлення про зміст звіту. Перелік їх (від 5 до 15) друкується в рядок через коми, в називному відмінку.

Текст реферату містить у собі основну частину, яка відтворює суть виконаної роботи та методи дослідження, технічні характеристики розробленого приладу або параметри матеріалу, процесу тощо, а також короткі висновки відносно особливостей, ефективності, можливостей і галузей застосування здобутих результатів.

Обсяг реферату повинен бути меншим ніж 500 знаків. Як свідчить практика проведення НДР, оптимальний обсяг реферату становить, здебільшого, 1100-1200 знаків. У рефераті не можна застосовувати будь-які скорочення слів і термінів, крім загальноприйнятих.

Основна частина звіту складається із вступу, аналітичного огляду стану

питання, обґрунтування вибраного напрямку роботи, розділів, що характеризують методику, зміст, результати виконаної роботи, а також завершення, де подаються висновки і пропозиції.

Вступ має характеризувати сучасний стан проблеми, якій присвячено роботу, а також її мету, містити максимум корисних відомостей (часто вступ разом із завершенням становить для окремих користувачів самостійний інтерес). Тут треба чітко сформулювати, в чому полягає новизна роботи, та вказати сподіваний або очікуваний економічний ефект.

Аналітичний огляд повинен повно і систематизовано висвітлювати стан питання, якому присвячено роботу. По суті, це огляд інформаційних джерел і водночас їх аналіз. Аналізуються ідеї та проблеми, можливі підходи до розв'язування задачі, результати теоретичних пошуків та експериментів за темою і результати патентних досліджень. В огляді треба окреслити основні проблеми та намічені шляхи до їх вирішення. Огляд повинен завершуватися рекомендаціями щодо теоретичних наукових досліджень.

В обґрунтуванні вибраного напрямку роботи слід показати його переваги порівняно з іншими можливими. Обґрунтування напрямку та робоча гіпотеза мають опиратися на рекомендації огляду. Перевага обраного методу повинна оцінюватися як з наукового, так і з економічного боку[8].

У розділах звіту, що розкривають методику, зміст і результати виконаної роботи, детально та послідовно розкривається зміст виконаної НДР і описуються всі проміжні та кінцеві результати, у тому числі негативні. Методика дослідження повинна наводитися детально з обґрунтуванням її вибору.

Описуючи той чи інший експеримент, слід наводити відповідну програму, висвітлювати її суть, оцінювати точність і достовірність отриманих результатів, які порівнюються з теоретичними.

Наприкінці розділу потрібно пояснити одержані результати й описати їх можливе застосування. Отримані математичні залежності рекомендується ілюструвати прикладами конкретних розрахунків.

Завершення повинно містити в собі оцінку результатів роботи. У ньому намічаються шляхи та мета подальшої роботи (у разі потреби мотивується недоцільність її продовження), а також зазначається, чим закінчилася дослідницька робота (отримано наукові результати про нові об'єкти, процеси, явища та закономірності, розроблено наукові основи певної теорії тощо).

У додатки включається допоміжний матеріал, оригінали або копії креслень, виконаних у процесі НДР.

Під час оформлення звіту треба керуватися «Методичними вказівками до складання звітів про науково-дослідні роботи».

Звіт повинен бути написаний простою мовою, щоб його міг зрозуміти спеціаліст не тільки даної, а й суміжної галузі. Термінологія, найменування, означення та зміст понять мають бути незмінними у всьому тексті. Не слід вживати вирази типу «добра відповідність», «достатня точність», складні мовні звороти, ненормативні вирази, професіоналізми і т. ін. Умовні позначення термінів також повинні бути однотипними. Усі скорочення потрібно розкривати тоді, коли їх вжито вперше.

Назви іноземних журналів, іноземних фірм пишуть як в українській транскрипції, так і мовою оригіналу (у дужках).

Математичні знаки слід використовувати лише в формулах. У тексті вони подаються словами, тобто записують не « $U=15\text{ В}$ », а «напруга дорівнює 15 В». Винятком можуть бути лише знаки «+» і «-» біля цифр (наприклад, «+ 15 °С»). Знаки №, §, % і т. ін. використовуються тільки разом з цифровими або буквеними позначеннями (наприклад, «№1»). Числа при одиницях фізичних величин слід писати тільки цифрами (наприклад, «температура 13 °С»).

Основні розділи поділяють на підрозділи, параграфи та пункти. Розділи, підрозділи та пункти нумеруються арабськими цифрами (наприклад, 1.3.5 – п'ятий пункт третього підрозділу першого розділу).

Нумерація сторінок звіту має бути наскрізною, перша сторінка – титульний лист, друга – список виконавців, третя – реферат, четверта – зміст. Нумерація сторінок подається арабськими цифрами у правому верхньому

кутку. На сторінках, зайнятих рисунками, номер сторінки можна не проставляти, але краще за все нумерувати всі аркуші.

Цифровий матеріал звіту рекомендується оформляти у вигляді таблиць. У таблицях у стислій і наочній формі подаються порівняльний аналіз, порівняльні характеристики, статистична інформація. Таблиця повинна мати тематичний заголовок, який розкриває її зміст, і розміщуватися в тексті відразу після згадки про неї.

Рисунки мають доповнювати текст і нести нову інформацію. Формат їх не повинен перебільшувати формат стандартного аркуша 210x297 мм.

Усі формули мають бути набрані відповідним шрифтом, символи в них рекомендується брати згідно з відповідними стандартами.

Якщо в тексті є посилання на формули, то останні нумеруються або наскрізно, або в межах розділу.

Неприпустимі дрібний шрифт (петит), близьке розташування знаків один від одного.

Список літератури містить всі використані джерела, у тому числі директивні документи. Вони розташовуються у порядку посилання на них в тексті звіту. Відомості про книжки повинні містити прізвище та ініціали автора, назву книжки, місто видання, видавництво й рік видання, кількісну характеристику (обсяг у сторінках і кількість ілюстрованого матеріалу) і повністю відповідати ДСТУ ГОСТ 7.80:2007 «Бібліографічний запис. Заголовок. Загальні вимоги та правила складання».

1.3. Складання і подання заявки на винахід

Відкриття – це встановлення науково обґрунтованого факту, про який ще не знало людство. Проте до відкриття вчені можуть наближатись усе свідоме життя. Відкриттю передують важка розумова праця, глибокі фундаментальні дослідження, серйозна теоретична підготовка вченого в тій чи іншій галузі знань. При цьому далеко не в кожній країні щорічно може бути зроблене одне відкриття. За глобальні відкриття з фундаментальних наук (хімія,

фізика, біологія), зазвичай, вчених нагороджують Нобелівською премією.

Удосконалення способу чи продукту (пристрою, речовини тощо) вважається **винаходом**. **Пріоритет** відкриття або винаходу визначається за датою, коли вперше сформульовано наукове положення, що заявлено як відкриття або винахід (наприклад, у звіті про науково-дослідну роботу), або за датою доведення його іншим шляхом до третіх осіб (наприклад, на науковому симпозіумі), або за датою надходження заявки в патентну установу [23]. Україна славиться своїми винахідниками. Вітчизняні «славні Едісони» мають понад 500 винаходів та внесли гідний вклад у наукову скарбницю людства, у справу збільшення знань і інформації про навколишній Всесвіт. Отже, молодим науковцям потрібно продовжувати їх важливу справу на благо нашої Батьківщини. Адже чим більше винаходів і відкриттів, тим багатшою буде наша країна і кожен її громадянин зокрема.

Оформлення і реєстрація винаходів у нашій державі здійснюється згідно з «Правилами складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель» [34] та Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі».

Об'єктом винаходу може бути:

- продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини);
- спосіб.

Об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою.

Об'єктом винаходу не можуть бути:

- відкриття, наукові теорії та математичні моделі;
- методи організації та управління підприємством;
- плани;
- умовні позначення, розклади, правила;
- методи виконання розумових операцій, способи досліджень, системи математичних побудов і перетворень, методи розрахунків,

математичне розв'язування задач тощо;

- програми для обчислювальних машин;
- результати художнього конструювання;
- топології інтегральних мікросхем;
- сорти рослин і породи тварин.

До **пристроїв** як об'єктів винаходів (корисних моделей) відносять машини, механізми, прилади тощо. Об'єктом корисної моделі може бути конструктивне виконання пристрою, яке повинно мати явно виражені просторові форми, тобто характеризуватись не лише наявністю елементів і зв'язків між ними, але й формою виконання цих елементів, їх певним взаємним розташуванням.

До **речовин** як об'єктів винаходів відносять індивідуальні хімічні сполуки, до яких також умовно віднесені високомолекулярні сполуки та об'єкти генетичної інженерії; композиції (сполуки, суміші, розчини, сплави тощо); продукти ядерного перетворення. Об'єкт винаходу «штам мікроорганізму, культури клітин рослини і тварини» це: індивідуальні штами мікроорганізмів, культивовані клітини рослин і тварин; консорціуми мікроорганізмів. До **способів** як об'єктів винаходів відносять процеси виконання дій над матеріальними об'єктами за допомогою матеріальних об'єктів.

Для характеристики об'єкту винаходу як «пристрою» використовують такі ознаки:

- наявність конструктивного (конструктивних) елемента (елементів);
- наявність зв'язків між елементами;
- взаємне розташування елементів;
- форма виконання елемента (елементів) або пристрою загалом;
- форма виконання зв'язків між елементами;
- параметри та інші характеристики елемента (елементів та їх зв'язок);
- матеріал, з якого виготовлено елемент (елементи), або пристрій

загалом, середовище, що виконує функцію елемента.

Для характеристики об'єкта винаходу як «речовини» для індивідуальних хімічних сполук використовують такі ознаки: якісний склад (атоми певних речовин), кількісний склад (число атомів кожного елемента), зв'язок між атомами, взаємне розташування їх у молекулі, виражене хімічною структурою формули (для низькомолекулярних сполук), чи в кристалічній решітці.

Для характеристики об'єкта винаходу як «способу» використовують такі ознаки:

- наявність дії або сукупності дій;
- порядок проведення таких дій у часі (попередньо, одночасно, в різних поєднаннях);
- умови виконання дій: режим, використання речовин (вихідної сировини, реагентів, каталізаторів тощо), пристроїв (пристосувань, інструментів, обладнання тощо), штамів мікроорганізмів, культивованих рослин чи тварин.

Спосіб як об'єкт винаходу характеризується лише діями над матеріальними об'єктами (сировиною, заготовкою тощо). **Заявку на видачу патенту на винахід (корисну модель)** може до Укрпатенту (державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» МОНУ, уповноважене для розгляду і проведення експертизи заявок) подати будь-яка особа, яка бажає отримати патент і має на це право. Заявку складають українською мовою. Якщо деякі документи заявки викладено іншою мовою, то слід надіслати переклад цих документів. Заявка (тобто сукупність документів, необхідних для видачі патенту) повинна містити:

- заяву про видачу патенту (декларційного патенту) України на винахід чи декларційного патенту України на корисну модель;
- опис винаходу (корисної моделі);
- формулу винаходу (корисної моделі);
- креслення (якщо на них є посилання в описі);
- реферат.

Опис винаходу (корисної моделі) повинен підтверджувати обсяг правової охорони, визначений формулою винаходу (корисної моделі) і настільки ясним і повним, щоб його міг зрозуміти фахівець у зазначеній галузі. Опис починається із зазначення рубрики діючої редакції міжнародного патентного класифікатора (МПК), до якої належить винахід (корисна модель), назви винаходу і містить такі розділи:

- галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель);
- рівень техніки;
- суть винаходу (корисної моделі);
- перелік фігур креслення (якщо на них є посилання в описі);
- відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі).

У розділі «Рівень техніки» наводять дані про відомі заявнику аналоги винаходу (корисної моделі) з виділенням серед них аналога, найбільш близького за сукупністю ознак до винаходу (корисної моделі). Суть винаходу (корисної моделі) визначається сукупністю суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, що його забезпечує винахід (корисна модель). Ознаки належать до суттєвих, якщо вони впливають на технічний результат, якого можна досягти, тобто перебувають у причинно-наслідковому зв'язку із зазначеним результатом. У цьому розділі детально розкривають технічну задачу, на вирішення якої направлено винахід (корисну модель) та технічний результат, якого можна досягти при здійсненні винаходу (корисної моделі). У переліку фігур креслень, крім самого переліку фігур, наводять стислі пояснення того, що зображено на кожній з них. Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі), розкривають можливості отримання зазначеного у розділі «Суть винаходу (корисної моделі)» технічного результату при здійсненні винаходу (корисної моделі). Можливість здійснення винаходу, суть якого характеризують з використанням ознаки, яку подано загальним поняттям, зокрема на рівні функціонального узагальнення, підтверджують або описом засобу для реалізації цієї ознаки безпосередньо в

матеріалах заявки, або посиланням на те, що такий засіб існує, чи методи його одержання. Опис винаходу (корисної моделі) підписує заявник у тому ж порядку, що й заяву на видачу патенту.

Формула винаходу (корисної моделі) – це стисла словесна характеристика технічної суті винаходу (корисної моделі), що містить сукупність його суттєвих ознак, які достатні для досягнення зазначеного заявником технічного результату. **У разі визнання об'єкта винаходом лише формула набуває правового значення і є єдиним критерієм визначення обсягу винаходу** (за нею встановлюється факт використання чи невикористання винаходу).

Формула винаходу (корисної моделі) повинна стисло і ясно відображати суть винаходу (корисної моделі), тобто містити сукупність його суттєвих ознак, достатню для досягнення зазначеного заявником технічного результату. За структурою формула винаходу (корисної моделі) може бути одноланковою чи багатоланковою і включати, відповідно, один чи декілька пунктів. Одноланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) сукупністю суттєвих ознак, які не мають розвитку чи уточнення щодо окремих випадків його виконання або використання. Багатоланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) з розвитком і уточненням сукупності його ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів. Пункт формули винаходу (корисної моделі) складається, як правило, з **обмежувальної частини**, яка включає ознаки винаходу, які збігаються з ознаками найближчого аналога, у тому числі родове поняття, що характеризує призначення об'єкта, та **розрізняльної (відмітної) частини**, яка включає ознаки, що відрізняють винахід від найближчого аналога. Обмежувальна й розрізняльна (відмітна) частини пункту формули відокремлюються одна від одної виразом **«який (яка, яке) відрізняється тим, що...»**. Без поділу на обмежувальну й розрізняльну частини, зокрема, складають формулу винаходу,

яка характеризує:

- унікальну сполуку;
- штам мікроорганізму, культури клітин рослин і тварин;
- застосування раніше відомого продукту чи способу за новим призначенням;
- винахід, що не має аналогів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дати визначення – що таке є наука.
2. Викласти суть спостережень, які називаються науковими.
3. Що таке принцип? Гіпотеза? Наукова ідея?
4. Як класифікують науково-дослідні роботи?
5. Викласти суть (і перелік) загальнонаукових методів досліджень.
6. Послідовність виконання науково-технічних розробок.
7. Алгоритм виконання науково-технічної розробки, починаючи з технічного завдання і закінчуючи впровадженням.
8. Що є об'єктом винаходу?
9. Структура формули винаходу.