

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

# **ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Конспект лекцій,  
методичні вказівки  
до практичних робіт**

**для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
всіх форм навчання**

Затверджено  
на засіданні  
методичної ради  
Протокол № 3 від 19.01.2017

Краматорськ  
ДДМА  
2017

УДК 621.91.102

Основи технічної творчості та наукових досліджень : конспект лекцій, методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка / В. І. Тулупов, С. Ю. Олійник. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 116 с.

У конспекті лекцій і методичних вказівках до практичних робіт розглянуто методи активізації пошуку нових технічних рішень, основи застосування евристичних прийомів, фізичних ефектів і стандартів при рішенні винахідницьких задач, основи наукових досліджень, а також правила складання і подання заявки на видачу патенту на винахід.

Може бути корисним для студентів технічних спеціальностей, аспірантів.

Укладачі: В. І. Тулупов, доц.;  
С. Ю. Олійник, ст. викл.

Відп. за випуск С. В. Ковалевський, проф.

*Навчальне видання*

## **ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Конспект лекцій,  
методичні вказівки до практичних робіт  
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
всіх форм навчання**

Укладачі: ТУЛУПОВ Володимир Іванович,  
ОЛІЙНИК Світлана Юріївна

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання О. М. Болкова

8/2016. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 6,74.  
Обл.-вид. арк. 5,97. Тираж пр. Зам. №

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК №1633 від 24.12.2003

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Теоретична частина .....	6
1.1 Наука – продуктивна сила суспільства .....	6
1.1.1 Особливості організації та управління науки.....	6
1.1.2 Принципи діяльності і структура НАН України .....	7
1.1.3 Основні наукові досягнення і напрями діяльності.....	8
1.2 Методи пошуку нових технічних рішень.....	10
1.2.1 Метод фокальних об’єктів.....	11
1.2.2 Метод «мозкового штурму» .....	12
1.2.3 Метод морфологічного аналізу.....	13
1.2.4 Метод синектики .....	15
1.2.5 Метод контрольних запитань.....	16
1.2.6 Функціонально-вартісний аналіз (ФВА).....	17
1.2.7 Теорія рішення винахідницьких задач .....	18
1.2.8 Застосування евристичних прийомів при рішенні винахідницьких задач.....	19
1.2.9 Застосування фізичних ефектів при рішенні винахідницьких задач.....	21
1.2.10 Застосування стандартів при рішенні винахідницьких задач .....	22
1.2.11 Комп’ютерні методи рішення творчих винахідницьких задач .....	26
1.3 Закони розвитку технічних систем .....	27
1.3.1 Закони «статистици» .....	27
1.3.2 Закони «кінематики» .....	28
1.3.3 Закони «динаміки».....	29
1.4 Основи наукових досліджень .....	30
1.4.1 Класифікація наукових досліджень та основні поняття.....	30
1.4.2 Етапи науково-технічного дослідження.....	34
1.4.3 Інформаційний пошук і складання методики дослідження .....	35
1.4.4 Попередня розробка дослідження.....	36
1.4.5 Підготовка і проведення експериментальної частини дослідження.....	37
1.4.6 Планування експерименту.....	38
1.4.7 Планування однофакторного експерименту.....	39
1.4.8 Планування багатфакторного експерименту. Повний факторний експеримент (ПФЕ).....	42
1.4.9 Дробовий факторний експеримент (ДФЕ).....	45
1.4.10 Плани другого порядку .....	47
1.4.10.1 Композиційний план .....	47
1.4.10.2 Ротатабельний план.....	49

1.4.11	Обробка результатів експериментів. Методи графічної обробки .....	50
1.4.12	Методи підбору емпіричних формул .....	51
1.4.13	Регресійний аналіз .....	53
1.4.14	Оцінка адекватності теоретичних рішень .....	54
1.4.15	Оформлення результатів дослідження .....	56
1.4.16	Впровадження закінчених розробок у промисловість .....	58
1.5	Правила складання і подачі заявки на видачу патенту на винахід .....	59
1.5.1	Оформлення документів .....	59
1.5.2	Загальні вимоги до змісту документів заявки .....	62
1.5.3	Заява про видачу патенту .....	63
1.5.4	Опис винаходу або корисної моделі .....	66
1.5.5	Формула винаходу (корисної моделі) .....	71
1.5.6	Креслення .....	75
1.5.7	Реферат .....	75
1.5.8	Особливості змісту заявки на винахід щодо пристрою .....	76
2	Практична частина .....	78
	<i>Практична робота 1. Застосування прийомів при рішенні винахідницьких задач .....</i>	<i>78</i>
	<i>Практична робота 2. Застосування ефектів при рішенні винахідницьких задач .....</i>	<i>80</i>
	<i>Практична робота 3. Застосування стандартів при рішенні винахідницьких задач .....</i>	<i>83</i>
	<i>Практична робота 4. Застосування методів кореляційного аналізу для дослідження технологічного процесу в умовах параметрів, що випадково змінюються .....</i>	<i>85</i>
	<i>Практична робота 5. Застосування плану першого порядку при проведенні багатofакторного дослідження .....</i>	<i>93</i>
	Короткий словник термінів .....	99
	Список рекомендованої літератури .....	102
	Додаток А. Довідкові таблиці .....	103
	Додаток Б. Евристичні прийоми та фізичні ефекти .....	109

## ВСТУП

Сучасний рівень технічного прогресу, безперервне створення нових довершених високопродуктивних, автоматизованих і високоточних машин, вимагають підготовки високоосвічених фахівців, які повинні володіти глибокими теоретичними знаннями, що уміють правильно ставити і вирішувати творчі задачі зі створення і вдосконалення нової техніки і технологій.

Подальший розвиток машинобудування характеризується науковими підходами до рішення інженерних задач при проектуванні, виробництві і експлуатації машин. Усе більше стираються відмінності між проектантами і дослідниками. Уміння проводити наукові дослідження стає для спеціаліста необхідністю, оскільки часто лише з їх допомогою вдається врахувати особливості конкретних умов виробництва і виявити резерви підвищення його ефективності.

Інженеру-технологу в своїй практичній діяльності доводиться ухвалювати багато технічних рішень, що вимагають наукового обґрунтування. Сюди відносяться, наприклад, вибір структури технологічного процесу і оптимізація різних параметрів технологічних операцій. При цьому критеріями оптимізації можуть бути характеристики, як технологічного процесу, так і виробів, що виготовляються. Для виконання необхідних досліджень технолог повинен володіти методами планування експерименту, обробки і аналізу його результатів, методиками проведення спеціальних технологічних досліджень, а також знати можливості технологічних методів підвищення якості продукції.

Зараз серйозна увага приділяється технічній творчості студентів, особливо його вищій формі – винахідництву. Завдання вузу полягає в тому, щоб у кожного молодого фахівця розвинути інтерес до винахідницької діяльності, викликати у нього потреба пошуку нових технічних рішень, навчити творчо застосовувати одержані знання придбати уміння виявляти нові технічні рішення, формулювати їх новизну у вигляді формули винаходу або корисної моделі, складати їх опис відповідно до вимог «Правил складання і подання заявки на видачу патентів на винаходи і корисні моделі».

При створенні цього навчального посібника метою було стисло описати знання і досвід, накопичений часом, у сфері технічної творчості, допомогти оволодіти основами наукових досліджень та правилами складання і подання заявки на видачу патенту на винахід.

# 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Наука – продуктивна сила суспільства

- 1 Особливості організації і управління науки
- 2 Принципи діяльності та структура НАН України
- 3 Основні наукові досягнення і напрями діяльності

### 1.1.1 Особливості організації і управління науки

Основна мета науки – пізнання навколишнього світу і вплив на природу з метою отримання корисних для суспільства результатів.

Наука зародилася в якнайдавніші часи у зв'язку з вимогами суспільної діяльності, які постійно виникали і зростали. У процесі історичного розвитку суспільства вона перетворилася на продуктивну силу, що має значний вплив на всі сфери суспільного життя. Причому перетворення науки на продуктивну силу відбувається переважно через технічні науки. Спираючись на природні закономірності, технічні науки конструюють різні види техніки, технологічні процеси. Завдяки науково-технічним дослідженням інженерна діяльність і виробництво в цілому одержують чіткі віхи, розвиваються цілеспрямовано. Зростає кількість висококваліфікованих фахівців (інженерів, керівників, вчених), розширюється поняття *інженерної діяльності*, що охоплює декілька складових.

*Аналіз і технічне передбачення* виконуються з метою визначення напрямку і перспектив технічного розвитку, курсу технічної політики. Виконавці – керівники, провідні фахівці виробництва і науково-дослідних інститутів, лабораторій, які об'єднуються в «колективний мозок» – вчена або науково-технічна рада.

*Дослідницька діяльність* – це пошук принципової схеми технічного пристрою або технологічного процесу, яка наблизить або забезпечить рішення поставленої задачі.

*Конструкторська діяльність* доповнює і розвиває дослідницьку діяльність, а іноді зливається з нею. Особливість її в тому, що запропонована принципова схема приладу, механізму. Процесу набуває певної форми у вигляді креслень.

*Дія проектування* тісно пов'язана з двома попередніми. Особливість його полягає в тому, що на етапі проектування конструюються не окремі прилади або пристрої. А цілі технологічні системи або комплекси, причому враховуються не тільки технічні, а й соціальні, ергономічні та інші параметри предмету дослідження.

*Технологічна дія* пов'язана з виконанням другої частини інженерного завдання: як виготовити, упровадити у виробництво те, що винайдене. Інженер-технолог зобов'язаний об'єднати технологічні процеси так, щоб в

результаті взаємодії людей і техніки витрати часу і матеріалів були б найменшими, а технічна система працювала надійно і ефективно. Успіх або невдача технолога визначають цінність всієї інженерної праці, витраченої на створення того або іншого предмету.

*Дія регулювання виробництва* направлена на підпорядкування спільної діяльності всіх працівників на рішення конкретної технічної задачі. Це завдання інженера-виробничника, майстра, виконавця робіт.

*Дія застосування і налагодження устаткування* полягає в налагодженні та технічному обслуговуванні приладів, машин, технологічних ліній, контролі показників їх роботи.

У сучасних умовах наука розглядається як невід'ємна частина взаємозв'язаного єдиного циклу «наука-техніка-виробництво», який називається науково-технічним прогресом.

### ***1.1.2 Принципи діяльності та структура НАН України***

Національна академія наук України є вищою державною науковою організацією України, до складу якої входять дійсні члени, члени-кореспонденти та іноземні члени. Вона об'єднує всіх наукових працівників її установ і здійснює дослідження в різних галузях знань, створює наукові основи технологічного, соціально-економічного та культурного розвитку країни. Академія має державний статус і користується правами самоврядності у вирішенні питань внутрішнього життя відповідно до свого Статуту.

Найвищий орган НАН України – Загальні збори її членів, що складаються нині з 512 академіків і членів-кореспондентів та 130 іноземних членів. У час між сесіями Загальних зборів керівництво роботою Академії здійснює Президія НАН України у складі президента, віце-президентів, головного ученого секретаря і членів Президії, які обираються через кожні п'ять років. До Президії входять академіки-секретарі відділень наук і голови регіональних наукових центрів. У її роботі постійну участь беруть президенти інших державних академій наук України.

У Національній академії наук діють три секції, що об'єднують 13 відділень наук: математики; інформатики; механіки; фізики і астрономії; наук про Землю; фізико-технічних проблем матеріалознавства; фізико-технічних проблем енергетики; хімії; молекулярної біології, біохімії, експериментальної і клінічної фізіології; загальної біології; економіки; історії, філософії та права; літератури, мови та мистецтвознавства. В Академії працюють 6 регіональних наукових центрів, які підпорядковані також Міністерству освіти і науки України. Основною ланкою структури НАН України є науково-дослідні інститути та прирівняні до них інші наукові установи. Вони діють на підставі власних статутів, які затверджуються та реєструються в НАН України.

Академія має дослідно-виробничу і конструкторську базу, до якої належать дослідні підприємства, конструкторсько-технологічні організації,

інженерні та обчислювальні центри. При установах НАН України функціонують малі та спільні підприємства, які сприяють комерціалізації результатів наукових досліджень. Інститути Академії виступили засновниками перших в Україні технологічних парків. Зараз за активної участі установ НАН України працюють вісім технопарків, на які законодавством України розповсюджено спеціальний режим інноваційної та інвестиційної діяльності.

Розвитку творчого пошуку і пропаганді одержаних результатів сприяє діяльність Національної бібліотеки України ім. В.І.Вернадського, яка є депозитарієм Організації Об'єднаних Націй, і фонди якої містять майже 10 млн. книг, рукописів, та Львівської наукової бібліотеки ім. В.Стефаника. Академія має видавництва «Наукова думка» і «Академперіодика», де готуються до друку і видаються монографії, журнали та інші наукові періодичні видання, довідники, підручники, словники, науково-популярна література.

### *1.1.3 Основні наукові досягнення і напрями діяльності*

Вчені НАН України принесли на вівтар науково-технічного прогресу чимало результатів фундаментальних і прикладних досліджень світового рівня. На їх рахунку понад 90% відкриттів, зроблених в Україні, та ряд інших досягнень, що знайшли широке використання в промисловості, сільському господарстві і культурі. Ще в 30-і роки минулого століття вони здійснили штучну ядерну реакцію перетворення ядер літію на ядра гелію, побудували прискорювач заряджених частинок, отримали важку воду, створили трикоординатний радіолокатор дециметрового діапазону.

У буремні часи Великої Вітчизняної війни Академія запровадила в оборонній промисловості високоефективну технологію зварювання під флюсом корпусів танків, артилерійських систем та авіабомб, що підвищило бойові якості військової техніки. Завдяки цим та іншим розробкам вирішувались також невідкладні проблеми літако- та моторобудування, масового виробництва боєприпасів та інших видів виробів оборонного призначення. Вагомий внесок зробили вчені – біологи і медики – у створення нових лікарських препаратів і методів лікування поранених.

Уже через п'ять років після тривалої і спустошливої війни в НАН України вперше в континентальній Європі було побудовано малу електронну обчислювальну машину, а потім розроблено теорію цифрових автоматів, на підставі якої було сконструйовано кілька поколінь електронно-обчислювальної техніки.

Зусиллями вчених Академії було запропоновано прогресивні технології не рознімного з'єднання металів і неметалів у різних умовах і середовищах, електрошлакового переплаву, закладено основу для створення нової галузі металургії – спеціальної електрометалургії, започатковано виробництво надтвердих матеріалів, синтетичних алмазів, металокерамічних контактних сплавів та багато інших новацій.



Важливих результатів було досягнуто у галузі математики, математичної фізики, інформатики, у розділах біологічної кібернетики. Значного розвитку набули дослідження з механіки твердого тіла, рідин і газів.

Великий внесок зробили фізики і астрономи Академії наук зокрема у теоретичну фізику, фізику твердого тіла, низьких температур, напівпровідників, фізичну електроніку, радіофізику та астрономію. Саме тут було відкрито низку фізичних явищ, які суттєво розширили уявлення про властивості речовини в різних умовах, фізичні процеси у Всесвіті. Вони покладені в основу низки нових технологій в електроніці, голографії, радіотехніці.

Національна академія наук України стала всесвітньо визнаним матеріалознавчим центром у напрямках електрозварювання, спеціальної електрометалургії, надтвердих матеріалів та виготовлення інструментів з них.

Важливу сторінку її історії становлять комплексні дослідження щодо освоєння космічного простору, запровадження технології зварювання і різання металів під час орбітальних польотів і у відкритому космосі, виконання монтажних і ремонтних робіт, використання сонячної енергії для енергопостачання космічних апаратів, здійснення серії біологічних експериментів на орбіті.

У галузі наук про Землю значних результатів досягнуто з гео- і гідрофізики, гідрогеології, геохімії і фізики мінералів, океанології. Гідне місце посідають фізико-технічні проблеми енергетики, пошукові роботи з тепломасообміну, електрофізики, моделювання електротехнічних та енергетичних систем, енергозбереження, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Вагомі здобутки є у дослідженні фундаментальних проблем каталізу, органічного синтезу, хімії високомолекулярних сполук, електрохімії, неорганічної хімії, хімії води, нанохімії, вуглехімії та інших напрямів хімічної науки.

Широке визнання вітчизняних і зарубіжних вчених здобули ґрунтовні дослідження у галузі біологічних наук – з мембранної біології, фізіології людини і тварин, нейрофізіології, біосенсорики, геноміки.

Триває цілеспрямована пошукова праця з теоретичної та експериментальної онкології, радіаційної медицини, кріобіології та кріомедицини, молекулярної і клітинної біології, генної інженерії, мікробіології та вірусології.

Чимало досягнень є у галузі соціогуманітарних наук. Установами політико-правового, економічного та соціологічного профілю зроблено значний внесок у теоретичне обґрунтування та інформаційно-аналітичне супроводження суспільно-політичних та соціально-економічних перетворень, вивчення сучасних трансформацій у суспільстві, розробку засад структурно-інвестиційної, інноваційної, регіональної етнонаціональної, гуманітарної політики держави.

Створено фундаментальні багатотомні праці з давньої історії України, політичної історії ХХ століття, історії української культури. Видано п'ятнадцятитомну монографічну серію «Україна крізь віки». Опубліковано низку словникових видань нового покоління. Важливим здобутком є перша вітчизняна електронна лексикографічна система, створена для забезпечення потреб наукової, освітньої, видавничої справи.

Особливе місце посідає участь НАН України у подоланні наслідків найбільшої техногенної катастрофи, що сталася на Чорнобильській атомній електростанції. Академія, як відомо, застерігала керівні інстанції СРСР про небезпеку зосередження в Україні десятків енергоблоків і хибне їх розташування, але ці попередження було проігноровано. З перших днів катастрофи і донині вчені Академії ведуть напружену роботу щодо зменшення тяжких наслідків аварії і спричинених нею втрат та перетворення зруйнованого блоку і зони лиха на екологічно безпечну територію.

Прагнучи інтеграції науки і освіти, Академія має постійні зв'язки з Міністерством освіти і науки, провідними вузами України. Це співробітництво втілюється у роботі спільних науково-навчальних центрів, кафедр, лабораторій та інших форм співпраці вчених і освітян. Академія виконує також координуючі функції щодо інших державних академій наук нашої країни.

Багато уваги приділяється підготовці наукових кадрів високої кваліфікації, зокрема через аспірантуру і докторантуру. Чимало вихованців Академії плідно працює в науково-дослідних установах, а також на виробництві, у підприємницьких структурах, фінансово-банківській системі, в депутатському корпусі різних рівнів, центральних і місцевих виконавчих органах державної влади.

За роки переходу України до ринкової економіки вчені НАН України розробили десятки нових технологій, які сприяють розвитку держави, вітчизняного виробництва конкурентоспроможної наукоємної продукції.

### **Контрольні питання**

- 1 Які види інженерної діяльності ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
- 2 Принципи діяльності і структура НАН України.
- 3 Які основні наукові досягнення вчених України ви знаєте?

### **1.2 Методи пошуку нових технічних рішень**

- 1 Метод фокальних об'єктів
- 2 Метод «мозкового штурму»
- 3 Метод морфологічного аналізу
- 4 Метод синектики
- 5 Метод контрольних запитань
- 6 Функціонально-вартісний аналіз
- 7 Теорія рішення винахідницьких задач
- 8 Комп'ютерні методи рішення творчих винахідницьких задач

Істотний крок в розвитку методів творчого мислення зробив Сократ, що намагався збудити приховані творчі здібності людей в процесі діалогу, основними ознаками якого були: вільний обмін думками; застосування гумору й іронії; доведення понять до абсурду; застосування аналогії; виявлення суперечностей і т.д.

Створенням універсального методу пізнання і творчості займалися Р.Бекон, Р.Декарт, Лейбніц, Пумнкаре. Проте всі ці розробки мали, в основному, теоретичне значення і до нашого часу практично не застосовувалися в практиці технічної творчості.

У ХХ столітті з'явилися методи пошуку нових технічних рішень, найбільш популярними з яких є:

- 1) метод фокальних об'єктів;
- 2) метод мозкового штурму;
- 3) метод морфологічного аналізу;
- 4) метод синектики;
- 5) метод контрольних питань;
- 6) теорія рішення винахідницьких задач;
- 7) метод функціонально-вартісного аналізу.

Мета евристичних методів активізації пошуку полягає в інтенсифікації процесу генерування ідей та підвищенні кількості раціональних ідей з усіх, що пропонувалися у результаті пошуку.

### ***1.2.1 Метод фокальних об'єктів***

Автор методу фокальних об'єктів – Ф.Кунце (Німеччина, 1926 р.). Мета методу – вдосконалення об'єкта за рахунок отримання великої кількості оригінальних модифікацій об'єкта з несподіваними властивостями. Метод відрізняється простотою і необмеженими можливостями пошуку нових точок зору на вирішувану проблему.

**Суть методу** полягає в перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на об'єкт, що удосконалюється, який лежить як би у фокусі перенесення і тому називається фокальним. Виниклі незвичайні поєднання прагнуть розвинути шляхом вільних асоціацій.

#### **Послідовність і структура виконання методу:**

1. Визначити фокус – об'єкт, що удосконалюється.
2. Вибирати випадкові об'єкти (за допомогою словника або іншим способом).
3. Виписати для кожного з них декілька характерних ознак (властивостей).
4. Набуті ознаки перенести на прототип (фокальний об'єкт) – одержати нові поєднання.
5. Нові поєднання розвинути шляхом вільних асоціацій. Зафіксувати всі цікаві ідеї.
6. Оцінити нові ідеї і відібрати найбільш ефективні з погляду реалізації.

**Застосовується** для пошуку нових модифікацій відомих об'єктів (наприклад, товарів народного споживання), створенні реклами товарів.

**Переваги:**

1. Простота освоєння і необмежені можливості пошуку нових підходів до проблеми.
2. Відсутність шаблонності ідей, що висуваються.
3. Універсальність методу.

**Недоліки:**

1. Непридатність при рішенні складних задач.
2. Відсутність правил відбору і внутрішніх критеріїв оцінки одержуваних ідей.

**Приклад застосування:**

1. Об'єкт, що удосконалюється: плеєр.
2. Випадкові об'єкти: комп'ютер, покришка, сонце.
3. Характерні властивості або ознаки випадкових об'єктів:
  - а) комп'ютер: багатофункціональний, точний, мобільний (ноутбук);
  - б) покришка: гумова, зносостійка, кругла;
  - в) сонце: зігріває, світить, висхідне.
4. Нові поєднання:
  - а) плеєр багатофункціональний, плеєр точний, плеєр мобільний;
  - б) плеєр гумовий, плеєр зносостійкий, плеєр круглий;
  - в) плеєр зігріває, плеєр що світить, плеєр висхідний.
5. Нові ідеї:
  - а) плеєр з можливістю прослуховування будь-яких форматів, плеєр з калькулятором, плеєр мобільний;
  - б) плеєр, покритий тонким шаром гуми (протиударний), плеєр із зносостійкими символами позначок функцій кнопок, плеєр у вигляді диска;
  - в) плеєр плюс обігрівач, плеєр з підсвічуванням, плеєр з інформацією, що з'являється на дисплеї.
6. Вибираємо – плеєр протиударний, з можливістю прослуховування будь-яких форматів та інформацією, що з'являється на дисплеї.

### ***1.2.2 Метод мозкового штурму***

Засновником методу «мозкового штурму» вважається А. Осборн (США, 1953 р.). Він відмітив, що одні люди більше схильні до генерування ідей, інші – до їх критичного аналізу. При звичайних обговореннях вони, виявляючись разом, заважають один одному. А. Осборн запропонував розділити учасників штурму на дві групи: «генераторів» і «критики» ідей. Мета методу психологічна активізація учасників групи для отримання нових ідей розв'язань творчих задач.

**Суть методу:** за 20 – 30 хвилин група «генераторів ідей» висуває декілька десятків ідей. Головне правило – заборонена критика, можна висло-

влювати будь-які ідеї, у тому числі і свідомо нереальні (вони грають роль каталізатора, стимулюючи появу нових ідей), висловлювати максимальну кількість ідей (перевага віддається кількості, а не якості ідей). Бажано, щоб учасники штурму підхоплювали і розвивали висунуті ідеї.

**Послідовність і структура виконання методу:**

При постановці завдання перед учасниками мозкової штурму, повинно бути чітко сформульовано:

- що у результаті бажано одержати або мати;
- що заважає отриманню бажаного.

При правильно організованому штурмі (учасниками повинні бути люди різних професій), вдається швидко піти від ідей, що нав'язуються психологічною інерцією, виникає доброзичлива творча атмосфера, пропонується сміливі ідеї, відкривається шлях всіляким смутним ідеям і припущенням.

Одержані при штурмі ідеї передаються на експертизу групі «критиків». При цьому «критики» повинні прагнути виявити раціональне зерно в кожній ідеї.

**Застосовується:** при рішенні нескладних задач і організаційних проблем.

**Переваги:** за короткий час можна розв'язати нескладні завдання.

**Недоліки:** важкі завдання штурму не можна розв'язати.

### ***1.2.3 Метод морфологічного аналізу***

Метод морфологічного аналізу і синтезу був розроблений в 30-х роках ХХ століття швейцарським астрономом Ф. Цвіккі для конструювання астрономічних приладів. Перше результативне практичне використання методу було продемонстровано в 1942 р. в США автором в авіаційній фірмі. За короткий час їм було одержано декілька десятків нових технічних рішень ракетних двигунів і ракет. Мета методу – впорядкування процесу висунення і розгляду різних варіантів рішення задач. Розрахунок будується на тому, що в полі зору можуть потрапити варіанти, які раніше не розглядалися.

**Суть методу:** морфологічний аналіз заснований на побудові таблиці, званої *морфологічним ящиком*, в якій перелічуються всі основні елементи, що становлять об'єкт і указується, можливо, більша кількість відомих варіантів реалізації цих елементів. Повна кількість рішень визначається за формулою:

$$N = \prod_{i=1}^n k_i, \quad (1.1)$$

де  $k_i$  – кількість різних варіантів;

$n$  – характеристики (морфологічні ознаки).

Принцип морфологічного аналізу легко реалізується за допомогою комп'ютерних засобів.

**Послідовність і структура виконання методу:**

1. Точно сформулювати проблему.
2. Визначити найважливіші елементи об'єкта.
3. Визначити варіанти виконання елементів.
4. Занести їх до таблиці.
5. Оцінити все наявні в таблиці варіанти.
6. Вибрати оптимальний варіант.

**Застосовується:** найдоцільніше використовувати морфологічний аналіз при рішенні конструкторських задач загального плану: при проектуванні машин і при пошуку компоновальних або схемних рішень.

**Переваги:** перебираючи всякі поєднання альтернативних варіантів зазначених ознак, можна виявити нові варіанти рішення задачі, які при простому переборі могли бути упущені.

**Недоліки:** для складних об'єктів, що мають велику кількість елементів, таблиця стає дуже громіздкою. З'являється необхідність розгляду величезної кількості варіантів, велика частина яких виявляється позбавленою практичного сенсу, що робить використання методу дуже трудомістким. Таким чином, головними недоліками методу є спрощеність підходу до аналізу об'єкта і можливість отримання дуже великої для розгляду кількості варіантів.

**Приклад застосування [1]:** необхідно розробити ефективну конструкцію снігоходу, морфологічними ознаками якої можуть бути: А – двигун, Б – рушій, В – опора кабіни, Г – управління, Д – забезпечення заднього ходу і т.д.

Розкриваємо можливі варіанти за кожною морфологічною ознакою (характеристиці) шляхом складання матриці.

Наприклад, для снігоходу можливі варіанти: А1 – двигун внутрішнього згорання, А2 – газова турбіна, А3 – електродвигун, А4 – реактивний двигун і т.д.; Б1 – повітряний гвинт, Б2 – гусениці, Б3 – лижі й т.д.; В1 – опора кабіни на сніг, В2 – на двигун, В3 – на рушій і т.д.

Поєднання одного з можливих варіантів морфологічної ознаки з іншими від кожної ознаки дає одне з можливих технічних рішень.

Структура технічної системи може бути виражена морфологічними ознаками (наприклад, формулою АБВГД.), але поєднання їх конкретних варіантів (наприклад, А1Б2В1Г3Д2) – лише одне конкретне з безлічі технічних рішень, що витікають із закономірностей будови системи.

Знаходження оптимального варіанту може здійснюватися за кращим значенням найбільш важливого показника технічної системи.

### 1.2.4 Метод синектики

Найбільш ефективна із створених за кордоном методик психологічної активізації творчості – синектика (У.Гордон, США, 1944). Вона є розвитком і удосконаленням методу мозкового штурму. Синектика – метод пошуку ідей на основі організації спеціалізованих груп підготовлених людей. Такі синектичні групи активно використовують аналогії, асоціації, творчу уяву і намагаються об'єднати несумісні елементи.

**Мета методу:** активізація творчого процесу.

**Суть методу:** при синектичеськом штурмі допустима критика, яка дозволяє розвивати і видозмінювати висловлені ідеї. Цей штурм веде постійна група. Її члени поступово звикають до спільної роботи і критики, не ображаються, коли хтось відкидає їх пропозиції.

**Послідовність і структура виконання методу.**

При створенні групи (оптимальний склад – 5-7 осіб), необхідно враховувати розподіл функціональних ролей: «ведучий» (організатор) організовує обговорення питання, проблеми, залучає до нього всіх членів групи; «аналітик» ставить питання учасникам під час обговорення проблеми, ставлячи під сумнів висловлювані ідеї, формулювання; «протоколіст» фіксує все, що відноситься до рішення проблеми; після закінчення первинного обговорення саме він звичайно виступає перед класом, щоб подати думку, позицію своєї групи; «спостерігач» оцінює участь кожного члена групи в рішенні проблеми на основі заданих критеріїв.

Послідовно виконується наступне:

1. Формулювання (уточнення) проблеми «як вона дана», тобто учасники групової роботи не одержують повної інформації про мету і напрями рішення проблеми.
2. Формулювання проблеми «як її розуміють», тобто спроба проникнути в суть проблеми, перекласти її зрозумілішою мовою.
3. Генерація ідей за допомогою 4-х видів аналогій:
  - а) *пряма аналогія* (порівняння даного об'єкта з більш менш схожими об'єктами, досліджуваних іншими науками);
  - б) *особиста аналогія* (шляхом вживання в образ об'єкта і визначення власних відчуттів його стану);
  - в) *символічна аналогія* (опис об'єкта в якій-небудь узагальненій формі з використанням символів, моделей, образів, метафор й ін.);
  - г) *фантастична аналогія* (виклад ідей у вигляді казок, фантазій, читання фантастичної літератури, вивчення науково-популярних журналів).
4. Здійснюється перенесення виявлених цікавих ідей на конкретну проблему (критична оцінка, вибір альтернативних варіантів, експерименти і т.д.).
5. Завершальна частина – розвиток і максимальна конкретизація ідей, визнаної найбільш вдалої, ведеться вже на спеціальній технічній мові.

Після засідання синектори проводять інженерний аналіз, вивчають і обговорюють отримані результати, консультуються з фахівцями, експериментують, а коли рішення дозріло, займаються пошуками якнайкращих способів його реалізації.

**Застосовується:** при рішенні не дуже складних завдань.

**Переваги:** за короткий час розв'язуються не дуже складні завдання.

**Недоліки:** важко вирішити складні завдання; необхідний ретельний підбір членів синектичної групи (згуртованість і хороша попередня підготовка складу групи).

### *1.2.5 Метод контрольних питань*

Метод контрольних питань – один з методів психологічної активізації творчого мислення (Д. Пойа, США, 1945; Р. Кроуфорд, Англія, 1954; С. Пірсон, Англія, 1957; А. Осборн, Англія, 1964; Т. Ейлоарт, Англія, 1969). Мета методу – за допомогою навідних питань підвести до рішення задачі.

**Суть методу:** це вдосконалений варіант методу проб і помилок, винахідник відповідає на питання, що містяться в списку. І у зв'язку з ними розглядає своє завдання.

Найбільш вдалі списки:

1. Список А. Осборна.
2. Список Пойа.
3. Список Ейлоарта.

Найчастіше використовують запитальник, розроблений А. Осборном, що містить 9 груп питань.

Наприклад: чи можливі нові способи застосування технічної системи? Які модифікації технічної системи можливі? Що можна збільшити (зменшити) в технічній системі? Що можна замінити в технічному об'єкті? Що можна в технічній системі перевернути навпаки? Які нові комбінації елементів технічної системи можливі? і т.д.

Одним з кращих вважається список питань, складених англійським винахідником Т.Ейлоартом:

1. Перелічити всі якості і визначення пропонованого винаходу, зрадити їх.
2. Сформулювати завдання чітко. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні й аналогічні завдання. Зазначити головні.
3. Перелічити недоліки наявних рішень, їх основні принципи, нові пропозиції.
4. Накидати фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні та інші аналоги.
5. Побудувати модель з погляду різних галузей (моделі точніше виражають ідею, ніж аналоги).
6. Спробувати різні види матеріалів, стани речовин, ефекти.
7. Встановити варіанти, залежності, можливі зв'язки, логічні збіги.



8. Дізнатися думку деяких абсолютно неінформованих в даній справі членів групи.
9. Влаштувати сумбурне групове обговорення, вислуховуючи всі міркування і кожену ідею без критики.
10. Спробувати «власні» (особисті) рішення: хитре, всеосяжне, марнотратне, складне.
11. Спати з проблемою, йти на роботу, гуляти, приймати душ, їхати, пити, їсти – все з нею.
12. Бродити серед стимулюючих умов (виставки, музеї), проглядати тематичні журнали.
13. Накидати таблицю величин, переміщень, типів матеріалів і т. д., різних рішень проблеми або різних її частин, шукати проблеми в рішеннях або нові комбінації.
14. Визначити ідеальне рішення, розробляти можливі.
15. Видозмінити рішення проблеми з погляду (швидше або повільніше) розмірів, в'язкості і т.п.
16. В уяві «залізти» всередину предмету.
17. Визначити альтернативні проблеми і системи, які вилучають певну ланку з ланцюга і таким чином створюють щось абсолютно інше, відводячи убік від потрібного рішення.
18. Чия це проблема? Чому його?
19. Хто придумав це перший? Історія питання. Які помилкові тлумачення цієї проблеми мали місце?
20. Хто ще вирішував цю проблему? Чого він домогся?
21. Визначити загальноприйняті граничні умови і причини їх встановлення.

**Застосовується:** для технічних систем, що удосконалюються.

**Переваги:** питання в такій системі дозволяють повніше побачити властивість технічних систем, що удосконалюється.

**Недоліки:** якщо мало питань – слабкий список, але діє він швидко; багато питань – сильніший список, але перебір варіантів затягується; питання в такій системі дозволяють повніше побачити властивість об'єкта, що удосконалюється, але як його змінювати цього, на жаль, вони не підказують.

### ***1.2.6 Функціонально-вартісний аналіз (ФВА)***

ФВА – методом раціоналізації, тобто методом удосконалення конструкцій і процесів з метою зниження їх вартості і витрат, переважно без зміни основних принципів, лежачих в основі технічних систем. ФВА будується на тому принципі, що деталь машини удосконалити легше, ніж машину. Застосування ФВА до удосконалення відомих виробів дозволяє понизити їх вартість на 5...20%.

ФВА проводять переважно постійні функціонуючі тривалий час дослідницькі групи чисельністю 3...6 осіб, серед яких є конструктори, технологи і економісти.

**Послідовність і структура виконання методу:**

- 1) планування і підготовка дослідження, визначення цілей роботи, підготовка робочого плану;
- 2) збір інформації про конструкцію, технологію, калькуляційні розрахунки і т.д.;
- 3) розрахунок (аналіз) фактичних витрат;
- 4) розробка варіантів удосконалення;
- 5) оцінка варіантів з погляду витрат і якості, попередній вибір варіантів;
- 6) вибір оптимального варіанту;
- 7) впровадження і контроль результатів.

**1.2.7 Теорія рішення винахідницьких задач**

З алгоритмічних методів рішення творчих задач найефективнішою є Теорія рішення винахідницьких задач (ТРВЗ) і системи, створені на її основі. Основоположником ТРВЗ є Генріх Саулович Альтшуллер інженер, винахідник і письменник-фантаст. Основний інструмент ТРВЗ — Алгоритм рішення винахідницьких задач (АРВЗ). Алгоритм – це комплекс послідовно виконуваних дій (кроків, етапів), направлених на рішення винахідницької задачі. Процес рішення розглядається як послідовність операцій з виявлення, уточнення і подолання технічної суперечності. Послідовність, спрямованість і активізація досягаються при цьому орієнтуванням на ідеальний кінцевий результат, тобто ідеальне рішення, спосіб, пристрій.

**Послідовність і структура виконання методу:**

1. Системний аналіз. Виявлення завдання з ситуації, що склалася, і її поетапне уточнення шляхом проведення причинно-наслідкового аналізу до виявлення місця першопричини так званої оперативної зони.
2. Формулювання ідеального кінцевого результату для елементів, що знаходяться в оперативній зоні.
3. Виявлення суперечностей, що заважають досягненню знайденого ідеального рішення. Уточнення суперечностей і аналіз їх структури.
4. Вирішення протиріч шляхом застосування законів розвитку технічних систем та інструментів ТРВЗ.

**Основні інструменти ТРВЗ:**

1. Інформаційний фонд, набір евристичних прийомів усунення технічних суперечностей, основні принципи вирішення фізичних протиріч, завдання-аналогі, фізико-хімічні та геометричні ефекти.
2. Структурний речовинно-польовий аналіз, що розглядає взаємодію речовин і енергій (полів) у системі, і їх зміни.

3. Стандарти на основі вепольного аналізу, вказуючи конкретні шляхи відновлення працездатності технічної системи відповідно до законів розвитку технічних систем.

4. Психологічні оператори, призначені для ослаблення інерції мислення і розвитку творчої уяви.

Технічний об'єкт, що удосконалюється, розглядається як цілісна система, що складається з підсистем, взаємозв'язаних елементів, і що одночасно є частиною надсистеми, що складається з взаємозв'язаних систем. Перед рішенням прямої задачі, пов'язаної з технічним об'єктом, проводять пошук завдань в надсистемі (обхідні завдання) і вибирають найбільш прийнятний шлях.

При постановці завдання в АРВЗ враховується той факт, що джерелом психологічної інерції служить технічна термінологія і просторово-часові представлення об'єкта. Тому рекомендують формувати небажаний ефект або головну трудність якої-небудь ситуації, а не вимоги того, що треба зробити.

АРВЗ є рядом послідовних кроків, що виявляють і вирішують протиріччя, що існують в системі. У АРВЗ використовується ряд творчих інструментів, такі як таблиця усунення технічних суперечностей, стандарти рішення винахідницьких задач, вепольний аналіз, покажчик фізичних ефектів, методи розвитку творчої уяви. У своєму розвитку АРВЗ мав ряд модифікацій, це складні методики, для освоєння яких потрібна спеціальна підготовка.

ТРВЗ дозволяє поставити творчість «на потік», позбавляє його нальоту містики і таємничості, замінюючи муки творчості і радості осяяння дуже технологічними, навіть рутинними процесами, що дають на виході потрібний результат. Хоча спочатку ТРВЗ створювався для вирішення технічних завдань, його підходи виявилися універсальними. У даний час ТРВЗ набуває другого дихання і нового розвитку. На її базі сформовані самостійні напрями і школи, ТРВЗ-методики перекочували з технічної сфери до інших сфер, де особливо велика потреба в креативному мисленні. Особливо активно додатки, засновані на методології ТРВЗ, використовуються для вирішення завдань бізнесу, в маркетингу, рекламі, виборчих технологіях.

**Переваги:** рішення творчих і винахідницьких задач будь-якої складності та спрямованості без перебирання варіантів.

**Недоліки:** метод більш складний в освоєнні, ніж інші

### ***1.2.8 Застосування евристичних прийомів при рішенні винахідницьких завдань***

Під *технічною суперечністю* розуміють суперечність між показниками якості технічної системи (ТС).

Технічна суперечність має вигляд: необхідно поліпшити параметр А; для поліпшення параметра А до технічної системи слід внести певну зміну; проте в результаті такої зміни неприпустимо погіршується параметр Б.

Ознакою винахідницького завдання є наявність технічної суперечності. При цьому в різних галузях техніки зустрічаються завдання з однаковими технічними суперечностями, і навпаки, зовні схожі завдання з однієї і тієї ж галузі техніки можуть містити абсолютно різні технічні суперечності.

Аналіз патентного фонду показує, що винахідники прагнуть поліпшити порівняно невелику кількість типових параметрів ТС (наприклад, масагабаритні або енергетичні показники, надійність, продуктивність й ін.)

Було виділено 39 таких типових параметрів; відповідно кількість типових технічних суперечностей між ними дорівнює  $39 \times 39 = 1521$  (з них реально зустрічаються 1250).

Винахідницькі прийоми – це такі способи перетворення ТС, які дозволяють вирішити технічні суперечності й тим самим приводять до сильного рішення задачі. При аналізі 40000 винаходів було одержано 40 типових прийомів [2].

Наприклад:

**1. Принцип дроблення.** Розподілити об'єкт на частини, виконати розбірним, збільшити степінь дроблення.

А.С.№742639. Гайка, в якій різь і корпус виконані роздільними деталями, знімається з болта без згвинчування – досить зняти корпус і нарізна частина сама розпадеться.

**2. Принцип місцевої якості.** Перейти від однорідної структури об'єкта (процесу) до неоднорідної. Різні частини об'єкта повинні мати різні функції і характеристики, найбільш відповідні їх роботі.

Наприклад, ділянки деталей машин, що зношуються, інструменту покривають зносостійким покриттям, збільшуючи їх довговічність.

**3 Принцип об'єднання.** З'єднати (об'єднати) в просторі або часі однорідні або суміжні операції (об'єкти).

Наприклад, свердла-розгортки для одночасного свердлення і розгортання отворів від 2 до 20 мм в деталях з чавуну або алюмінієвих сплавів (фірма «Тангалой», Японія).

**4. Принцип «матрьошки».** Один об'єкт розміщений усередині іншого, проходить крізь порожнину в іншому об'єкті, інший – всередині третього і т.д.

Наприклад, в кульковій ручці-указці, корпус якої складається з телескопічних трубок, що висуваються, об'єднані одночасно принцип «матрьошки» і принцип універсальності (тобто об'єкт виконує функції інших об'єктів (указки)).

**5. Принцип «наперед підкладеної подушки».** Компенсувати невисоку надійність об'єкта підготовленими аварійними засобами.

А.С.№ 246626. До отруйних хімічних речовин наперед ще при виготовленні додають присадки, що зменшують небезпеку отруєння.

У додатку Б наведені 40 типових прийомів.

### 1.2.9 Застосування фізичних ефектів при рішенні винахідницьких задач

Фізичні ефекти і явища, закони і наукові відкриття – найбільш узагальнений вираз результатів пізнання. Саме вони лежать в основі всіх конкретних технічних рішень, формуючи їх ядро – принцип дії або ідею рішення.

Наприклад, закон Джоуля-Ленца, що встановлює зв'язок між величиною електричного струму, що проходить через провідник, і кількістю теплоти, що виділяється в ньому, використаний в таких технічних рішеннях, як різні типи електронагрівальних приладів, нагрів і зварка металів опором, електронні лампи, велика кількість вимірювальних і пристроїв, що реєструють та ін.

Фізичні, фізико-хімічні та інші ефекти і явища – найбільш ефективні шляхи подолання технічних суперечностей при рішенні винахідницьких задач.

Структуру різних фізичних ефектів (рис. 1.1) можна подати декількома видами схем, що багато в чому аналогічні і містять вихідні дії, фізичний об'єкт і результати (власне ефекти).

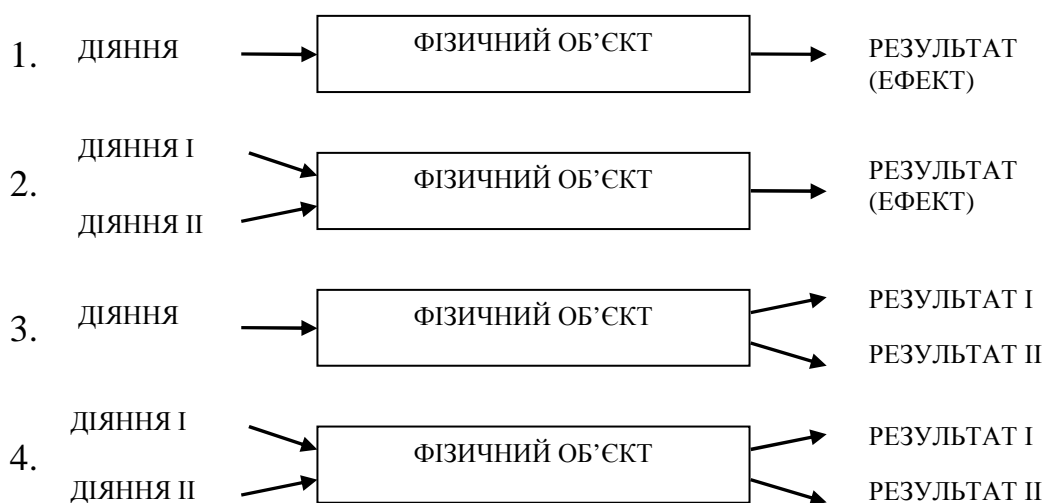


Рисунок 1.1 – Структура різних фізичних ефектів

До дії відносяться поля (магнітне, електричне, електростатичне, гравітаційне, теплове, силове), а також різного роду зміни, наприклад, вологості, швидкості руху, концентрації і т.д. Воно може бути постійним як в часі, так і в просторі.

Фізичний об'єкт, що піддається дії, включає широкий клас матеріальних тіл (тверді, рідкі, газоподібні речовини, їх поєднання, а також елементарні частинки, іони, молекули, атоми і т.д.).

Результат, власне ефект, виходить найрізноманітніший: електричний струм, рух, розщеплювання спектральних ліній, електромагнітне поле, оптична анізотропія і т.д.

Фонд фізичних ефектів, складений в Марійському політехнічному інституті, містить більше 700 ефектів, оформлених у вигляді каталогу (перелік деяких фізичних ефектів представлений у додатку Б)

Приклади технічних рішень, заснованих на застосуванні фізичних ефектів і явищ:

1. Енергія, що поглинається матеріалом, на який впливає імпульсне ядерне випромінювання, вимірюється шляхом детектування теплового розширення цього матеріалу тензодатчиками (пат. США №3569707).

Використаний ефект теплового розширення.

2. У пристрої для електромеханічної обробки (пат. США №3567604) інструмент здійснює резонансні коливання, які в певній послідовності через торець інструменту і робочу рідину передаються оброблюваній заготівці.

Використані явища, що виникають при механічних коливаннях.

### ***1.2.10 Застосування стандартів при рішенні винахідницьких задач***

Техніка, як сукупність засобів, що створюються для здійснення процесів виробництва і обслуговування невиробничих потреб суспільства, є сумою матеріальних об'єктів, предметів і процесів, використовуваних людиною.

Матерія при всьому своїй різноманітності проявів і форм на макроскопічному може бути розподілена на 2 основних види: речовина і поле.

**Речовина** – сукупність дискретних (переривчастих) утворень, що володіють масою спокою. Це атоми, молекули і те, що з них побудовано. Речовина може знаходитися в твердому, рідкому або газоподібному стані, а також в стані плазми.

**Фізичні поля** – це системи з нескінченним числом мір волі, що характеризуються безперервністю і що мають нульову масу спокою. До фізичних полів відносяться: електромагнітні, гравітаційні, поля ядерних сил, а також хвилеві (квантові) поля, відповідні різним частинкам (наприклад, електронно-позитронні поля).

Джерелами фізичних полів є частинки (речовина), наприклад, для електромагнітного – заряджені частинки.

Фізичні поля переносять (з кінцевою швидкістю) взаємодію між відповідними частинками, яке обумовлене обміном квантами поля між частинками.

На субатомному рівні, тобто на рівні елементарних частинок, відмінність речовини і поля стає відносною. Поля втрачають чисто безперервний характер: їм відповідають дискретні утворення – кванти (фотони, гравітони). А елементарні частинки, з яких складається речовина (протони, нейтрони, електрони і т.д.), виступають як кванти відповідних нуклонних, мезонних й інших полів, втрачаючи свій суто дискретний характер.

Крім того, розрізняють векторні та скалярні (математичні) поля – це сфери (простори), в кожній точці яких задана (поставлена у відповідність) векторна або скалярна величина.

Приклад векторних полів – поле швидкостей частинок рідини або газу, поле напружень і деформацій в якому-небудь тілі і т.д. Скалярні поля – це температурні поля в яких-небудь об'єктах, поля щільності якого-небудь матеріалу і т.д.

Будь-яку технічну (матеріальну) систему можна подати у вигляді сукупності трикомпонентних систем, кожна з яких складається з речовини  $P$ , поля  $\Pi$  і середовища  $C$  (воно ж може бути речовиною або полем). Така «елементарна» матеріальна система називається **речовинно-польовою системою** або веполем.

Умовно веполі зображують графічно у вигляді структурних формул. У вепольних формулах речовини ( $P$ ) записують в рядок, а поля ( $\Pi$ ) – зверху і знизу (рис. 1.2). Це дозволяє наочніше відобразити дію декількох полів на одну і ту ж речовину.

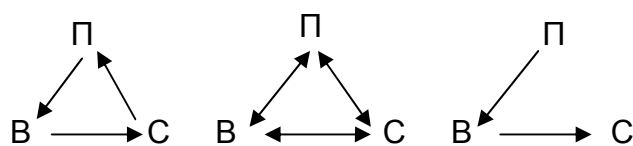


Рисунок 1.2 – Умовне графічне зображення веполів у вигляді структурних формул

Приклад: Ультрафіолетове випромінювання (поле  $\Pi_1$ ) впливає на люмінофор (речовина  $P$ ) – виникає видиме світло (поле  $\Pi_2$ ).

Звук (акустичне поле  $\Pi_1$ ) впливає на п'єзакристал ( $P$ ) – в результаті виникає змінне електричне поле ( $\Pi_2$ ) (рис. 1.3).

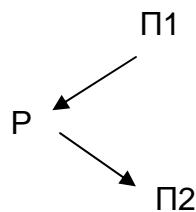


Рисунок 1.3 – Дія поля на речовину, яка викликає виникнення другого поля

Практика показує, що існує певний набір структур різних елементарних технічних систем, що виражаються вепольми і що містять технічні суперечності, які можуть бути подолані використанням певного набору правил і стандартних структурних (вепольних) перетворень.

П'ять елементарних правил перетворення речовинно-польових систем при рішенні технічних задач:

**1. Добудова веполя.** Якщо за умовами дана неповна невепольная система – один елемент (речовина або поле) або вепольная система – два елементи (речовина і поле), то для вирішення завдання необхідно добудувати систему до повного веполя (рис 1.4).

Приклад: ампули (P1) запаюють, впливаючи на них полум'ям пальника (П), але система має недоліки: при щонайменших порушеннях режиму або перегріваються ліки в ампулах або її капіляр залишається не запаяним.

Фізична суперечність: теплове поле повинне впливати на ампулу, щоб запаяти капіляр, і не повинно впливати, щоб не перегрівати її вміст.

Рішення: ампули опускають у воду так, щоб над поверхнею води піднімалися тільки верхні частини капілярів (А.С.№ 264619).

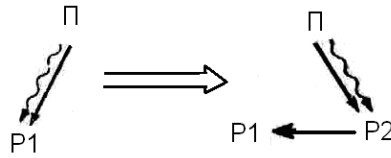


Рисунок 1.4 – Добудування системи до повного веполь

Тут вода P2 добудовує веполь.

Технічна система ефективна тільки тоді, коли вона піддається управлінню. Тому добудовувати веполь треба так, щоб в ньому був хоч би один добре керований елемент.

**2. Синтез веполь** Якщо даний об'єкт, що погано піддається потрібним змінам, і умови не містять обмежень на введення речовин і полів, задачу вирішують синтезом веполь, вводячи елементи, що бракує.

Наприклад (рис 1.5).

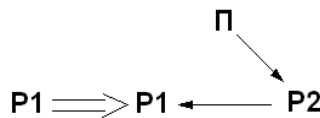


Рисунок 1.5 – Синтез веполь

Авторське свідоцтво № 283885. Спосіб деаерації порошкоподібних речовин, що відрізняється тим, що з метою інтенсифікації процесу деаерацію проводять під дією відцентрових сил.

**3. Руйнування веполь.** Усунення шкідливого зв'язку введенням сторонньої речовини. Якщо між двома речовинами у веполі виникають зв'язані – корисні та шкідливі – дії (причому безпосереднє зіткнення речовин зберігати необов'язково), задачу вирішують введенням між речовинами сторонньої третьої речовини, достатньо дешевої (рис 1.6). (Хвилястою стрілкою позначена взаємодія, яка за умовами треба усунути.)

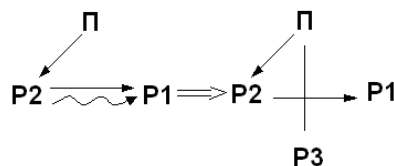


Рисунок 1.6 – Введення між речовинами сторонньої третьої речовини

Авторське свідоцтво № 937726. При вибуховому ущільненні стінок свердловини вибухові газу, виконуючи корисну функцію, одночасно надають і шкідливу дію – призводять до утворення тріщин в стінках. Запро-



поновано "обкутати" шнуровий заряд оболонкою з пластиліну: тиск передається, тріщин немає.

**4 Перехід до ланцюгового веполью.** Якщо потрібно підвищити ефективність вепольної системи, задачу вирішують перетворенням однієї з частин веполью в незалежно керований веполь і утворенням ланцюгового веполью (рис. 1.7).

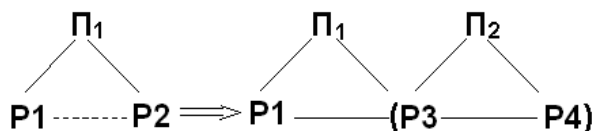


Рисунок 1.7 – Ланцюговий веполь

(R3 або R4 в свою чергу може бути розгорнене у веполь.)

**Авторське свідоцтво № 428119.** Пристрій для заклинювання, що містить клин і клинову прокладку з нагрівальним елементом, що відрізняється тим, що з метою полегшення витягання клину клинова прокладка виконана з двох частин, одна з яких легкоплавка.

**5. Виявлення фізичних ефектів.** Якщо даний веполь з одним полем (П1), а на виході необхідно одержати інше поле (П2), назву потрібного фізичного ефекту можна визначити, з'єднавши назви полів П1 і П2 (рис 1.8).

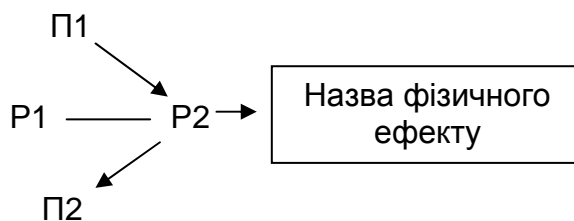


Рисунок 1.8 – Виявлення фізичних ефектів

**Приклад.** Дане механічне поле (П1), а на виході необхідно одержати магнітне поле (П2) – потрібен механомігнітний (тобто магнітопружний) ефект. Знаючи потрібний ефект, можна підібрати речовину R2, яка реалізує його. Або розвернути R2 в ланцюговий веполь і тоді його виконає R4.

Дане правило зберігає силу і в завданнях на зміну речовини R1 (дія на R1). У цьому випадку поле П2 повинне діяти на речовину R1 (рис. 1.9).

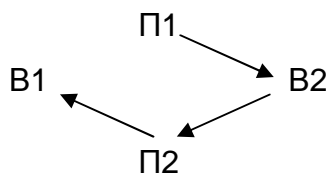


Рисунок 1.9 – Взаємні дії полів та речовин

Під терміном «стандарт» в ТРИЗ розуміють зразкове еталонне перетворення технічної системи: якщо ТС має певну структуру, то її можна розвинути, застосувавши певні правила (стандарт).

Основні стандарти, а їх 76, подані в роботі [2].

### *1.2.11 Комп'ютерні методи рішення творчих винахідницьких задач*

Комп'ютерні методи пошукового конструювання почали розвиватися в 60-і роки минулого століття. Зараз відомі десятки різних підходів і методів пошукового конструювання.

У лабораторії математичних методів оптимального проектування Марійського політехнічного інституту під керівництвом проф. Половінкіна А.І. розроблений узагальнений алгоритм пошуку нових технічних рішень, що є як найповнішими і докладнішими зборами пошукових процедур, застосовних як для ПЕОМ, так і для індивідуального використання.

Методика систематичної евристики, розроблена під керівництвом І. Мюллера (Німеччина), містить комплекс програм, створених на основі системного підходу і евристичного програмування.

Евристична програма – це розпорядження у вигляді ряду послідовних вказівок для розробника, завдяки яким він раціональним шляхом одержує необхідну і достатню інформацію і доцільно її переробляє. Система таких програм має ієрархічну структуру: містить головну і укрупнені робочі програми, підпрограми, а також накопичувач програм.

Систематична евристика має бібліотеку програм, що містить стовпці, в осередках яких вони розміщені з урахуванням рішення задач певного класу. Вказівки в програмах, як правило, носять вельми загальний характер. Підвищити ефективність методики можна створенням відповідних накопичувачів і програм для вирішення вузького класу завдань (наприклад, з області технології машинобудування).

У 1990 році у Мінську був написаний пакет програм для ПЕОМ під назвою «Изобретающая машина» Автор Валерій Цуріков – учень добре відомого Генріха Сауловича Альтшуллера (він же письменник-фантаст Генріх Альтів) президент Всесоюзної асоціації ТРІЗ.

Це комплекс підсистем таких наприклад, як підсистема генерації технічних рішень містить 8 основних прийомів рішення задач і 76 «стандартів» теорії рішення винахідницьких задач. До іншої підсистеми внесено більше 600 фізичних, хімічних і геометричних ефектів, вживаних при рішенні винахідницьких задач.

#### **Контрольні питання**

- 1 Особливість методу фокальних об'єктів.
- 2 Дайте характеристику методу мозкового штурму.
- 3 Особливість морфологічного аналізу і область застосування.
- 4 Особливість методу синектики, схожість і чим відрізняється від методу мозкового штурму.
- 5 Особливість методу контрольних питань.
- 6 Особливість функціонально-вартісного аналізу і область застосування.
- 7 Чим відрізняється теорія рішень винахідницьких задач від інших методів?

8 Наведіть декілька евристичних прийомів для рішення винахідницьких завдань.

9 Які ви знаєте фізичні ефекти?

10 Назвіть п'ять основних правил перетворення речовинно-польових систем при рішенні технічних задач.

11 Комп'ютерні методи рішення творчих винахідницьких задач.

### 1.3 Закони розвитку технічних систем [2]

1 Закони «статики»

2 Закони «кінематики»

3 Закони «динаміки»

#### 1.3.1 Закони «статики»

Закони «статики» визначають початок життя технічних систем. Будь-яка технічна система виникає в результаті синтезу в єдине ціле окремих частин. Не всяке об'єднання частин дає життєздатну систему. Існують, принаймні, три закони, виконання яких необхідно для того, щоб система виявилася життєздатною.

##### **Закон повноти частин системи**

*Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є наявність і мінімальна працездатність основних частин системи.*

Кожна технічна система повинна включати чотири основні частини: двигун, трансмісію, робочий орган і орган управління. Сенс цього закону полягає в тому, що для синтезу технічної системи необхідна наявність цих чотирьох частин і їх мінімальна придатність до виконання функцій системи, бо сама по собі працездатна частина системи може виявитися непрацездатною у складі тієї або іншої технічної системи. Наприклад, двигун внутрішнього згорання, сам по собі працездатний, виявляється непрацездатним, якщо його використовувати як підводний двигун підводного човна.

Закон повноти частин системи можна пояснити так: технічна система життєздатна в тому випадку, якщо всі її частини не мають «двійок», причому «оцінки» ставляться за якістю роботи даної частини у складі системи. Якщо хоч би одна з частин оцінена «двійкою», система нежиттєздатна навіть за наявності «п'ятірок» у інших частин. Аналогічний закон стосовно біологічних систем був сформульований Лібіхом ще у середині минулого століття («закон мінімуму»).

З цього закону витікає дуже важливе для практики слідство: *щоб технічна система підкорялася управлінню, необхідно, щоб хоч би одна її частина підкорялася управлінню.*

*«Підкорялася управлінню»* означає міняти властивості так, як це треба тому, хто управляє.

### **Закон «енергетичної провідності» системи**

*Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є кризний прохід енергії по всіх частинах системи.*

Будь-яка технічна система є перетворювачем енергії. Звідси очевидна необхідність передачі енергії від двигуна через трансмісію до робочого органа.

Передача енергії від однієї частини системи до іншої може бути речовинною (наприклад, вал, шестерні, важелі і т.д.), польовою (наприклад, магнітне поле) і речовинно-польовою (наприклад, передача енергії потоком заряджених частинок). Багато винахідницьких завдань зводяться до підбору того або іншого виду передачі, найбільш ефективного в заданих умовах.

Важливе значення має слідство з цього закону: *щоб частина технічної системи була керованою, необхідно забезпечити енергетичну провідність між цією частиною і органами управління.*

### **Закон узгодження ритміки частин системи**

*Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є узгодження ритміки (частоти коливань, періодичності) всіх частин системи.*

## **1.3.2 Закони «кінематики»**

До «кінематики» відносяться закони, що визначають розвиток технічних систем, незалежно від конкретних технічних і фізичних факторів, що обумовлюють цей розвиток.

### **Закон збільшення ступеня ідеальності системи**

*Розвиток всіх систем йде за напрямом збільшення ступеня ідеальності.*

Ідеальна технічна система — це система, вага, об'єм і площа якої наближається до нуля, хоча її здатність виконувати роботу при цьому не зменшується. Інакше кажучи, ідеальна система — це коли системи немає, а функція її зберігається і виконується.

Не дивлячись на очевидність поняття «ідеальна технічна система», існує певний парадокс: реальні системи стають все більш великорозмірними і важкими. Збільшуються розміри і вага літаків, танкерів, автомобілів і т.д. Парадокс цей пояснюється тим, що вивільнені при вдосконаленні системи резерви прямують на збільшення її розмірів і, головне, підвищення робочих параметрів. Видимий вторинний процес (зростання швидкості, потужностей, тоннажу і т.д.) маскує первинний процес збільшення ступеня ідеальності технічної системи. Але при рішенні винахідницьких задач необхідно орієнтуватися саме на збільшення ступеня ідеальності — це надійний критерій для коректування завдання і оцінки одержаної відповіді.

### **Закон нерівномірності розвитку частин системи**

*Розвиток частин системи йде нерівномірно; чим складніша система, тим менш рівномірний розвиток її частин.*

Нерівномірність розвитку частин системи є причиною виникнення технічних і фізичних суперечностей і, отже, винахідницьких завдань. Наприклад, коли почалося швидке зростання тоннажу вантажних суден, потужність двигунів швидко збільшилася, а засоби гальмування залишилися без зміни. У результаті виникло завдання: як гальмувати, скажімо, танкер водотоннажністю 200 тис. тонн. Завдання це дотепер не має ефективного рішення: від початку гальмування до повної зупинки крупні кораблі встигають пройти декілька миль.

### **Закон переходу до надсистеми**

*Вичерпавши можливості розвитку, система включається до надсистеми як одна з частин; при цьому подальший розвиток відбувається на рівні надсистеми.*

### **1.3.3 Закони динаміки**

Динаміка включає закони, що відображають розвиток сучасних технічних систем під дією конкретних технічних і фізичних факторів. Закони статистики і кінематики універсальні — вони справедливі у всі часи і не тільки стосовно технічних систем, але і до будь-яких систем взагалі (біологічним і т.д.). Динаміка відображає головні тенденції розвитку технічних систем саме у наш час.

### **Закон переходу з макрорівня на мікрорівень**

*Розвиток робочих органів системи йде спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.*

У більшості сучасних технічних систем робочими органами є «залізки», наприклад гвинти літака, колеса автомобіля, різці токарного верстата, ківш екскаватора і т.д. Можливо розвиток таких робочих органів в межах макрорівня: «залозки» залишаються «залозками», але стають більш здійсненими. Проте неминуче настає момент, коли подальший розвиток на макрорівні виявляється неможливим. Система, зберігаючи свою функцію, принципово перебудовується: її робочий орган починає діяти на мікрорівні. Замість «залозок» робота здійснюється молекулами, атомами, іонами, електронами і т.д.

Перехід з макро- на мікрорівень — одна з головних (якщо не найголовніша) тенденцій розвитку сучасних технічних систем. Тому при навчанні рішення винахідницьких задач особливу увагу доводиться звертати на розгляд переходу «макро-мікро» і фізичних ефектів, що реалізують цей перехід.

### **Закон підвищення ступеня вепольності**

*Розвиток технічних систем відбувається за напрямом збільшення ступеня вепольності.*

Сенс цього закону полягає в тому, що невепольні системи прагнуть стати вепольними, а у вепольних системах розвиток відбувається за напрямом переходу від механічних полів до електромагнітних; збільшення ступеня дисперсності речовин, кількості зв'язків між елементами і чуйності системи.

## Контрольні питання

- 1 Назвіть та розкрийте закони статики.
- 2 Назвіть та розкрийте закони кінематики.
- 3 Назвіть та розкрийте закони динаміки.

### 1.4 Основи наукових досліджень

- 1 Класифікація наукових досліджень та основні поняття
- 2 Етапи науково-технічного дослідження
- 3 Інформаційний пошук і складання методики дослідження
- 4 Попередня розробка дослідження
- 5 Підготовка і проведення експериментальної частини дослідження
- 6 Планування експерименту
- 7 Планування однофакторного експерименту
- 8 Планування багатфакторного експерименту
- 9 Дробовий факторний експеримент
- 10 Плани другого порядку
- 11 Обробка результатів експериментів. Методи графічної обробки
- 12 Методи підбору емпіричних формул
- 13 Регресійний аналіз
- 14 Оцінка адекватності теоретичних рішень
- 15 Оформлення результатів дослідження
- 16 Впровадження закінчених розробок у промисловість

#### *1.4.1 Класифікація наукових досліджень та основні поняття*

Мета наукового дослідження – всебічне вивчення об'єкта, процесу або явища; їх структури, зв'язків і відносин на основі розроблених в науці принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження для практичного використання 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 усередині системи і поза нею, закономірності розвитку, різні властивості, якості і т.д.

Наукові дослідження класифікуються:

- а) за видами зв'язку з суспільним виробництвом і ступенем важливості для народного господарства;
- б) цільовим призначенням;
- в) джерелами фінансування;
- г) тривалістю ведення дослідження.

За видами зв'язку з суспільним виробництвом наукові дослідження підрозділяються на:

- а) роботи, направлені на створення нових технологічних процесів, машин, конструкцій;
- б) підвищення ефективності виробництва;
- в) поліпшення умов праці;
- г) розвиток особи людини т.п.

За цільовим призначенням зазначають три види наукових досліджень:

а) фундаментальні дослідження – направлені на відкриття і вивчення нових явищ і законів природи, на створення, нових принципів дослідження. Їх метою є розширення наукового знання суспільства, встановлення того, що може бути використане в практичній діяльності людини. Такі дослідження ведуться на межі відомого і невідомого, володіють найбільшим ступенем невизначеності;

б) прикладні дослідження – направлені на знаходження способів використання законів природи для створення нових і вдосконалення існуючих засобів і способів людської діяльності. Мета – встановлення того, як можна використовувати наукові знання, одержані в результаті фундаментальних досліджень, в практичній діяльності людини. У результаті прикладних досліджень на основі наукових понять створюються технічні поняття. Прикладні дослідження, у свою чергу, підрозділяються на:

а) пошукові дослідження – направлені на встановлення факторів, що впливають на об'єкт, відшукання шляхів створення нових технологій і техніки на основі способів, запропонованих в результаті фундаментальних досліджень;

б) науково-дослідні роботи (НДР) створюються нові технології, дослідні установки, прилади і т.п.;

в) дослідно-конструкторські роботи (ДКР) – метою яких, є підбір конструктивних характеристик, що визначають логічну основу конструкції;

г) розробки.

У результаті фундаментальних і прикладних досліджень формується нова наукова і науково-технічна інформація, не спрямований процес перетворення такої інформації у форму, придатну для освоєння в промисловості, звичайно називається розробкою. Вона направлена на створення нової техніки, матеріалів, технології або вдосконалення тих, що існують. Кінцевою метою розробки є підготовка матеріалів прикладних досліджень до впровадження.

Залежно від джерела фінансування наукові дослідження ділять на:

- а) держбюджетні;
- б) госпдоговірні;
- в) ті, що не фінансуються.

Держбюджетні наукові дослідження фінансуються із засобів державного бюджету. Госпдоговірні дослідження фінансуються організаціями-замовниками на основі господарських договорів. Такі організації можуть бути як виробничі, так і науково-дослідні.

Дослідження, що не фінансуються, виконуються за договорами про співпрацю.

Кожну науково-дослідну роботу можна віднести до певного напрямку.

Науковий напрям – наука або комплекс наук, у сфері яких ведуться дослідження.

У зв'язку з цим розрізняють: технічний, біологічний, соціальний, фізико-технічний, історичний і т.п. напрями з можливою подальшою деталізацією. До технічного напрямку можна віднести дослідження у сфері технічної термодинаміки; до біологічного напрямку – дослідження у сфері біохімії або генної інженерії і т.д.

Таким чином, основою наукового напрямку є спеціальна наука або ряд спеціальних наук, що входять до тієї або іншої наукової галузі, а також спеціальні методи дослідження і технічні.

Структурними одиницями наукового напрямку є:

- 1) комплексні проблеми;
- 2) проблеми;
- 3) теми;
- 4) наукові питання.

Комплексна проблема є сукупністю проблем, об'єднаних єдиною метою.

Проблема – це сукупність складних теоретичних і практичних завдань, рішення яких назріли в суспільстві.

З соціально-психологічних позицій проблема — це віддзеркалення суперечності між суспільною потребою в знанні та відомими шляхами його отримання, суперечності між знанням і незнанням. Проблема виникає тоді, коли людська практика зустрічає утруднення або навіть натрапляє на «неможливість» в досягненні мети.

Проблема може бути глобальною, національною, регіональною, галузевою, міжгалузевою, що залежить від масштабу виникаючих завдань.

Так, наприклад, проблема охорони природи є глобальною, оскільки її рішення направлене на задоволення загальнолюдських потреб. Окрім перелічених, розрізняють проблеми загальні та специфічні. До загальних, відносять проблеми загальнонаукові, загальнонародні і т.п.

Специфічні проблеми характерні для певних виробництв тієї або іншої промисловості. Так, в автомобільній промисловості такими проблемами є економія палива і створення нового вигляду пального і т.п.

Тема наукового дослідження є складовою частиною проблеми. У результаті досліджень за темою одержують відповіді на певне коло наукових питань, що охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів відповідей за комплексом може дати рішення наукової проблеми.

Наукові питання – дрібні наукові завдання, що відносяться до конкретної теми наукового дослідження.

Вибір напрямку, проблеми, теми наукового дослідження і постановка наукових питань є надзвичайно відповідальним завданням.

Актуальні напрями і комплексні проблеми досліджень формулюються в державних директивних документах.

Напрямок дослідження часто зумовлюється специфікою наукової установи, галуззю науки, в якій працює дослідник. Тому вибір наукового напрямку для кожного окремого дослідника часто зводиться до вибору галузі науки, в якій він бажає працювати.



Конкретизація ж напряму дослідження є результатом вивчення стану виробничих запитів, суспільних потреб і стану досліджень в тому або іншому напрямі на даному відрізку часу.

У процесі вивчення стану і результатів вже проведених досліджень можуть формулюватися ідеї комплексного використання декількох наукових напрямів для вирішення виробничих завдань.

Слід при цьому відзначити, що найбільш сприятливі умови для виконання комплексних досліджень є у вищій школі, в її університетах і політехнічних інститутах, у зв'язку з наявністю в них учбових наукових шкіл, що склалися в різних галузях науки і техніки.

Вибраний напрям досліджень часто надалі стає стратегією науковця або наукового колективу, іноді на тривалий період.

При виборі проблеми і тем наукового дослідження спочатку на основі аналізу суперечностей досліджуваного напряму формулюється сама проблема, і визначаються у загальних рисах очікувані результати, потім розробляється структура проблеми, виділяються теми, питання, виконавці, встановлюється їх актуальність. При цьому важливо уміти відрізнити псевдопроблеми (помилкові, уявні) від наукових проблем. Найбільша кількість псевдопроблем зв'язана з недостатньою інформованістю науковців, тому іноді виникають проблеми, метою яких виявляються раніше отримані результати. Це призводить до марних витрат праці учених і засобів. Разом з тим треба відзначити, що іноді при розробці особливо актуальної проблеми доводиться йти на її дублювання з метою залучення до її рішення різних наукових колективів у порядку конкурсу.

Після обґрунтування проблеми і встановлення її структури визначаються теми наукового дослідження, кожна з яких повинна бути актуальною (важливою, такою, що вимагає швидкого дозволу), мати наукову новизну, тобто повинна вносити внесок в науку, бути економічно ефективною для народного господарства. Тому вибір теми повинен базуватися на спеціальному техніко-економічному розрахунку. При розробці теоретичних досліджень вимога економічності іноді замінюється вимогою значущості, що визначає престиж вітчизняної науки.

Кожен науковий колектив (ВНЗ, НДІ, відділ, кафедра) за традиціями, що склалися, має свій науковий профіль, кваліфікацію, компетентність, що сприяє накопиченню досвіду досліджень, підвищенню теоретичного рівня розробок, якості і економічної ефективності, скороченню терміну виконання дослідження. Разом з тим не можна допускати монополію в науці, оскільки це виключає змагання ідей і може понизити ефективність наукових досліджень.

Важливою характеристикою теми є можливість швидкого впровадження отриманих результатів у виробництво. Особливо важливо забезпечити широке впровадження результатів в масштабах, наприклад, галузі, а не тільки на підприємстві замовника. При затримці впровадження або при впровадженні на одному підприємстві ефективність таких тем істотно знижується.

Вибору теми повинне передувати ретельне ознайомлення з вітчизняними і зарубіжними літературними джерелами даної і суміжних спеціаль-

ностей. Істотно спрощується методика вибору тем в науковому колективі, що має наукові традиції (свій профіль) і комплексну проблему.

При колективній розробці наукових досліджень велику роль набувають критика, дискусії, обговорення проблем. У процесі дискусії виявляються нові, ще не вирішені актуальні завдання різного ступеня важливості і об'єму. Це створює сприятливі умови для участі в науково-дослідній роботі вузу студентів різних курсів. На першому етапі викладачам доцільно доручити студентам підготовку за темою одного – двох рефератів, провести з ними консультації, визначити конкретні завдання. Велике значення для вибору прикладних тем має чітке формулювання завдань замовником (міністерством, об'єднанням і т.д.).

При цьому необхідно мати на увазі, що в процесі наукових розробок можливі й деякі зміни в тематиці на вимогу замовника залежно від виробничої обстановки, що складається.

### ***1.4.2 Етапи науково-технічного дослідження***

Початковим обов'язковим документом для проведення науково-технічного дослідження є технічне завдання, що визначає мету, зміст, порядок робіт, а також намічений спосіб реалізації результатів дослідження. Технічне завдання розробляється на основі наукового прогнозування, аналізу передових досягнень вітчизняної і зарубіжної науки і техніки в даній і суміжних областях знань.

Можна зазначити наступні основні етапи науково-технічного дослідження: інформаційний пошук (складовою якого є патентний пошук за ДСТУ 3575-97 «Патентні дослідження. Основні положення і порядок проведення» та звіт за його результатами) і складання методики дослідження; попередню розробку дослідження; підготовку і проведення експериментальної частини дослідження; обробку даних експерименту, аналіз і узагальнення результатів; оформлення результатів; впровадження закінчених розробок в промисловість.

Структура науково-технічного дослідження визначається різними комбінаціями перелічених етапів. Останні можуть перекриватися в часі. У ряді випадків ті або інші етапи можуть бути відсутніми. Наприклад, при проведенні досліджень, що полягають в експериментальній перевірці раніше висунутих гіпотез, перший етап не обов'язковий.

Тривалість вказаних етапів може мінятися в широких межах. Зокрема, робота з проектування і виготовлення дослідної установки може бути виконана в короткий термін, якщо досліди намічається проводити на готовій установці. З іншого боку, якщо за наслідками четвертого етапу первинна гіпотеза піддалася істотному коректуванню, можуть бути потрібними переробка експериментальної установки і проведення нової серії дослідів, що збільшує тривалість дослідження. При пошуковому дослідженні досить часто виникає необхідність повторити в зміненому варіанті майже все дос-

лідження. Таке повторення слід розглядати як нове дослідження зі всіма наслідками, що звідси витікають.

Зупинимось детальніше на змісті етапів науково-технічного дослідження.

### ***1.4.3 Інформаційний пошук і складання методики дослідження***

На першому етапі перш за все проводиться збір інформації, що стосується умов і методики рішення задач даного класу. Джерела інформації, подані у вигляді наукових статей, звітів, рефератів, анотацій, патентів і т. п., піддаються всебічному аналізу для підготовки реферату про стан питання в досліджуваній галузі. Результати аналізу найзручніше оформляти у вигляді картотеки. При цьому необхідно мати три види картотек, які описані нижче:

- 1) Картотека джерел.
- 2) Картотека рефератів та анотацій.
- 3) Картотека конспектів.

Складання вказаних видів картотек – не одноразовий захід. Робота над джерелами продовжується протягом всієї роботи над темою. Особливої уваги потребують паралельні або аналогічні роботи.

Картотеки є результатними для складання реферату про стан питання. Якість і повнота реферату багато в чому визначають остаточний вибір теми, її зміст і об'єм дослідження. Об'єм реферату не повинен перевищувати 15 сторінок (для крупних досліджень – 25 сторінок). Подробиці тут не повинні затуляти головного, у разі потреби їх краще перенести в додаток.

Зупинимось на основному змісті реферату і висновку. Початок всякого дослідження – сумнів. Воно часто виникає інтуїтивно або в результаті виникнення суперечностей між теорією і практикою. Тому при реферуванні перш за все аналізують початкові посилки і умови, прийняті автором джерела. Для цього розбирають основні явища, що відбуваються в об'єкті дослідження, аналізують прийняті допущення і обмеження, перевіряють основні посилання на літературу. Далі вивчають модель, прийняту автором, з'ясовують ступінь адекватності моделі та досліджуваного об'єкта, аналізують остаточні формули і висновки роботи.

Під час перевірки висновків зручно задаватися крайніми значеннями для виявлення сфери, в якій одержані закономірності справедливі. Розглядаючи експериментальну частину, з'ясовують, за яких умов провадилися досліди, яка вимірювальна апаратура використовувалася і як оброблялися результати. Висновки автора джерела аналізують, відокремлюючи факти від бажання дослідника. Потім зіставляють висновки різних авторів. У заключенні реферату підсумовують стан питання на підставі достовірних фактів, а потім висловлюють мету дослідження (постановку завдання). Мета повинна бути сформульована ясно і чітко. Неможна, наприклад, давати формулювання у такому вигляді: «Підвищення ефективності роботи такого-то апарату», оскільки неясно, за рахунок чого можлива реалізація цієї мети.

Відмітимо, що якщо мета досліджень – розробка способу отримання чого-небудь або створення певного пристрою (конструкції), то обов'язковим етапом є патентне дослідження, яке необхідне для забезпечення патентної чистоти досліджень. Патентне опрацювання набуває все більш важливого значення у зв'язку з розширенням зарубіжних зв'язків нашої країни в науково-технічній сфері.

Наступним етапом є складання попереднього плану дослідження, сприяючого його проведенню найбільш економічним способом і при максимальній ефективності. До факторів, що визначають успіх дослідження, відносяться, перш за все, кадри. Для всіх етапів повинні бути визначені керівники, виконавці та консультанти. Повинні бути також конкретизовані технічні засоби дослідження. У зв'язку з цим треба відповісти на питання про те, де передбачається проводити дослідження, які вимірювальні прилади необхідні, яку обчислювальну техніку можна використовувати для обробки результатів експерименту, як забезпечується матеріально-технічне постачання і т.п.

При складанні плану потрібно оцінити тривалість виконання кожного етапу дослідження. Це найзручніше зробити, склавши мережений графік. У ньому слід відобразити такі дані: що потрібно зробити, хто і за допомогою яких засобів робитиме, скільки часу необхідно на виконання конкретної операції, як контролюватиметься хід роботи. Операційно-годинний граф визначає структуру дослідження зі всіма зв'язками між етапами, дає наукове уявлення про послідовність виконання окремих робіт і їх координації. Чим менший відрізок часу, на якому планується дослідження, і чим більше початкової інформації для обґрунтованого планування, тим більше детальним і достовірним виходить план.

Нарешті, в плані повинні бути визначені витрати на виконання кожного етапу і джерела фінансування. Після обліку всіх чотирьох факторів робиться висновок про здійснимість роботи в необхідному об'ємі і в намічені терміни. Результати, викладені в рефераті і одержані в процесі попереднього планування, оформляються у вигляді методики, в якій, крім того, визначаються способи проведення досліджень (співвідношення теоретичного і емпіричного дослідження), дається опис передбачуваної експериментальної установки і необхідної вимірювальної апаратури, встановлюються об'єм експериментальної частини і методи обробки результатів експериментів і т.д. Слід мати на увазі, що методика повинна містити конкретні дані про умови проведення експерименту, вимірювані величини, діапазони їх зміни, обмеження та ін. Необхідно підкреслити, що в процесі виконання дослідження ті або інші розділи методики можуть доповнюватися і уточнюватися залежно від приватних результатів і конкретних умов.

#### ***1.4.4 Попередня розробка дослідження***

Оскільки науково-технічні дослідження відносяться до прикладних, на даному етапі перш за все визначаються фундаментальні закономірності,

яким підкоряється досліджуваний процес або явище. На цьому етапі обґрунтовується і формулюється попередня (робоча) гіпотеза, а також здійснюється її інформаційний і логіко-математичний розвиток з отриманням висновків, співвідношень, формул.

При побудові інформаційної (описової) моделі процесу або пристрою встановлюються причинно-наслідкові зв'язки між характеристиками об'єкту дослідження. Зокрема, виявляється, що відбувається в об'єкті, під дією яких факторів, яка динаміка процесу, які обмеження мають місце і які допущення можна зробити без істотного спотворення дійсної картини явища.

Після вибору і обґрунтування математичного апарату інформаційна модель перекладається математичною мовою. При цьому береться до уваги показність моделі, тобто оцінюється, якою мірою враховані параметри і характеристики об'єкта дослідження; проводиться оцінка погрешностей, викликаних спрощеннями і апроксимаціями; визначається, коли будуть використані засоби обчислювальної техніки. При аналізі математичної моделі для отримання конкретних висновків, розрахункових характеристик плідно застосування гіпотетико-дедуктивного методу.

Якщо об'єкт дослідження достатньо складний і ефективну математичну модель процесів, що відбуваються в ньому, одержати не вдається, основну увагу слід звернути на методи проведення емпіричного дослідження, максимально використавши інформаційну модель процесу як найбільш близьку до фізичної природи досліджуваного явища.

У результаті аналізу робочої моделі необхідно виявити вплив різних факторів на функціонування об'єкта, визначити конкретні процеси і характеристики, які належить досліджувати експериментальним шляхом.

Етап закінчується видачею технічного завдання на проектування експериментальної установки, на базі якого проводиться розробка самого проекту.

#### ***1.4.5 Підготовка і проведення експериментальної частини дослідження***

Спочатку реалізується проект експериментальної установки, тобто установка виготовляється, вмонтовується і налагоджується. Далі установка оснащується необхідною вимірювальною апаратурою. При цьому умови вимірювань, перелік вимірюваних величин, місця установки приладів і їх характеристики (погрешність, швидкодія та ін.) повинні відповідати методиці досліджень.

У разі проведення натурального експерименту в промислових умовах необхідно: врахувати утруднення і обмеження, властиві промисловим вимірюванням; оцінити вплив перешкод; відзначити специфіку технічних засобів вимірювання, вживаних в промисловості.

Слід зазначити особливий вид експерименту, при якому об'єктом дослідження є математична модель процесу або пристрою. Мається на увазі, що адекватність математичної моделі досліджуваному процесу доведена на етапі попередньої розробки дослідження. Якщо через ті або інші причи-

ни аналіз цієї моделі звичайними методами утруднений, то вельми плідним виявляється застосування засобів обчислювальної техніки, що дозволяє виявити поведінку об'єкта за різних умов його роботи. Тут підготовка експериментальної частини дослідження полягає в складанні обчислювального алгоритму і програми розрахунку, а потім у відробки її на машині.

Одночасно з підготовкою експериментальної установки оформляється конкретний план експерименту.

#### **1.4.6 Планування експерименту**

**Планування експерименту** – це процедура вибору кількості та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю.

У будь-якому експерименті необхідно зазначити або визначити «об'єкт дослідження»; визначити параметр (або параметри), який необхідно оптимізувати або знайти залежність цього параметра від діючих на нього факторів.

Таким чином, завдання експерименту полягає в отриманні залежності, званою *математичною моделлю* об'єкта дослідження:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.2)$$

де величини  $x_1, x_2, \dots, x_n$  називаються *факторами*;

$y$  – *цільова функція, функція відгуку або параметром оптимізації*.

*Параметр оптимізації* повинен:

- бути кількісним, задаватися одним числом;
- ефективно (у тому числі і в статистичному сенсі) оцінювати функціонування системи або процесу;
- бути універсальним, тобто здатним всесторонньо характеризувати об'єкт.

У різанні металів параметрами оптимізації можуть бути: шорсткість поверхні, інтенсивність зносу інструменту, зусилля різання і т.д.

До *факторів* планованого експерименту висувається ряд вимог:

- фактори повинні бути керованими, експериментатор повинен мати можливість підтримувати фактор на постійному рівні або міняти за заданою програмою;
- фактори повинні мати можливість визначатися (задаватися, вимірюватися) з можливо вищою точністю;
- фактори повинні бути однозначними і безпосередньо впливати на об'єкт досліджень;
- для сукупності використовуваних в одному дослідженні факторів висувається вимога їх сумісності, тобто можливості здійснення всіх їх комбінацій і відсутність кореляції між факторами.

У різанні металів цим вимогам задовольняють наступні фактори:

- елементи режиму різання  $t, s, v$ ;

- геометричні параметри різальної частини інструменту;
- межа міцності досліджуваного матеріалу;
- кількість СОЖ, що подається в зону різання й ін.

Головною вимогою, що висувається до моделі 1.2, є її здатність «передбачати» значення відгуку в будь-якій точці охопленого дослідженням факторного простору.

Модель, що задовольняє цій умові, називають *адекватною*.

Найбільш простою моделлю є поліном. Для випадку 2-х змінних факторів:

– поліном нульового ступеня:  $y = b_0$ ;

– поліном першого ступеня:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ ;

– поліном другого ступеня:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$ ;

– поліном третього ступеня:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{112}x_1^2x_2 + b_{112}x_1x_2^2 + b_{111}x_1^3 + b_{222}x_2^3$ ;

– поліном другого ступеня для 3-х факторів:  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$ .

Для планування експерименту велике значення має фактор області зміни кожного змінного фактора (область факторного простору). Цю область вибирають на підставі аналізу апріорної інформації.

Межі областей визначення факторів можуть бути пов'язані поряд обмежень:

- принципів обмеження, які не можуть бути порушені ні за яких обставин (наприклад, якщо фактор – температура, то нижню межу не можна приймати нижче абсолютного нуля);

- обмеження техніко-економічного характеру (вартість матеріалів, трудомісткість дослідів і т.п.);

- обмеження, пов'язані з конкретними умовами проведення експерименту (наприклад, при дослідженні процесу різання, коли  $t$ ,  $s$ ,  $v$  одночасно набувають верхніх рівнів, може бути недостатньою потужність верстата).

Умови експерименту подаються у вигляді таблиці, званою матрицею планування експерименту.

#### **1.4.7 Планування однофакторного експерименту**

Існує два основних типи однофакторного експерименту:

- послідовний;
- рандомізований (випадковий);

Суть послідовного експерименту полягає в тому, що рівень фактора змінюється стрибкоподібно, тобто використовується послідовна, крокова стратегія. Після кожного кроку проводиться аналіз результатів і на підставі цього аналізу ухвалюється рішення про хід подальших досліджень.

Послідовний експеримент доцільний в наступних випадках:

- якщо відомо, що він невідтворюваний (наприклад, випробування сталевих зразків на розтягування);

- коли випробовувана система (об'єкт) має деякі особливості, які можна виявити лише при отриманні даних в регулярній послідовності. Наприклад, при виконанні аналізу стабільності технологічного процесу механічної обробки, будують точкову діаграму в координатах: розмір (ордината) – час або номер вибірки (абсциса). Коли яка-небудь точка виходить за контрольну межу (допуск), проводять підналадку верстата;

- якщо тривалість, вартість або складність експериментів такі, що рандомізований експеримент недоцільний. Наприклад, вивчення роботи термічних печей, установок для ХТО, час досягнення теплової рівноваги яких досягає декілька днів, тому зміна умов їх роботи повинна бути як можна меншою.

Якщо рівень фактора міняється випадковим чином, набуваючи то менших, то більших значень, план експерименту називається *рандомізованим*. Основною метою рандомізації є відомості ефекту деякого випадкового фактора до випадкової помилки.

Найбільш поширені систематичні погрешності експерименту обумовлені:

- зміною зовнішніх умов в процесі експерименту (наприклад, зміна температури, вологості, тиску атмосфери і зміна стану випробовуваної системи (нагрів або охолодження), а також впливом поряд розташованих систем (вібрації від сусідніх верстатів і т.п.);

- зниженням працездатності оператора;

- зміною характеристик апаратури або устаткування при роботі їх в різних діапазонах досліджуваної величини.

Наприклад, у вимірювальному приладі (індикаторі) спостерігається «заїдання». Якщо попередній відлік проводився у верхній частині діапазону, то при подальших вимірюваннях прилад покаже завищене значення величини, якщо попереднє вимірювання виконувалося в нижній частині діапазону, то «заїдання» приладу приводить до заниженого показання.

При послідовному переході від низьких діапазонів до вищих діапазонів кожен подальший результат виявиться заниженим, тобто спостерігатиметься систематична помилка постійної величини, яку важко виявити. При виконанні вимірювань випадковим чином при переході від більших значень до менших і від менших до більших кількість вимірювань буде однаковою. Одержані дані матимуть розкид, але групуватимуться навколо точних значень величини.

Рандомізація плану експерименту може бути досягнута за допомогою:

- 1 Таблиці випадкових чисел.
- 2 «Ігрового» методу.
- 3 Введення спеціальних блоків.

«Ігровий» метод припускає, що вибрані комбінації умов можна пронумерувати, а номери витягувати, як при жеребкуванні. Якщо одна гральна



кістка дає одиниці, а зелена – десятки, то при випаданні 3 очок на зеленій кістці і одного очка на червоній виходить число 31. Комбінації умов можна пронумерувати від 11 до 16, від 21 до 26 і т.д. і план експерименту скласти шляхом послідовного кидання гральних кісток.

При проведенні однофакторних експериментів необхідно враховувати вплив різних нерегульованих (зовнішніх) умов: стан випробовуваної системи, працездатність оператора і т.д. Рівні зовнішніх факторів такого роду змінюються безперервно в часі, і їх вплив краще всього компенсувати шляхом простої рандомізації плану експерименту.

Зовнішні фактори можуть бути дискретними (групи людей, верстатів, виробничі періоди, розміри партії матеріалів, різні дні тижня або пори року і т.д.) і надавати певні непрогнозовані дії на результат експерименту.

Шляхом рандомізації можна звести до мінімуму їх ефект за рахунок більш рівномірного розподілу рівнів цих факторів протягом всього експерименту. У разі, коли дискретні зовнішні фактори можуть бути ідентифіковані, зазначені, можливо використання рандомізованих блоків.

*Приклад.* Необхідно вивчити роботу нового різця у виробничих умовах. Необхідно визначити оптимальну швидкість обробки, що забезпечує максимальний вихід продукції, щоб при цьому частка браку не перевищувала деякої заданої величини.

Проводимо однофакторний експеримент, фактором є швидкість, відгуком – вихід продукції R. У експерименті один зовнішній фактор – робочий, обслуговуючий верстат. Вибір «середнього» робочого для проведення експерименту не має сенсу. Виберемо випадковим чином 4 робочих. Кожен працюватиме повну зміну при заданій швидкості обробки. Виберемо 4 швидкості з розрахунком, щоб кожний з робочих випробував їх всі. Позначивши швидкості цифрами 1, 2, 3, 4, а робочих – буквами А, В, С, D, одержимо план експерименту (табл. 1.1).

Такий план нездійснений. До кінця експерименту у робочого з'являється певний автоматизм, вироблення збільшується або ж знизиться при зникненні інтересу до експерименту.

*Таблиця 1.1 – План експерименту*

Робітник	День тижня			
	понеділок	вівторок	середа	четвер
А	1	2	3	4
В	1	2	3	4
С	1	2	3	4
D	1	2	3	4

Проведемо рандомізацію плану експерименту.

Таблиця 1.2 – Рандомізований план експерименту «латинський квадрат»

Робітник	День тижня			
	понеділок	вівторок	середа	четвер
A	1	2	3	4
B	3	4	1	2
C	2	1	4	3
D	4	3	2	1

Одержуємо «латинський квадрат».

Удосконалимо план експерименту. Якщо кожен робітник протягом всього експерименту працюватиме на одному верстаті (а верстати можуть відрізнятися один від одного за точністю), то може з'явитися систематична помилка в результатах експерименту.

Позначивши верстати буквами W, X, Y, Z, задамо умови їх роботи так, щоб кожен робітник обслуговував даний верстат тільки один день і щоб на кожній швидкості обробки кожен верстат працював тільки один день. Одержуємо «греко-латинський квадрат».

Таблиця 1.3 – «Греко-латинський квадрат»

Робітник	День тижня			
	понеділок	вівторок	середа	четвер
A	1W	2X	3Z	4Y
B	3X	4W	1Y	2Z
C	2Y	1Z	4X	3W
D	4Z	3Y	2W	1X

#### 1.4.8 Планування багатофакторного експерименту. Повний факторний експеримент (ПФЕ) [4]

Експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів, називається *повним факторним експериментом (ПФЕ)*.

Якщо кількість рівнів дорівнює 2, а кількість факторів – k, то кількість дослідів  $n=2^k$ . Межі варіювання факторами називають *верхнім і нижнім рівнями* і позначають відповідно +1 і -1 (або + і -).

Для переходу від натуральних значень факторів до значень  $\pm 1$  проводиться так зване кодування факторів за формулою:

$$X_i = \frac{X_j - X_{j0}}{J_j}, \quad (1.3)$$

де  $X_i$  – кодоване значення фактора ( $\pm$ );

$X_j$  – натуральне поточне значення фактора;

$X_{j0}$  – натуральне значення нульового рівня

$$X_i = \frac{X_n + X_e}{2}, \quad (1.4)$$

де  $X_n$  – натуральне значення нижнього рівня;

$X_e$  – натуральне значення верхнього рівня;

$J_j$  – натуральне значення інтервалу варіювання

$$J_j = \frac{X_e - X_n}{2}, \quad (1.5)$$

Якщо є 2 незалежні змінних  $x_1$  і  $x_2$ , кожна з яких варіюється на рівнях 1, то кількість необхідних дослідів  $n = 2^k = 2^3 = 8$ .

Таблиця 1.4 – Матриця трифакторного експерименту має вигляд

Номер дослідів	Змінні			Вихід
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	
1	-1	-1	-1	$Y_1$
2	+1	-1	-1	$Y_2$
3	-1	+1	-1	$Y_3$
4	+1	+1	-1	$Y_4$
5	-1	-1	+1	$Y_5$
6	+1	-1	+1	$Y_6$
7	-1	+1	+1	$Y_7$
8	+1	+1	+1	$Y_8$

Матриця планування повного факторного експерименту володіє наступними властивостями:

1 Алгебраїчна сума елементів вектора-стовпця кожного фактора дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n X_{ji} = 0, \quad (1.6)$$

де  $j$  – номер фактора.

2 Сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює кількості дослідів:

$$\sum_{i=1}^n X_{ji}^2 = n. \quad (1.7)$$

3 Сума почленних творів будь-яких двох вектор-стовпців матриці дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n X_{ji} X_{nj} = 0. \quad (1.8)$$

Ця властивість називається *ортогональністю* матриці планування. Точки в матриці планування підбираються так, щоб точність прогнозу значень параметра оптимізації була однаковою на рівних відстанях від центру експерименту і не залежала від напрямку. Ця властивість називається *ротатабельністю*.

Матриця повного факторного плану  $2^2$ , взаємодії факторів, що враховує ефект, має вигляд (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Матриця повного факторного плану  $2^2$

Номер досліджу	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$Y$
1	+	-	-	+	$Y_1$
2	+	+	-	-	$Y_2$
3	+	-	+	-	$Y_3$
4	+	+	+	+	$Y_4$

Модель виглядає так:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (1.9)$$

де коефіцієнти  $b_0, b_1, b_2, b_{12}$  визначаються за формулою:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ji}y_i}{n}; \quad j = 0, 1 \dots, k$$

або

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{4} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4);$$

$$b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{1i}y_i = \frac{1}{4} (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4);$$

$$b_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{2i}y_i = \frac{1}{4} (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4);$$

$$b_{12} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i}y_i = \frac{1}{4} (y_1 - y_2 - y_3 + y_4).$$

Вектори-стовпці  $x_1$  і  $x_2$  безпосередньо визначають умови експерименту, а  $x_0$  і  $x_1x_2$  служать тільки для розрахунку коефіцієнтів  $b_0$  і  $b_{12}$ .

### 1.4.9 Дробовий факторний експеримент (ДФЕ)

Із збільшенням кількості факторів різко зростає кількість дослідів повного факторного плану, а також число степенів вільності  $f = N - q$  ( $N$  – кількість дослідів,  $q$  – кількість невідомих коефіцієнтів регресії).

Для лінійного рівняння регресії  $q = k + 1$ , де  $k$  – кількість факторів

При  $k = 3$   $N = 8$   $q = 4$   $f = 4$

$k = 5$   $N = 32$   $q = 6$   $f = 26$

Для розрахунку невідомих коефіцієнтів регресії достатньо, щоб  $f = 1$ .

Метод дробових реплік полягає в тому, що для знаходження математичного опису процесу використовується певна частина повного факторного плану ( $1/2$ ,  $1/4$  і т.д.), звана *дробовим факторним планом* (дробовою реплікою повного факторного плану).

Розрахунок коефіцієнтів регресії. Перевірка їх значущості й адекватності математичної моделі проводиться так само, як і при повному факторному плані.

*Приклад.* Повний факторний план  $2^4$  (для випадку  $k=4$ ) включає 16 точок. Для отримання моделі потрібний, як мінімум, 6 точок ( $q = 5$ ,  $f=1$ ). Існує ортогональний план, для якого кількість точок *б т* 16, – це для випадку  $k = 3$ .

Оскільки для лінійної моделі ефекти взаємодії беруться як нуль, можна скористатися будь-яким із стовпців вектора, що характеризують ефекти взаємодії, для четвертого фактора ( $x_1x_2x_3$  або  $-x_1x_2x_3$ ). Приймавши для фактора  $x_4$  вектор-стовпець  $x_1x_2x_3$ , одержимо план  $2^3$ . Цей план містить половину дослідів повного факторного плану, тобто є *напівреплікою плану*  $2^4$  (позначається  $2^{4-1}$ , табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Матриця  $2^{4-1}$

Номер дослідів	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4=x_1x_2x_3$
1	+	+	+	+
2	–	+	+	–
3	+	–	+	–
4	–	–	+	+
5	+	+	–	–
6	–	+	–	+
7	+	–	–	+
8	–	–	–	–

Перед постановкою експерименту за дробовими репліками необхідно вирішити, яким ефектом взаємодії можна нехтувати без зайвого ризику. Приймавши в розглянутому прикладі  $x_4 = x_1x_2x_3$  одержимо так зване *співвідношення що, генерує*, на основі якого генерується (створюється) дробова репліка.

Після множення обох частин співвідношення на  $x_4$  одержимо  $x_4^2 = x_1x_2x_3x_4$  в лівій його частині одиничний вектор-стовпець:

$$1 = x_1x_2x_3x_4 \quad (1.10)$$

Цей твір називається *визначальним контрастом*.

Дане співвідношення дає можливість встановити те, що вирішує здатність дробової репліки, тобто знайти, які з коефіцієнтів рівняння регресії є незмішаними оцінками для відповідних генеральних коефіцієнтів.

При виборі напіврепліки  $2^{4-1}$  можливо 8 рішень:

$$\begin{aligned} &1) x_4 = x_1x_2; 2) x_4 = -x_1x_2; 3) x_4 = x_2x_3; 4) x_4 = -x_2x_3; \\ &5) x_4 = x_1x_3; 6) x_4 = -x_1x_3; 7) x_4 = x_1x_2x_3; 8) x_4 = -x_1x_2x_3. \end{aligned}$$

Таким чином вирішується здатність напівреплік, одержаних за допомогою цих співвідношень. Так, напіврепліки за співвідношеннями 1 – 6 мають по 3 фактори у визначальному контрасті, а 7 і 8 – по 4. Напіврепліки за співвідношеннями 7 і 8 мають максимальну роздільну здатність і називаються *головними*.

Проведемо послідовне множення визначального контрасту на  $x_j (j = 1, 2, 3, 4)$ , зважаючи увагу на те, що вектор  $x^2$  містить тільки +1:

$$x_1 = x_1^2x_2x_3x_4 = x_2x_3x_4; x_2 = x_1x_3x_4; x_3 = x_1x_2x_4; x_4 = x_1x_2x_3 \quad (1.11)$$

Співвідношення (1.11) указує на рівність визначальних стовпців вектора в матриці плану, що приводить до отримання змішаних оцінок коефіцієнтів моделі, розрахованих за їх допомогою:

$$b_1 \rightarrow \beta_1 + \beta_{234}, b_2 \rightarrow \beta_2 + \beta_{134}, b_3 \rightarrow \beta_3 + \beta_{124}, b_4 \rightarrow \beta_4 + \beta_{123}, \quad (1.12)$$

де  $b_i$  – вибіркова оцінка  $i$ -го коефіцієнта регресії;

$\beta_i$  – його дійсне значення (математичне очікування).

Оскільки потрібні ефекти звичайно дорівнюють нулю, можна вважати, що коефіцієнти рівняння регресії, що оцінюють лінійні ефекти і змішані з коефіцієнтами при потрібних взаємодіях, практично є незмішаними оцінками відповідних дійсних значень коефіцієнтів при лінійних ефектах.

Помноживши обидві частини співвідношення (1.10) на  $x_i x_j$ , одержимо:

$$x_1x_2 = x_3x_4, x_1x_3 = x_2x_4 \text{ і т.д.} \quad (1.13)$$

Із співвідношення (1.13) виходить, що коефіцієнти рівняння регресії при парних ефектах взаємодії факторів є *змішаними оцінками*.

Це означає, що, наприклад, коефіцієнт  $b_{12}$  може входити до рівняння регресії спільно з ефектами  $x_1x_2$  або  $x_3x_4$ . Обидва ці ефекти роблять рівний вплив на параметр оптимізації у вивченій сфері факторного простору. У цьому випадку вибір того або іншого ефекту проводиться з урахуванням

фізико-хімічної природи досліджуваного об'єкта, технологічних факторів і завдань дослідження.

За відсутності апріорної інформації про ефекти взаємодії факторів прагнуть вибрати репліку з найбільшою роздільною здатністю, оскільки, наприклад, потрійні ефекти взаємодії факторів звичайно менш важливі, чим парні, четверні – чим потрійні й т.д.

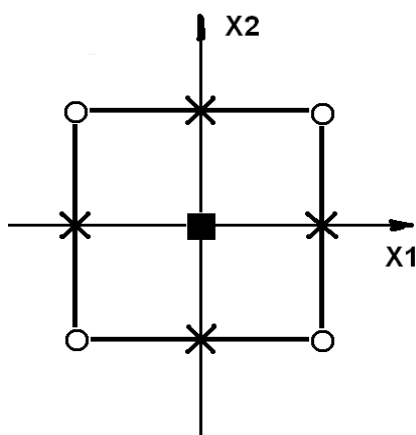
### 1.4.10 Плани другого порядку

#### 1.4.10.1 Композиційний план

Якщо за допомогою повного факторного експерименту не вдається одержати адекватного математичного опису досліджуваного процесу у формі багаточлена першого степеня, його шукають у вигляді багаточлена другого степеня. З цією метою використовуються, зокрема, композиційні плани Бокса-Уїлсона.

Розрізняють ортодоксальні та ротатабельні плани другого порядку.

Плани другого порядку можуть бути одержані в результаті добудови планів першого порядку (додаванням деякої кількості дослідів в зоряних точках і в центрі плану), тому їх називають *композиційними* (рис. 1.10).



○ – повний факторний план, ■ – дослід в центрі плану,  
 \* – дослід в зоряних точках

Рисунок 1.10 – Схема дослідів композиційного плану для двох факторів

Кількість дослідів визначається за формулою

$$N = 2^k + 2k + 1, \quad (1.14)$$

де  $k$  – кількість факторів;

$2^k$  – кількість дослідів повного факторного плану;

$2k$  – кількість зоряних точок у факторному просторі, що має координати  $(\pm\alpha; 0; 0; \dots; 0)$ ;  $(0; \pm\alpha; \dots; 0)$ ;  $\dots$ ;  $(0; 0; \dots; \pm\alpha)$ ;

$\alpha$  – зоряне плече (зоряний крок).

Останній доданок 1 – дослід в центрі плану.

Значення зоряного кроку  $\alpha$ , вибрані з умови ортогональності матриці плану, знаходять залежно від кількості факторів  $k$ :

$k$	2	3	4	5
$\alpha$	1,0	1,215	1,414	1,547

Рівняння регресії при застосуванні композиційного ортогонального плану записується у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(k-1)k}x_{k-1}x_k + b_{11}x_1 + b_{kk}x_k^* \quad (1.15)$$

де змінні

$$x_{ji}^* = x_{ji}^2 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji}^2$$

введені для того, щоб матриця плану була ортогональна і коефіцієнти регресії визначалися незалежно один від одного за наслідками дослідів ( $i$  – номер фактора,  $j$  – номер досвіду).

Рівняння регресії, записане в звичайній формі:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(k-1)k}x_{k-1}x_k + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + \dots + b_{kk}x_k^2 \quad (1.16)$$

Для його отримання знаходять:

$$b_0 = b_0^* - \frac{b_{11}}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji}^2 - \dots - \frac{b_{kk}}{N} \sum_{j=1}^N x_{jk}^2. \quad (1.17)$$

У таблиці 1.7 подана матриця ортогонального плану для двох факторів.

Таблиця 1.7 – Матриця ортогонального плану для двох факторів

Система дослідів	Номер досвіду	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^*$	$X_2^*$
Повний факторний план	1	-1	-1	+1	+0,33	+0,33
	2	+1	-1	-1	+0,33	+0,33
	3	-1	+1	-1	+0,33	+0,33
	4	+1	+1	+1	+0,33	+0,33
Досліди в зоряних точках	5	+1	0	0	+0,33	-0,67
	6	-1	0	0	+0,33	-0,67
	7	0	+1	+1	-0,67	+0,33
	8	0	-1	-1	-0,67	+0,33
Дослід в центрі плану	9	0	0	0	-0,67	-0,67



**Переваги:**

- простота обчислень, що важливо при ручних розрахунках.

**Недоліки ортогонального плану:**

- коефіцієнти регресії оцінюються з різними помилками;

- значення параметра оптимізації мають різні дисперсії, що змінюються від точки до точки.

*1.4.10.2 Ротатабельний план*

Ротатабельний план дозволяє одержувати точніший математичний опис поверхні відгуку в порівнянні з ортогональним планом, що досягається завдяки збільшенню кількості дослідів в центрі плану і обґрунтованому вибору зоряного плеча  $\alpha$ .

Головна властивість ротатабельних планів – незалежність дисперсій передбаченого значення  $y$  від обертання координат плану. При цьому дисперсії однакові на рівних відстанях від центру плану.

*Таблиця 1.8 – Основні характеристики ротатабельних планів*

Кількість факторів	Кількість дослідів за схемою ПФЕ	Кількість дослідів в зоряних точках плану	Кількість дослідів в центрі плану	Загальна кількість дослідів	$\alpha$
2	4	4	5	13	1,414
3	8	6	6	20	1,68
4	16	8	7	31	2,0
5*	32	10	10	52	2,378
5**	16	10	6	32	2,0

\* ПФЕ \*\* ДФЕ

*Таблиця 1.9 – Ротатабельний план для двох факторів*

Система дослідів	Номер дослідів	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$
Повний факторний план	1	-1	-1	+1	+0,33	+0,33
	2	+1	-1	-1	+0,33	+0,33
	3	-1	+1	-1	+0,33	+0,33
	4	+1	+1	+1	+0,33	+0,33
Досліди в зоряних точках	5	+1	0	0	+0,33	-0,67
	6	-1	0	0	+0,33	-0,67
	7	0	+1	+1	-0,67	+0,33
	8	0	-1	-1	-0,67	+0,33
Дослід в центрі плану	9	0	0	0	-0,67	-0,67

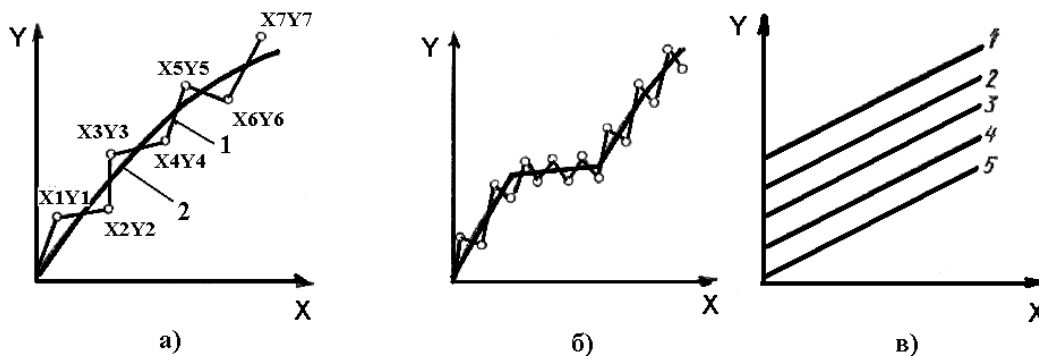
### 1.4.11 Обробка результатів експериментів. Методи графічної обробки

При обробці результатів експериментів широко використовуються методи графічного зображення. Для графічного зображення, як правило, застосовують систему прямокутних координат. Після нанесення експериментальних точок на графік, проводять плавну лінію якомога ближче до цих точок (рис. 1.11, а, б).

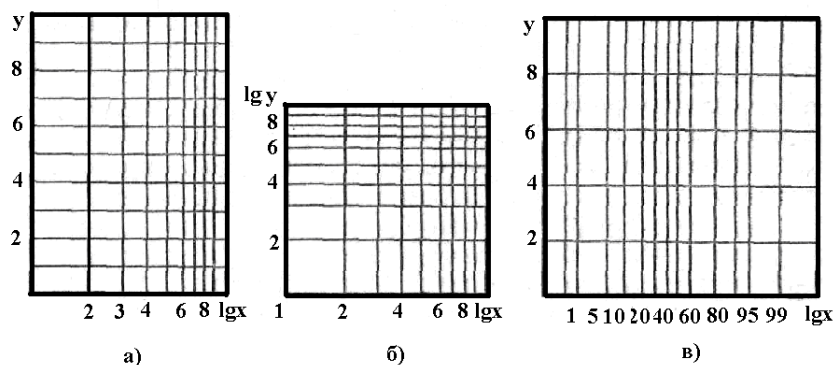
У разі потреби побудови графіка для 3-х змінних  $b=f(x,y,z)$ , застосовують *метод розділення змінних*.

Величина  $z$  набуває декілька послідовних значень від  $z_1$  до  $z_n$ , і будується графік  $y=f(x)$  при  $z_i = const$  (рис. 1.11, в).

Координатні сітки можуть бути рівномірними і нерівномірними. У рівномірних координатних сітках ординати і абсциси мають рівномірну шкалу. З нерівномірних координатних сіток найбільш поширені напівлогарифмічні, логарифмічні, імовірнісні (рис. 1.12).



а – плавна залежність: 1 – крива за наслідками безпосередніх вимірювань; 2 – плавна крива; б - за наявності стрибка; в – при трьох змінних: 1 -  $z_5 = const$ ; 2 -  $z_4 = const$ ; 3 -  $z_3 = const$ ; 4 -  $z_2 = const$ ; 5 -  $z_1 = const$   
Рисунок 1.11 – Графічне зображення функції  $y=f(x)$



а – напівлогарифмічна; б – логарифмічна; в – імовірнісна сітка  
Рисунок 1.12 – Координатна сітка

Номограми будуються для полегшення систематичних розрахунків складних теоретичних або емпіричних формул в певних межах вимірювання величин.

Істотно полегшується процес застосування спеціальних пакетів прикладних програм (наприклад, MathCAD).

### 1.4.12 Методи підбору емпіричних формул [11]

У процесі експериментальних досліджень виходить статистичний ряд вимірювань двох величин, коли кожному значенню функції  $y_1, y_2, \dots, y_n$  відповідає певне значення аргументу  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . На основі експериментальних даних можна підібрати вирази, алгебри функції  $y=f(x)$ , які називають емпіричними формулами.

Процес підбору емпіричних формул складається з двох етапів.

1-й етап. Будується графік за експериментальними точками і вибирається орієнтовно вид формули.

2-й етап. Обчислюються параметри формул, які найкращим чином відповідали б прийнятій формулі.

Результати вимірювань багатьох явищ і процесів апроксимуються емпіричними рівняннями типу  $y=a+bx$ , де  $a, b$  – постійні коефіцієнти. Значення  $a$  визначається з графіка (рис. 1.13), а значення  $b$  за формулою  $b=tg\alpha = (y_i - a)/x_i$ , де  $x_i$  і  $y_i$  – крайні точки прямої.

Можна підставити в рівняння координати двох крайніх точок, і з двох рівнянь визначаються значення  $a$  і  $b$ .

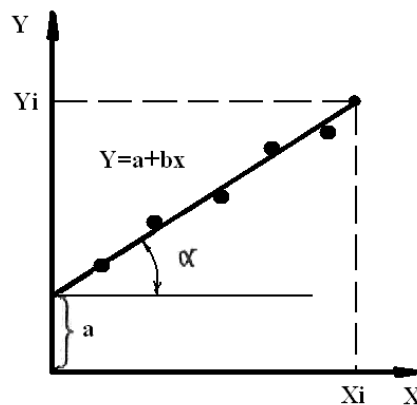


Рисунок 1.13 – Графічне визначення значень  $x$  і  $y$

Графічний метод вирівнювання може бути застосований в тих випадках, коли експериментальна крива на сітці прямокутних координат має вид плавної кривої.

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, а, то необхідно застосувати формулу  $y = ax^b$ . Замінюючи  $X = \lg x$  і  $Y = \lg y$ , одержимо  $Y = \lg a + bX$ . При цьому експериментальна крива перетворюється на пряму лінію на логарифмічній сітці.

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, б, то необхідно застосувати формулу  $y = ae^{bx}$ . Замінюючи  $Y = \lg y$ , одержимо  $Y = \lg a + bx \lg e$ . При цьому експериментальна крива перетворюється на пряму лінію на напівлогарифмічній сітці.

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, в, то необхідно застосувати формулу  $y = c + ax^b$ . Якщо  $b$  задане,

то беремо  $X = x^b$ , одержуємо пряму лінію на сітці прямокутних координат  $y = c + aX$ . Якщо  $b$  невідомо, тоді беремо  $X = \lg x$  і  $Y = \lg(y - c)$ ; тоді буде пряма лінія на логарифмічній сітці  $Y = \lg a + bX$ .

Необхідно обчислити  $c$ . Для цього за експериментальною кривою беруть 3 довільних точки  $x_1, y_1; x_2, y_2; x_3 = \sqrt{x_1 x_2}, y_3$  і обчислюють  $c$ :

$$c = \frac{y_1 y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3}.$$

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, г, то необхідно застосувати формулу  $y = c + ae^{bx}$ . Шляхом заміни  $Y = \lg(y - c)$  будемо пряму на напівлогарифмічній сітці  $Y = \lg a + bx \lg e$ , де  $c$  визначається, як у попередньому випадку. Тільки  $x_3 = 0,5 \cdot (x_1 + x_2)$ .

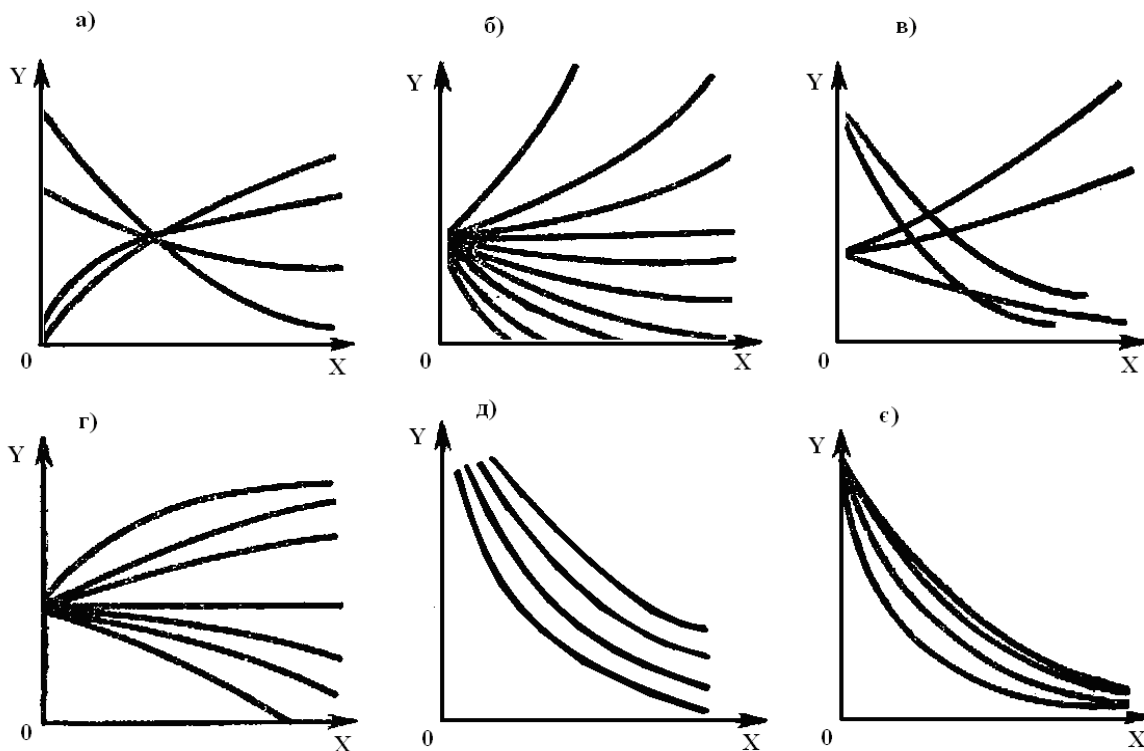


Рисунок 1.14 – Основні види графіків емпіричних формул

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, д, то необхідно застосувати формулу  $y = a + b/x$ . Шляхом заміни  $x = 1/z$  одержуємо пряму лінію на сітці прямокутних координат  $y = a + bz$ .

Якщо експериментальний графік має вигляд, показаний на рис. 1.14, е, то необхідно застосувати формулу  $y = 1/(a + bx)$ . Якщо взяти  $y = 1/z$ , то  $z = a + bx$ , тобто одержуємо пряму лінію на сітці прямокутних координат.

Аналогічно рівнянню  $y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$  шляхом заміни  $y = 1/z$  можна надати вигляду  $z = a + bx + cx^2$ .



Такий зв'язок називають *регресійною*. Суть регресійного аналізу зводиться до встановлення регресії  $y = a + bx$ , оцінці тісноти зв'язків між ними, достовірності та адекватності результатів вимірювань.

Значення коефіцієнтів визначаються за формулами:

$$a = y_i - bx_i = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}; \quad (1.20)$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad (1.21)$$

де  $n$  – кількість вимірювань.

Критерієм близькості кореляційної залежності між  $x$  і  $y$  до лінійної функціональної залежності є коефіцієнт кореляції  $r$ :

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}. \quad (1.22)$$

При  $r=1$   $x$  і  $y$  зв'язані функціональним зв'язком (лінійної), тобто кожному значенню  $x$  відповідає тільки одне значення  $y$ . Якщо  $r < 1$ , то лінійного зв'язку не існує; якщо  $r=0$ , то лінійний зв'язок відсутній. При  $r < 0,5$  тісноту зв'язку вважають задовільною, при  $r=0,8 \dots 0,85$  тісноту зв'язку вважають доброю.

Для визначення відсотка розкиду (мінливості) шуканої функції  $y$  щодо її середнього значення, визначуваного мінливістю фактора  $x$ , обчислюють коефіцієнт детермінації  $k_o = r^2$ .

#### 1.4.14 Оцінка адекватності теоретичних рішень [11]

Суть полягає в зіставленні одержаної або запропонованої теоретичної функції  $y = f(x)$  з результатами вимірювань. У перевірці адекватності, тобто відповідності теоретичної кривої експериментальним даним, застосовують різні критерії згоди.

*Критерій Фішера.* Для встановлення адекватності необхідно розрахувати експериментальне значення критерію Фішера –  $k_{фе}$  і порівняти його з теоретичним (табличним) –  $k_{фт}$ , що береться при необхідній довірчій вірогідності  $p_d$  ( $p_d = 0,95$ ). Якщо  $k_{фе} < k_{фт}$  – модель адекватна, якщо  $k_{фе} \geq k_{фт}$  – модель неадекватна.

$$k_{фе} = D_a / D_{cp}, \quad (1.23)$$

де  $D_a$  – дисперсія адекватності;

$D_{cp}$  – середня дисперсія всього експерименту.

$$D_a = \frac{\sum_1^n (y_{im} - \overline{y_{ie}})^2}{n-d}, \quad (1.24)$$

$$D_{cp} = \frac{\sum_1^m \sum_1^n (y_{im} - y_{ie})^2}{mn}, \quad (1.25)$$

де  $y_{im}$  – теоретичне значення функції для кожного вимірювання;  
 $\overline{y_{ie}}$  – експериментальне значення функції;  
 $\overline{y_{ie}}$  – середнє експериментальне значення функції з  $m$  серій вимірювань;  
 $n$  – кількість вимірювань в одному досліді (однієї серії або кількість дослідів);

$d$  – кількість коефіцієнтів рівняння теоретичної регресії.

Значення  $k_{фг}$  береться за таблицею для довірчої імовірності 0,95 і числа степенів вільності  $q_1 = n - d$ ;  $q_2 = n(m - 1)$ .

У рівнянні  $y_{im}$  обчислюють за теоретичною регресією для фактора  $x_i$   
 $\overline{y_{ie}}$  – як середнє з  $m$  серій вимірювань:

$$\overline{y_{ie}} = \frac{1}{m}(y_{1e} + y_{2e} + \dots + y_{me}). \quad (1.26)$$

Критерій Фішера звичайно застосовується для визначення адекватності малих вибірок.

У великих вибірках доцільно застосовувати критерії Пірсону, Романовського, Колмогорова.

*Критерій Пірсону.* Відповідно до цього критерію гіпотеза про закон розподілу підтверджується, якщо дотримується умова:

$$P(\chi^2, q) > \alpha = 1 - \phi(x), \quad (1.27)$$

де  $\alpha = 1 - \phi(x)$  – рівень значущості ( $\alpha = 0,10$ );

$\chi$  – критерій згоди Пірсону;

$q$  – число степенів вільності ( $q = m - s$ );

$m$  – кількість груп (серій, розрядів) великої вибірки або кількість вимірювань в одній серії при аналізі односерійного експерименту;

$s$  – кількість використовуваних зв'язків (констант).

$$\chi^2 = \sum_1^m (y_{ei} - y_{mi})^2 / y_{mi}, \quad (1.28)$$

де  $y_{ei}$ ,  $y_{mi}$  – кількість вимірювань (частота) в кожній групі серій відповідно за даними експерименту і теоретичної кривої.

*Критерій Романовського* визначається відношенням:

$$k_p = (\chi^2 - q) / \sqrt{2q} \quad (1.29)$$

Число степенів вільності  $q = m - s$  (визначається аналогічно, як і по критерію Пірсона). Адекватність задовольняється при  $k_p < 3$ .

Критерій Колмогорова  $k_k$  застосовується для оцінки адекватності також при великій статистичній вибірці  $N$ .

Статистичну криву частот перетворюють на статистичну інтегральну функцію, знаходять найбільшу різницю частот між експериментальною статистичною інтегральною кривою і відповідною теоретичною інтегральною кривою:

$$D_o = \max(\sum y_{ei} - \sum y_{ti}) \quad (1.30)$$

Потім обчислюють  $\lambda = D_o \sqrt{N}$  і за значенням  $\lambda$  за таблицями знаходять вірогідність  $p(\lambda)$ . Адекватність задовольняється, якщо  $p(\lambda) > 0,05$ , тобто експериментальні дані підтверджують теоретичний розподіл.

#### **1.4.15 Оформлення результатів дослідження**

Матеріали, одержані при проведенні науково-технічного дослідження, повинні бути оброблені, систематизовані і поміщені в звіт. До нього висуваються наступні загальні вимоги: чіткість побудови; логічна послідовність викладу матеріалів; переконливість аргументування; стислість і точність формулювань, що виключає можливість суб'єктивного і неоднозначного тлумачення; конкретність викладу результатів роботи; довідність висновків і обґрунтованість рекомендацій. Небажано включати до звіту відомості, одержані не при виконанні даного науково-технічного дослідження (зокрема, запозичені з інших джерел).

Звичайно приймається наступна структура звіту:

1. Титульний лист.
2. Список виконавців.
3. Реферат.
4. Зміст (зміст).
5. Перелік умовних позначень, символів, одиниць і термінів.
6. Введення.
7. Основний зміст звіту.

Спочатку звичайно дається огляд літературних джерел. В огляді в основному поміщаються матеріали реферату про стан питання. Особливо ретельно повинні бути розглянуті суперечливі відомості. Звертається увага на нові ідеї і проблеми, а також на можливі підходи до рішення поставленої задачі. Огляд завершується обґрунтуванням прийнятої методики і плану дослідження з науковою і з економічною точок зору.

Далі послідовно висловлюються хід і результати попередньої розробки дослідження і експериментальної його частини; розглядаються прийняті методи і результати обробки даних експерименту; наводяться дані аналізу і узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень, а також деталь-



но освітлюються нові методики, застосовані при виконанні конкретних етапів дослідження. Якщо використані відомі методики, то в звіті даються лише необхідні відомості і посилання на відповідне джерело. Розділи, в яких висловлюється основний зміст дослідження, повинні завершуватися узагальненням отриманих результатів і описом їх можливого застосування.

8. Висновок. Тут повинні міститися оцінка результатів дослідження, зокрема оцінка їх відповідності поставленої мети. Якщо отримані негативні результати, вони також указуються в завершенні.

9. Список використаних джерел.

10. Додаток.

До нього включаються допоміжні матеріали: великі таблиці, громіздкі математичні викладення, протоколи і акти випробувань, описи нестандартних засобів вимірювальної техніки, інструкції, методики, обчислювальні алгоритми і програми, різний ілюстративний матеріал і т.п.

Успішно закінчене науково-технічне дослідження обов'язково містить оригінальні результати, що викликають інтерес для широкого кола фахівців даної галузі. У зв'язку з цим доцільно публікація найцікавішого матеріалу у вигляді статті або монографії.

У статті висловлюються результати, одержані з конкретного питання, що має безумовно-наукове і практичне значення. Стаття публікується в наукових, науково-технічних і виробничих журналах і збірниках.

Монографія — це наукова праця, присвячена розробці однієї теми або обмеженого кола питань, що належить одному або декільком авторам, які дотримуються однієї точки зору.

Зміст публікації, форма викладу матеріалу і його об'єм істотно залежать від передбачуваного кола читачів, а також від вимог видавництва. Об'єм статті звичайно не перевищує 12 сторінок машинописного тексту; до неї може додаватися ілюстративний матеріал (як правило, не більше 3 рисунків).

Однією з форм наукової продукції є дисертація — дослідження, що подається на здобуття вченого ступеня і публічно захищається претендентом на засіданні спеціалізованої ради. Тема дисертаційної роботи у галузі технічних наук повинна бути, як правило, пов'язана з тематичним планом якої-небудь науково-дослідної установи і затверджена вченою радою цієї установи персонально для кожного претендента. Структура дисертаційної роботи в основному відповідає структурі науково-технічного дослідження. При викладі дисертації необхідно чітко указувати особистий внесок претендента в розробку сформульованої наукової проблеми.

У процесі виконання наукових досліджень можуть з'явитися відкриття. Відкриттям визнається встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, що вносять корінні зміни в рівень знань.

Кожне відкриття розширює і заглиблює пізнання матеріального світу і сприяє появі технічних ідей, які можуть визнаватися винаходами.

#### ***1.4.16 Впровадження закінчених розробок у промисловість***

Цей етап є таким, що завершує в науково-технічному дослідженні. У даному випадку під впровадженням розуміється передача промисловості наукової продукції. Остання може бути у формі звіту про науково-технічне дослідження, рекомендацій, інструкцій, методики (розрахунків, вимірювань, випробувань), алгоритмів і програм обчислень, технічного завдання на розробку нового процесу (пристрої, системи), розробки режимів і регламентів і т.п.

Процес впровадження наукової продукції у виробництво звичайно складається з двох етапів – досвідчено-промислового і серійного впровадження.

Під час першого етапу здійснюється перевірка пропонованих розробок в промислових умовах, при якій дослідні зразки технічних пристроїв, систем, технологічного устаткування піддають різним випробуванням. Результати випробувань оформляють у вигляді протоколу, до якого прикладають акти з оцінкою конструктивних, технологічних, експлуатаційних, енергетичних, економічних і інших особливостей випробовуваних зразків.

На даному етапі участь авторів науково-технічного дослідження у впровадженні є обов'язковою.

Виходячи з результатів дослідно-промислових випробувань розробляються рекомендації з вдосконалення дослідного зразка, проводиться коректування технічної документації. Лише після цього розробка передається в серійне виробництво, а потім упроваджується в промисловість. На другому етапі впровадження науково-дослідні підрозділи можуть надавати, у разі потреби, науково-технічну допомогу.

Процес впровадження результатів творчої діяльності у серійне виробництво згідно з ДСТУ 3974-2000 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво» який встановлює загальні правила дослідних та конструкторських робіт, які є складовою частиною єдиного інноваційного процесу «наука-техніка-виробництво», під час виконання якої реалізуються результати НДР або набуті знання та досвід у технічній документації для створення дослідних зразків продукції, що передують її серійному виробництву. На продукцію, яка готується до виробництва мають бути розроблені та узгоджені технічні вимоги за ДСТУ 1.3:2004 «Правила побудови, викладання, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних вимог», які встановлюють конкретні правила побудови технічних вимог на конкретну продукцію: вироби, матеріали, речовини, процеси тощо.

Розрізняють роздільний і комплексний способи впровадження. При першому з них науково-технічне дослідження виконує організація, яка складає пропозицію для впровадження. На основі цієї пропозиції проектно-конструкторська організація розробляє технічну документацію на дослідний зразок або дослідну серію. Виготовлення, монтаж, налагодження і випробування дослідного зразка в промислових умовах здійснюються замовником. У разі позитивних результатів проводиться передача дослідного зразка в постійну експлуатацію, після чого можливо серійне виробництво. Тут всі етапи від розробок до впровадження виконуються роздільно, по-

слідовно і незалежно один від одного. Тривалість впровадження при цьому (найбільш поширеному) способі максимальна.

Впровадження наукових розробок в промисловість завершується оформленням акту впровадження і розрахунку економічної ефективності.

### **Контрольні питання**

- 1 Класифікація наукових досліджень.
- 2 Розкажіть про етапи науково-технічного дослідження.
- 3 Яким чином виконується інформаційний пошук і складання методики дослідження?
- 4 Що входить до підготовки проведення експериментальної частини дослідження?
- 5 Планування однофакторного експерименту.
- 6 Планування багатфакторного експерименту.
- 7 Коли застосовується дробовий факторний експеримент?
- 8 Які методи обробки результатів експериментів ви знаєте?
- 9 Методи підбору емпіричних формул.
- 10 Що таке регресійний аналіз?
- 11 Як виконується оцінка адекватності теоретичних рішень?
- 12 Оформлення результатів дослідження.

### **1.5 Правила складання і подачі заявки на видачу патенту на винахід [12]**

- 1 Оформлення документів
- 2 Загальні вимоги до змісту документів заявки
- 3 Заява про видачу патенту
- 4 Опис винаходу або корисної моделі
- 5 Формула винаходу (корисної моделі)
- 6 Креслення
- 7 Реферат
- 8 Особливості змісту заявки на винахід щодо пристрою

#### ***1.5.1 Оформлення документів***

Заявка повинна містити: заяву про видачу патенту (деклараційного патенту) України на винахід чи деклараційного патенту України на корисну модель; опис винаходу (корисної моделі); формулу винаходу (корисної моделі); креслення (якщо на них є посилання в описі); реферат.

Документи заявки, а саме: заяву про видачу патенту, опис і формулу винаходу (корисної моделі), креслення і реферат подають у трьох примірниках. Документи, які потребують подальшого перекладу, можуть бути

подані мовою оригіналу в одному примірнику, а їх переклад – у трьох примірниках. Усі документи заявки на винахід (корисну модель) слід оформляти таким чином, щоб можна було зберігати їх тривалий час і безпосередньо репродукувати в необмеженій кількості копій.

Документи заявки друкують на аркушах білого паперу форматом 210 x 297 мм. Кожний документ заявки починають на окремому аркуші, при цьому другий і наступні аркуші нумерують арабськими цифрами.

Кожний аркуш використовують лише з одного боку з розміщенням рядків паралельно меншому боку аркуша.

Мінімальний розмір полів аркушів опису, формули, реферату становить, мм: ліве – 25; верхнє – 20; праве і нижнє – 20.

Креслення виконують на аркушах білого паперу форматом А4. Мінімальний розмір полів аркушів креслень становить, мм: ліве – 25; верхнє – 25; праве – 10; нижнє – 15.

Усі документи друкують шрифтом чорного кольору. Текст опису, формули винаходу і реферату друкують через 2 інтервали або через 1,5 інтервалу при комп'ютерному наборі з висотою літер не менше ніж 2,1 мм. Латинські назви, латинські та грецькі літери, графічні символи, математичні і хімічні формули допускається вписувати чорнилом, пастою або тушшю чорного кольору. Бібліографічні дані джерел інформації в документах заявки наводяться таким чином, щоб можна було знайти це джерело інформації.

Графічні зображення (власне креслення, схеми, діаграми) виконують відповідно до правил креслення, на щільному, білому, гладкому папері чорними чіткими лініями і штрихами, які не витираються, без розтушовування і розмальовування. Масштаб і чіткість зображень вибирають такими, щоб при репродукуванні з лінійним зменшенням розмірів до 2/3 можливо було розпізнати всі деталі. Висота цифр і літер має бути не менше 3,2 мм. Цифрові та літерні позначення мають бути чіткими, товщина їх ліній повинна відповідати товщині ліній зображення. Цифри та літери не слід брати в дужки та лапки.

На кресленнях використовують переважно прямокутні (ортогональні) проєкції (у різних видах, розрізах й перерізах), в окремих випадках допускається також використання аксонометричної проєкції. Кожний елемент на кресленні виконують пропорційно всім іншим елементам за винятком випадків, коли для чіткого зображення елемента необхідне розрізнення пропорцій. Розміри на кресленнях не позначають, їх наводять, за потреби, в описі.

Креслення виконують без будь-яких написів, за винятком необхідних слів, таких як "вода", "пара", "відкрито", "закрито", "розріз за А-А". Окремі фігури розміщують таким чином, щоб аркуші були максимально заповненими і креслення можна було читати при вертикальному розташуванні довгих боків аркуша.

Якщо фігури, що розміщені на двох і більше аркушах, являють собою частини єдиного креслення, то їх розміщують таким чином, щоб це креслення можна було скомпонувати без пропусків будь-якої із зображених на різних аркушах фігур. На одному аркуші креслення можна розмі-

щувати декілька фігур, при цьому слід чітко відмежовувати їх одну від одної. Елементи фігур позначають арабськими цифрами відповідно до посилань на них у описі винаходу (корисної моделі). Одні й ті самі елементи на декількох фігурах позначають одними й тими ж цифрами. Позначення, про які не згадують в описі винаходу, на кресленнях не проставляють і навпаки.

Якщо графічні зображення зображені у вигляді схеми, то при її виконанні застосовують стандартизовані умовні графічні позначення. Якщо схема подана у вигляді прямокутників як графічних позначень елементів, то крім цифрового позначення безпосередньо в прямокутник, якщо це можливо, вписують і назву елемента. Якщо розміри графічного зображення елемента не дозволяють цього зробити, то назву елемента можна зазначити на виносній лінії (за потреби, у вигляді напису під цим елементом).

На схемах одного виду допускається зображення окремих елементів схем іншого виду (наприклад, на електричній схемі допускається зображення елементів кінематичних, гідравлічних схем тощо).

Кожне графічне зображення нумерується послідовно арабськими цифрами (фіг. 1, фіг. 2 тощо) незалежно від виду цього зображення (креслення, схема, діаграма тощо) і нумерації аркушів відповідно до черговості наведення їх у тексті опису. Якщо опис винаходу пояснює лише одне графічне зображення, то воно не має нумерації.

У документах заявки можуть бути використані хімічні формули. Структурні формули хімічних сполук подають (як і креслення) з нумерацією кожної структурної формули як окремої фігури і наведенням посилань на відповідні позначення.

При написанні структурних хімічних формул слід використовувати загальноновживані символи елементів і чітко вказувати зв'язки між елементами і радикалами.

В описі, формулі та рефераті винаходу (корисної моделі) можуть бути використані математичні вирази (формули) і символи. Форма подання математичного виразу не регламентується.

Усі літерні позначення, які є в математичних формулах, мають бути розшифровані. При цьому розшифрування літерних позначень подають у порядку їх використання у формулі.

Для позначення інтервалів між величинами допускається використання знаку "-" (від і до), в інших випадках слід писати словами "від" і "до".

При вираженні величин у відсотках знак відсотка (%) слід ставити після числа. Якщо величин декілька, то знак відсотка ставлять перед їх переліком і відокремлюють від них двокрапкою.

Математичні позначення ">", "<", "=" та інші використовуються лише в математичних формулах, а в тексті їх слід писати словами (більше, менше, дорівнює тощо). Перенос у математичних формулах допускається лише по знаку. Пояснення до математичної формули слід писати стовпцем і після кожного рядка ставити крапку з комою. Вимоги до оформлення документів заявки, визначені Правилами, застосовуються також до будь-яких матеріалів, поданих після подання заявки, наприклад, до сторінок, що містять виправлення, та до змінених пунктів формули винаходу.

### *1.5.2 Загальні вимоги до змісту документів заявки*

Заявку складають українською мовою. Якщо опис і формулу винаходу (корисної моделі) викладено іншою мовою, то для збереження дати подання. Їх переклад повинен надійти до Укрпатенту протягом двох місяців від дати подання заявки.

Матеріали заявки не повинні містити висловів, креслень, рисунків, фотографій та будь-яких інших матеріалів, що суперечать громадському порядку і моралі, зневажливих висловлювань стосовно винаходів (корисних моделей) та результатів діяльності інших осіб, а також відомостей і матеріалів, які вочевидь не стосуються або не є необхідними для визнання документів заявки такими, що відповідають вимогам Правил.

У формулі, описі, рефераті і пояснювальних матеріалах до опису використовують, як правило, стандартизовані терміни і скорочення, а за їх відсутності – загальноживані в науковій і технічній літературі.

При використанні термінів і позначень, що не є загальноживаними, необхідно пояснити їх значення при першому вживанні в тексті.

Усі умовні позначення слід розшифровувати. В описі, формулі винаходу (корисної моделі) та рефераті необхідно зберігати єдність термінології, тобто одні й ті самі ознаки в зазначених документах повинні називатися однаково. Вимога єдності термінології стосується також умовних позначень і розмірності фізичних одиниць, які використовуються в матеріалах заявки.

Назва винаходу, за потреби, може містити символи латинської абетки та цифри. Використання символів інших абеток, спеціальних знаків у назві не допускається.

Одиниці вимірювання фізичних величин переважно вживаються в одиницях діючої Міжнародної системи одиниць.

Якщо відомості не можуть бути повністю розміщені за браком місця у відповідних графах, то їх наводять на додатковому аркуші за тією самою формою із зазначенням у відповідній графі заяви – "див. на окремому аркуші".

Графи з кодами (21), (22), що розташовані у верхній частині заяви, заявником не заповнюються, вони призначені для зазначення реквізитів заявки після її подання до Установи.

Якщо заявник має наміри здійснити патентування в іноземній державі, то у відповідній клітинці заяви необхідно зробити позначку "X".

Графи з кодами (86) і (87) заповнюються у випадку прийняття міжнародної заявки, що містить зазначення України, до розгляду за національною процедурою. За кодом (86) зазначають реєстраційний номер та дату подання міжнародної заявки, установлені відомством-одержувачем.

У графі за кодом (87) зазначаються номер і дата міжнародної публікації міжнародної заявки.

### **1.5.3 Заява про видачу патенту**

Заяву про видачу патенту (деклараційного патенту) України на винахід чи деклараційного патенту на корисну модель слід подавати українською мовою за формою, яка наведена нижче на рисунку 1.15.

У графі, що містить прохання видати патент України, необхідно зазначити, який різновид патенту просить видати заявник, зробивши у відповідній клітинці позначку "X".

За кодом (71) для фізичної особи (фізичних осіб) зазначають повне ім'я, місце проживання; для юридичної особи (юридичних осіб) зазначають повне найменування (згідно з установчими документами), місцезнаходження.

Якщо заявником є винахідник, декілька винахідників чи всі винахідники, то їх місце проживання наводять на звороті заяви у графі за кодом (72).

Для іноземної особи здійснюється транслітерація (передача транскрипційних знаків певної мови літерами української абетки) повного імені або найменування зазначеної особи. Після українського зазначення наводять у дужках ці самі відомості мовою оригіналу. Місце проживання або місцезнаходження заявника (за потреби) наводять мовою оригіналу і зазначають код держави згідно із стандартом VOIB ST.3.

Для заявників – юридичних осіб України – зазначають код відповідно до Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України (ЄДРПОУ), для заявників, що проживають чи мають постійне місцезнаходження за межами України, зазначають код держави згідно із стандартом VOIB ST.3.

Якщо заявників декілька, то зазначені відомості наводяться для кожної особи окремо. Якщо заявник має підстави скористатися правом пріоритету попередньої заявки відповідно до статті 15 Закону, то у відповідній клітинці заяви необхідно зробити позначку "X" і зазначити номер та дату подання попередньої заявки. Відомості про попередню заявку, подану в державі – учасниці Паризької конвенції, наводять за кодами (31), (32), (33). За кодом (33) зазначають код держави, до якої подано попередню заявку, відповідно до стандарту VOIB ST.3.

Відомості про попередню заявку, подану до Установи, наводять за кодом (66). Відомості про попередню заявку, з якої виділено цю заявку, наводять за кодом (62). Якщо попередніх заявок декілька, то наводять відомості щодо кожної заявки.

За кодом (54) наводять повну назву винаходу (групи винаходів) чи корисної моделі, яка повинна збігатися з назвою, наведеною в описі.

За кодом (98) зазначають адресу для листування між заявником та Укрпатентом, повне ім'я або найменування адресата. Листування може здійснюватися за будь-якою зручною для заявника адресою на території України. За наявності телефону, факсу чи іншого засобу зв'язку їх вказують.

Якщо заявник користується послугами представника або іншої довіреної особи, то за кодом (74) зазначають повне ім'я та реєстраційний номер представника або повне ім'я іншої довіреної особи.

Порядковий номер заявки, визначений заявником		Дата одержання		
(22) Дата подання заявки	Пріоритет	(51) МПК	ЕВ	(21) Номер заявки
(86)	Реєстраційний номер та дата подання міжнародної заявки, установлені відомством-			
(87)	одержувачем			
	Номер і дата міжнародної публікації міжнародної заявки			
<b>ЗАЯВА</b> про видачу патенту України		<b>ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ</b>  Державне підприємство "Український інститут інтелектуальної власності" вул. Глазунова, 1, м. Київ-42, 01601		
Подаючи нижчезазначені документи, прошу (просимо) видати: <input type="checkbox"/> патент України на винахід <input type="checkbox"/> позицію виключено <input type="checkbox"/> патент України на корисну модель				
(71) Заявник(и)			Код за ЄДРПОУ (для українських заявників)	
<b>Донбаська державна машинобудівна академія вул. Академічна, 72, м. Краматорськ, 84313</b>			<b>02070789</b>	
(ззначається повне ім'я або найменування заявника(ів), його (їх) місце проживання або місцезнаходження та код держави згідно із стандартом ВОІВ ST.3. Дані про місце проживання винахідників-заявників наводяться за кодом (72))				
Прощу (просимо) встановити пріоритет заявки пунктів формули винаходу за заявкою N _____ за датою:  <input type="checkbox"/> подання попередньої заявки в державі - учасниці Паризької конвенції (навести дані за кодами (31), (32), (33)) <input type="checkbox"/> подання до Установи попередньої заявки, з якої виділено цю заявку (навести дані за кодом (62)) <input type="checkbox"/> подання до Установи попередньої заявки (навести дані за кодом (66))				
(31) Номер попередньої заявки	(32) Дата подання попередньої заявки	(33) Код держави подання попередньої заявки згідно із стандартом ВОІВ ST.3	(62) Номер та дата подання до Установи попередньої заявки, з якої виділено цю заявку	(66) Номер та дата подання до Установи попередньої заявки
(54) Назва винаходу (корисної моделі) <b>СПОСІБ МІСЦЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ</b>				
(98) Адреса для листування <b>Донбаська державна машинобудівна академія, вул. Академічна, 72, 84313</b> Телефон <b>(0626) 41-67-88</b> Телеграф _____ Факс <b>(0626) 41-63-15</b>				
(74) Повне ім'я та реєстраційний номер представника у справах інтелектуальної власності або повне ім'я іншої довіреної особи				

*Рисунок 1.15 – Заява на видачу патенту (деклараційного патенту) України на винахід чи деклараційного патенту на корисну модель*



Прошу (просимо) прискорити публікацію заявки

Перелік документів, що додаються		Кількість арк.	Кількість прим.	
опис винаходу		3	3	Підстави щодо виникнення права на подання заявки й одержання патенту (без подання документів), якщо винахідник(и) не є заявник(ами): є документ про передачу прав винахідник(ами) або роботодавцям(ями) правонаступнику(ам) є документ про право спадкування
формула винаходу		1	3	
креслення та інші ілюстративні матеріали			3	
реферат		1	3	
документ про сплату збору за подання заявки		1	1	
документ, який підтверджує наявність підстав для зменшення збору або звільнення від сплати збору				
документ про депонування штаму			1	
копія попередньої заявки, яка підтверджує право на пріоритет			1	
переклад заявки українською мовою			3	
документ, який підтверджує повноваження довіреної особи (довіреність)				
інші документи				
міжнародний звіт про пошук				
(72)Винахідник(и) Винахідник(и)-заявник(и) (повне ім'я)		Місце проживання та код держави згідно із стандартом ВОІВ ST. 3 (для іноземних осіб – тільки код держави)		Підпис(и) винахідника(ів)- заявника(ів)
Ковалевський Сергій Вадимович		84300, Донецька область, м. Краматорськ, вул. Паркова, 9, кв. 20		
Тулупов Володимир Іванович		84313, Донецька область, м. Краматорськ, вул. Академічна, 68, кв. 14		
Я (ми) _____ (повне ім'я) <b>прошу (просимо) не згадувати мене(нас) як винахідника(ів) при публікації відомостей стосовно заявки на видачу патенту</b> Підпис(и) винахідника(ів) _____				
Підпис(и) заявника(ів) <b>Проректор з наукової роботи</b> _____ <b>М.А. Турчанін</b>				
Дата підпису <b>М.П.</b>	Якщо заявником є юридична особа, то підпис особи, що має на це повноваження, із зазначенням посади скріплюється печаткою. Якщо всі винахідники виступають заявниками, то їх підписи наводяться за кодом (72)			

**Примітка.** Потрібне позначити “X”

*Рисунок 1.15, аркуш 2*

Якщо заявник бажає прискорити публікацію заявки, у відповідній клітинці треба зробити позначку "X".

Розділ заявки "Перелік документів, що додаються" заповнюють за допомогою позначок "X" у відповідних клітинках із зазначенням кількості примірників і аркушів кожного документа. У клітинці "інші документи", якщо такі є в матеріалах заявки, необхідно зазначити назву документа.

Якщо право на подання заявки й одержання патенту передано винахідником чи роботодавцем правонаступнику, то в графі "Підстави щодо виникнення права на подання заявки і одержання патенту" відповідну підставу зазначають позначкою "X". Якщо заявником (заявниками) є єдиний винахідник чи всі винахідники, то ця графа не заповнюється.

За кодом (72) наводять дані про винахідника (винахідників): повне ім'я та місце проживання. Для іноземного винахідника здійснюється транслітерація (передача транскрипційних знаків певної мови літерами української абетки) повного імені і поряд, у дужках, ці самі дані мовою оригіналу, а замість його місця проживання проставляють назву держави та її код згідно із стандартом VOIB ST.3. Якщо винахідники є заявниками, то вони проставляють підписи у правій графі.

Якщо винахідник (винахідники) не бажає (бажають) бути згаданим (згаданими) у публікації відомостей про заявку та (або) відомостей про видачу патенту, то у відповідній графі заяви робиться про це запис, що підписується винахідником (винахідниками), який (які) не бажає (бажають) бути згаданим (згаданими).

Заповнення останньої графи заяви "Підпис(и) заявника(ів)" є обов'язковим, крім випадку, коли всі заявники є винахідниками і їх підписи проставлені в графі за кодом (72).

Якщо заявником є юридична особа, то заяву підписує особа, що має на це повноваження. Підпис складається з повного найменування посади особи, яка підписує заяву, особистого підпису, ініціалів, прізвища і скріплюється печаткою.

Якщо заявник доручив ведення справ за заявкою представнику або іншій довірній особі, то довірена особа може ставити свій підпис замість заявника.

У цій графі також проставляють дату підпису.

Якщо будь-які відомості наводять на додатковому аркуші, то його треба підписати в такому самому порядку.

#### ***1.5.4 Опис винаходу або корисної моделі***

Опис повинен розкривати суть винаходу (корисної моделі) настільки ясно і повно, щоб його (її) міг здійснити фахівець у зазначеній галузі. Його необхідно викладати в порядку, зазначеному в Правилах.

Він починається із зазначення індексу рубрики діючої редакції 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).

Для кращого розуміння і більш стислого викладення опису дозволяється інша послідовність наведення розділів або їх частин, якщо цього вимагає характер винаходу. Не допускається заміна розділу опису в цілому або його частини посиланням на інформаційне джерело, що містить необхідні відомості, навіть якщо це опис до раніше поданої заявки чи опис до охоронного документа.

Назва винаходу (корисної моделі) повинна відповідати суті винаходу (корисної моделі) і, як правило, характеризувати його (її) призначення.

Її слід викладати в однині. Винятки складають:

- назви, які не вживаються в однині;
- назви винаходів, що є хімічними сполуками, охопленими загальною структурною формулою.

Назва групи винаходів, що є об'єктами, один з яких призначений для одержання (виготовлення), здійснення або використання іншого, повинна містити повну назву одного винаходу і скорочену – іншого.

Назва групи винаходів, що є об'єктами, один з яких призначений для використання в іншому, повинна містити повні назви винаходів, які входять до групи.

Назва групи винаходів, що є варіантами, повинна містити назву одного об'єкта групи із зазначенням у дужках слова "варіанти".

Галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель) – в цьому розділі зазначають галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель), а також, за потреби, галузь застосування винаходу (корисної моделі). Якщо таких галузей декілька, то зазначають ті з них, які мають перевагу.

У розділі "Рівень техніки" наводять рівень техніки, відомий заявнику, і який можна вважати корисним для розуміння винаходу (корисної моделі) і його (її) зв'язку з відомим рівнем.

Зокрема, наводять дані про відомі заявнику аналоги винаходу (корисної моделі) з виділенням серед них аналога, найбільш близького за сукупністю ознак до винаходу (корисної моделі). Аналог винаходу (корисної моделі) – це засіб того самого призначення, який відомий з джерел, що є загальнодоступними до дати подання заявки до Установи, або, якщо заявлено пріоритет, до дати пріоритету, і характеризується сукупністю ознак, подібних до сукупності суттєвих ознак винаходу (корисної моделі). Якщо аналогів декілька, то останнім описують найближчий аналог.

При описуванні кожного з аналогів наводять бібліографічні дані джерела інформації, де він розкритий, його ознаки із зазначенням тих з них, що збігаються з суттєвими ознаками заявленого винаходу (корисної моделі), та зазначають відомі заявнику причини, що перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату.

Для виявлення та обґрунтування причин, що перешкоджають при використанні найближчого аналога одержанню очікуваного технічного результату, необхідно проаналізувати технічні властивості аналога, обумовлені сукупністю притаманних йому ознак, характер виявлення цих властивостей при його використанні і показати їх недостатність для досягнення очікуваного технічного результату.

При описуванні групи винаходів відомості про аналоги наводять для кожного винаходу.

Суть винаходу (корисної моделі) виражається сукупністю суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, який 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 направлений винахід (корисна модель), та технічний результат, якого можна досягти при здійсненні винаходу (корисної моделі).

Технічна задача, як правило, полягає у створенні об'єкта, характеристики якого відповідають заданим вимогам. Цим об'єктом може бути пристрій, спосіб тощо.

Під технічним результатом розуміють виявлення нових властивостей або покращання характеристик відомих властивостей об'єкта винаходу (корисної моделі), що можуть бути одержані при здійсненні винаходу (корисної моделі).

Технічний результат може бути виражений, наприклад, у зменшенні чи збільшенні крутного моменту, у зниженні чи підвищенні коефіцієнта тертя, зменшенні чи збільшенні частоти або амплітуди коливань, у зменшенні спотворювань сигналу, у структурному перетворенні в процесі кристалізації, у поліпшенні контакту робочого органу із середовищем тощо.

Технічним результатом може бути розширення асортименту технічних засобів певного призначення або одержання таких засобів уперше.

Рекомендується навести також й інші відомі заявнику види технічного результату, одержання яких забезпечує винахід (корисна модель), у тому числі і в конкретних формах його використання.

Для групи винаходів зазначені відомості, у тому числі і стосовно технічного результату, наводяться для кожного винаходу. У цьому розділі, якщо це можливо, обґрунтовують причинно-наслідковий зв'язок між ознаками винаходу й очікуваним технічним результатом.

У розділі перелік фігур креслення опису, крім переліку фігур, наводять стислі пояснення того, що зображено на кожній з них.

Якщо суть винаходу пояснюють інші ілюстративні матеріали (наприклад, фотографії), то наводять стисле пояснення їх змісту.

Таблиці нумерують окремо.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі). У цьому розділі розкривають можливість одержання зазначеного в 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 відомість такого засобу чи методів його одержання.

Якщо для характеристики винаходу використовують виражені у вигляді інтервалу значень кількісні ознаки, то у прикладах здійснення винаходу мають бути наведені відомості, що підтверджують можливість одержання технічного результату у межах зазначеного інтервалу.

Опис винаходу (корисної моделі) підписує заявник у тому самому порядку, що й заяву про видачу патенту (деклараційного патенту).

### **Приклад**

МПК В23Н9/04

## **СПОСІБ МІСЦЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ**

Корисна модель відноситься до галузі техніки, а саме до технології зміцнювальної обробки деталей шляхом механічної обробки з одночасним пропусканням імпульсного струму через зону контакту інструменту з деталлю і може бути використана для зміцнення поверхонь тертя деталей машин.

Відомий спосіб зміцнення сталевих деталей, згідно з яким механічна обробка поверхонь здійснюється накатуванням, при пропусканні електричного змінного струму через зону контакту інструменту з деталлю, який утворює дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів [1].

Відомий також, обраний як прототип спосіб зміцнення сталевих деталей, згідно з яким механічна обробка поверхонь здійснюється згладжуванням, з одночасним пропусканням змінного струму через зону контакту інструменту з деталлю, який утворює дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів [2].

Загальними суттєвими ознаками відомого способу і того, що заявляється, є механічна обробка з одночасним пропусканням електричного струму через зону контакту інструменту з деталлю, який утворює дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів.

Недоліком відомого способу є мала продуктивність в порівнянні з механічною обробкою чистовим точінням.

В основу корисної моделі поставлена задача місцевого зміцнення сталевих деталей шляхом використання імпульсного струму прямокутної форми, для створення зміцнених фрагментів на поверхні та отримання необхідної якості поверхні за рахунок управління режимними параметрами обробки.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі місцевого зміцнення сталевих деталей, що включає механічну обробку чистовим точінням з одночасним пропусканням струму, прямокутної форми через зону контакту інструменту з деталлю, який утворює дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів, довжина яких  $l_f$  забезпечується тривалістю імпульсу  $\tau_i$ , яка обчислюється:

$$\tau_i = \frac{60 \cdot l_\phi}{\pi \cdot D_{дет} \cdot n} \cdot \kappa,$$

де  $l_\phi$  – довжина зміцненого фрагменту, мм;

$D_{дет}$  – діаметр оброблювальної деталі, мм;

$n$  – кількість обертів шпинделю, хв.<sup>-1</sup>;

$\kappa$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу оброблювальної заготовки, щільності току при пропусканні його через зону різання та швидкості різання.

Частота імпульсного струму  $f_i$  забезпечує періодичність утворення зміцнених фрагментів за траєкторією відносного руху різального інструменту.

Частоту імпульсного струму можна знайти за формулою:

$$f_i = \frac{\pi \cdot D_{дет} \cdot n}{60 \cdot (l_\phi + l_{мф})},$$

де  $l_{мф}$  – відстань між зміцненими фрагментами, мм.

Зміцнення поверхонь сталевих деталей шляхом одночасного з механічною обробкою пропускання імпульсу струму прямокутної форми приводить до утворення між зміцненими фрагментами знеміцнених проміжків, однак це створює умови для змащення поверхонь тертя, що приводить до підвищення їх терміну служби.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Деталь, яка оброблюється різанням на токарному верстаті має рух обертання, а різець – поступальне. Імпульсний струм проходить через місце контакту деталі з інструментом. Для отримання імпульсного струму, який використовується у обробці, необхідно приміняти генератор імпульсних струмів з регулюванням частоти та тривалості імпульсів, а також його амплітуди. Після закінчення процесу деталь розкріпляють і знімають з верстату.

Приклад: місцеве зміцнення поверхні вала  $D_{дет}=100$  мм із сталі 45, проводили при обробці на токарному верстаті мод. 1К625 з використанням генератору імпульсних струмів, який забезпечує щільність струму  $108 - 109$  А/м<sup>2</sup>, напругу  $2 - 6$  В, має регулювання тривалості імпульсу  $10^{-6} - 10^{-2}$  с і частоти імпульсів  $10 - 10000$  Гц, форма імпульсу струму прямокутна.

Для забезпечення довжини фрагментів  $l_\phi=2$  мм, необхідна тривалість імпульсу:

$$\tau_i = \frac{60 \cdot 2}{3,14 \cdot 100 \cdot 500} \cdot 1,18 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Частоту імпульсного струму для забезпечення довжини між фрагментами  $l_{мф}=3$  мм

$$f_i = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 500}{60 \cdot (2 + 3)} = 523 \text{ Гц}$$

Обробку проводили з режимами:

$V_{рез} = 157 \text{ м/хв.}; n = 500 \text{ хв.}^{-1}; t = 0,2 \text{ мм.}$

Після обробки зносостійкість оброблювальної поверхні збільшувалась у 1,5...2 рази.

Наведений приклад підтверджує досягнення технічного результату при здійсненні заявленого способу.

#### Джерела інформації

1. Багмутов В. П. Импульсное электромеханическое упрочнение стальных изделий с образованием регулярной дискретной структуры поверхностного слоя / В. П. Багмутов, С. Н. Паршев // Вестник машиностроения – М. : Инновационное машиностроение, 1996. – № 2.– С. 38.

2. А. с. № 91691 СССР, МКИ В 25 J 15/00. Способа чистовой обработки поверхностей металлических изделий / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – № 3360585 / 25–08 ; заявл. 23.11.81 ; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 2 с. : ил.

### **1.5.5 Формула винаходу (корисної моделі)**

Формула винаходу (корисної моделі) призначена для визначення обсягу правової охорони, яка надається патентом (деклараційним патентом).

Вона повинна стисло і ясно відобразити суть винаходу (корисної моделі).

Формула винаходу (корисної моделі) визнається такою, що відображає суть винаходу (корисної моделі), якщо вона містить сукупність його (її) суттєвих ознак, достатню для досягнення зазначеного заявником технічного результату. Вона повинна базуватися на описі й характеризувати винахід (корисну модель) тими самими поняттями, що містить опис винаходу (корисної моделі).

Ознаки винаходу (корисної моделі) у формулі винаходу (корисної моделі) викладають таким чином, щоб забезпечити можливість їх ідентифікації, тобто однозначного розуміння їх змісту фахівцем на основі відомого рівня техніки.

Якщо заявка містить креслення, то для кращого розуміння ознак, зазначених у формулі винаходу (корисної моделі), у їх взаємозв'язку з відповідними позиціями на кресленнях допускається після зазначення ознаки у формулі винаходу (корисної моделі) проставляти відповідні позиції в дужках. При цьому зазначення позиції не обмежує обсяг правової охорони, що визначається формулою.

Характеристика ознаки винаходу (корисної моделі) у формулі винаходу (корисної моделі) не може бути замінена посиланням на опис чи креслення. Заміна допускається у виняткових випадках, коли неможливо виразити ознаку інакше. Заявник повинен показати, що така необхідність існує.

Ознаку винаходу (корисної моделі) доцільно характеризувати загальним поняттям (що виражає функцію, властивість тощо), яке охоплює різні окремі форми його реалізації, якщо саме ці характеристики, які міс-

тяться в загальному понятті, забезпечують у сукупності з іншими ознаками досягнення зазначеного заявником технічного результату.

Якщо таке поняття відсутнє або узагальнення неправомірне, то ознака винаходу (корисної моделі) може бути виражена як альтернатива.

Ознака винаходу (корисної моделі) може бути виражена як альтернатива за умови, що така ознака при будь-якому зазначеному в альтернативі виборі у сукупності з іншими ознаками забезпечує досягнення одного і того самого технічного результату.

Формула винаходу (корисної моделі) може бути одноланковою чи багатоланковою і включати відповідно один або 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 (або) уточненням сукупності його (її) ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів.

Багатоланкова формула, що характеризує один винахід (корисну модель), має один незалежний пункт і наступний (наступні) за ним залежний (залежні) пункт (пункти).

Багатоланкова формула, що характеризує групу винаходів, має декілька незалежних пунктів, кожний з яких характеризує один з винаходів групи. При цьому кожний з винаходів групи може бути охарактеризований із залученням залежних пунктів, підпорядкованих відповідному незалежному пункту.

При складанні багатоланкової формули дотримуються таких правил:

– незалежні пункти, як правило, не повинні містити посилань на інші пункти формули, однак такі посилання допускаються, якщо вони дають змогу викласти даний незалежний пункт без повторення в ньому повністю змісту інших пунктів;

– залежні пункти формули групуються разом з тим незалежним пунктом, якому вони підпорядковані, у тому числі, коли для характеристики різних винаходів групи залучаються залежні пункти однакового змісту;

– пункти багатоланкової формули винаходу (корисної моделі) нумеруються арабськими цифрами, починаючи з 1 (у порядку їх викладення).

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 відмітної частини, яка включає ознаки, що відрізняють винахід від найближчого аналога.

Обмежувальна й відмітна частини пункту формули відокремлюються одна від одної виразом "який (яка, яке) відрізняється тим, що ...".

Без поділу на обмежувальну й відмітну частини, зокрема, складають формулу винаходу, яка характеризує:



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

Формулу (або кожний пункт багатоланкової формули) викладають одним реченням.

Незалежний пункт формули винаходу (корисної моделі) повинен стосуватися лише одного винаходу (однієї корисної моделі).

У незалежний пункт формули винаходу чи корисної моделі (або в кожний незалежний пункт формули, що характеризує групу винаходів) включають сукупність ознак, достатніх для досягнення технічного результату. Зазначена сукупність ознак визначає обсяг правової охорони.

При складанні незалежного пункту формули слід ураховувати, що сукупність ознак, достатніх для досягнення технічного результату, повинна бути передана певним набором ознак, властивих цьому об'єкту.

Незалежний пункт формули винаходу не визнається таким, що стосується одного винаходу, якщо він містить:

- викладені як альтернатива ознаки, які не забезпечують одержання того самого технічного результату, або викладені як альтернатива групи ознак, причому кожна з альтернативних груп включає кілька функціонально самостійних ознак (вузол або деталь пристрою; операція способу, речовина, матеріал або прилад, застосовані в способі; інгредієнт композиції і т. ін.), у тому числі, коли вибір однієї з таких альтернативних ознак залежить від вибору, який зроблено щодо іншої (інших) ознаки (ознак);

- характеристику винаходів, які стосуються об'єктів різного виду чи сукупності засобів, кожний з яких має своє власне призначення, а в цілому зазначена сукупність не реалізує спільного призначення.

До залежного пункту формули винаходу (корисної моделі) включають ознаки, що розвивають чи уточнюють сукупність ознак, зазначену в незалежному пункті формули, у тому числі шляхом розвитку чи уточнення окремих ознак цієї сукупності, та необхідні лише в окремих випадках виконання винаходу (корисної моделі) або його (її) використання.

Обмежувальна частина залежного пункту формули включає родові поняття, що відображає призначення винаходу (корисної моделі), викладене, як правило, скорочено в порівнянні з наведеним у незалежному пункті, і містить посилання на незалежний пункт і/або залежний (залежні) пункт (пункти), якого (яких) він стосується.

Підпорядкованість залежних пунктів незалежному може бути безпосередньою і опосередкованою, тобто з посиланням на один або декілька залежних пунктів.

Безпосередню підпорядкованість залежного пункту застосовують тоді, коли для характеристики винаходу в окремому випадку його виконання чи використання поряд із ознаками цього пункту необхідні лише ознаки, зазначені в незалежному пункті формули.

Опосередковану підпорядкованість залежного пункту незалежному застосовують, якщо для зазначеної характеристики, окрім ознак незалежного пункту формули, необхідні ще й ознаки одного чи кількох інших залежних пунктів формули.

При підпорядкованості залежного пункту декільком пунктам формули посилення на них зазначають з використанням альтернативи.

У залежному пункті формули, що характеризує один об'єкт, в усіх випадках під поняттям "Пристрій за п. 1" розуміють повний зміст першого пункту формули, а саме сукупність усіх без винятку ознак, наведених у його обмежувальній та відмітній частинах.

Якщо залежний пункт сформульовано таким чином, що має місце заміна або вилучення ознаки незалежного пункту формули, якому він підпорядкований, то залежний пункт не може бути визнаний таким, що разом із зазначеним незалежним пунктом характеризує один винахід.

Формулу винаходу (корисної моделі) підписує заявник у тому самому порядку, що й заяву про видачу патенту.

### **Приклад**

#### **ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ**

Спосіб місцевого зміцнення сталевих деталей шляхом механічної обробки з одночасним пропусканням електричного струму, який відрізняється тим, що обробка виконується чистовим точінням і пропусканням імпульсного прямокутного струму, який утворює регулярну дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів, довжина яких  $l_\phi$  визначається тривалістю імпульсу  $\tau_i$

$$\tau_i = \frac{60 \cdot l_\phi}{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot n} \cdot \kappa,$$

де  $l_\phi$  – довжина зміцненого фрагменту, мм;

$D_{\text{дет}}$  – діаметр оброблювальної деталі, мм;

$n$  – кількість обертів шпинделю, хв.<sup>-1</sup>;

$\kappa$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу оброблювальної заготовки, щільності току при пропусканні його через зону різання та швидкості різання, а періодичність утворювання зміцнених фрагментів, за траєкторією відносного руху різального інструменту, задається частотою імпульсного струму  $f_i$

$$f_i = \frac{\pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot n}{60 \cdot (l_\phi + l_{\text{мф}})},$$

де  $l_{\text{мф}}$  – відстань між зміцненими фрагментами, мм.

### ***1.5.6 Креслення***

Графічні зображення (власне креслення, схеми, діаграми тощо) оформлюють на окремому аркуші (окремих аркушах). У правому верхньому куті кожного аркуша зазначають назву винаходу (корисної моделі).

Для пояснення суті винаходу (корисної моделі) як додаток до інших графічних матеріалів можуть бути подані фотографії. У виняткових випадках фотографії можуть бути подані як основний вид ілюстративних матеріалів, наприклад, для ілюстрації етапів виконання хірургічних операцій.

Формат фотографій повинен бути таким, щоб не виходив за розміри полів аркушів документів заявки. Фотографії малого формату слід наклеювати на аркуші встановленого формату з дотриманням вимог до якості аркуша.

### ***1.5.7 Реферат***

Реферат є скороченим викладом змісту опису винаходу (корисної моделі), який включає назву винаходу (корисної моделі), характеристику галузі техніки, якої стосується винахід (корисна модель), і (або) область його (її) застосування, якщо це не зрозуміло з назви, характеристику суті винаходу (корисної моделі) із зазначенням технічного результату, якого мають досягти. Суть винаходу (корисної моделі) в рефераті характеризують шляхом вільного викладу формули, переважно такого, при якому зберігаються всі суттєві ознаки кожного незалежного пункту.

Реферат складають лише з інформаційною метою. Він не може братися до уваги з іншою метою, зокрема для тлумачення формули винаходу (корисної моделі) і визначення рівня техніки.

Реферат складають таким чином, щоб він міг служити ефективним засобом пошуку у відповідній галузі техніки. Рекомендований обсяг тексту реферату становить до 1000 знаків. Текст реферату слід викладати окремими короткими реченнями і уникати складних у стилістичному плані зворотів.

Математичні та хімічні формули, а також креслення можуть бути включені до реферату, якщо без них скласти реферат неможливо. Креслення, наведені в рефераті, мають бути виконані на окремому аркуші та додаватися до реферату. Креслень має бути стільки примірників, скільки примірників містить реферат.

Реферат може містити також деякі додаткові відомості, зокрема посилення на кількість незалежних і залежних пунктів формули винаходу (корисної моделі), графічних зображень, таблиць.

Об'єкт корисної моделі: спосіб місцевого зміцнення сталевих деталей.

Область застосування: корисна модель відноситься до галузі техніки, а саме до технології зміцнювальної обробки деталей шляхом механічної обробки з одночасним пропусканням імпульсного струму через зону контакту інструменту з деталлю і може бути використана для зміцнення поверхонь тертя деталей машин.

Суть корисної моделі: спосіб місцевого зміцнення сталевих деталей шляхом механічної обробки з одночасним пропусканням електричного струму, при якому обробка виконується чистовим точінням і пропусканням імпульсного прямокутного струму, який утворює регулярну дискретну структуру поверхні у вигляді зміцнених фрагментів, довжина яких  $l_\phi$  визначається тривалістю імпульсу  $\tau_i$

$$\tau_i = \frac{60 \cdot l_\phi}{\pi \cdot D_{дет} \cdot n} \cdot K,$$

де  $l_\phi$  – довжина зміцненого фрагменту, мм;

$D_{дет}$  – діаметр оброблювальної деталі, мм;

$n$  – кількість обертів шпинделю, хв.<sup>-1</sup>;

$K$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу оброблювальної заготовки, щільності току при пропусканні його через зону різання та швидкості різання, а періодичність утворювання зміцнених фрагментів, за траєкторією відносного руху різального інструменту, задається частотою імпульсного струму  $f_i$

$$f_i = \frac{\pi \cdot D_{дет} \cdot n}{60 \cdot (l_\phi + l_{мф})},$$

де  $l_{мф}$  – відстань між зміцненими фрагментами, мм.

Технічний результат: забезпечується необхідна якість поверхонь тертя за рахунок управління електричними режимами обробки, яка збільшує зносостійкість у 1,5...2 рази.

### **1.5.8 Особливості змісту заявки на винахід щодо пристрою**

Для характеристики об'єкта винаходу "пристрій" використовують, зокрема, такі ознаки:

- наявність конструктивного (конструктивних) елемента (елементів);
- наявність зв'язків між елементами;
- взаємне розташування елементів;
- форму виконання елемента (елементів) або пристрою в цілому;

- форму виконання зв'язків між елементами;
- параметри та інші характеристики елемента (елементів) та їх взаємозв'язок; матеріал, з якого виготовлено елемент (елементи) або пристрій в цілому, середовище, що виконує функцію елемента, та інші характеристики.

У розділі опису "Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу" наводять опис пристрою в статичному стані. При описуванні конструктивних елементів пристрою дають посилання на фігури креслень. Цифрові позначення конструктивних елементів в описі повинні відповідати цифровим позначенням на кресленнях.

Після описування пристрою в статичному стані описують дію (роботу) пристрою або спосіб його використання з посиланням на цифрові позначення елементів конструкції, які зображені на кресленнях і, за потреби, на інші ілюстративні матеріали (епюри, часові діаграми тощо).

У деяких випадках для кращого розуміння винаходу та стислості викладення опису допускається інша послідовність викладення цього розділу.

Якщо пристрій містить елемент, охарактеризований на функціональному рівні, і форма його реалізації передбачає використання багатofункціонального засобу, що програмується (настроюється), то наводять відомості, які підтверджують можливість здійснення таким засобом конкретної, призначеної йому в складі даного пристрою функції. Якщо, крім таких відомостей, наводять алгоритм, наприклад, обчислювальний, то його переважно подають у вигляді блок-схеми або, якщо це можливо, у вигляді відповідного математичного виразу.

Пристрій у формулі характеризують у статичному стані.

У формулі можна зазначити про можливість реалізації елементом пристрою певної функції, про виконання елемента рухомим, наприклад, з можливістю повертання або обертання тощо.

Для усунення невизначеності при характеристиці пристрою сукупність його ознак повинна вказувати не лише на наявність елементів, а й на зв'язки між ними і (або) їхнє взаємне розташування.

Посилання на елемент, який не включено до формули, допускається, якщо це посилання не призводить до невизначеності в характеристиці пристрою.

### **Контрольні питання**

- 1 Що повинна містити заявка на корисну модель?
- 2 Послідовність опису винаходу або корисної моделі?
- 3 Особливості написання формули корисної моделі.
- 4 Які особливості змісту реферату?

## 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### Практична робота 1

#### Застосування прийомів при рішенні винахідницьких задач

**Мета роботи:** вивчити можливості пакету програми «Изобретательская машина – Приемы (ИМ-П)», навчитися знаходити рішення винахідницьких задач з використанням прийомів.

#### Теоретичні відомості

Система ИМ-П подає практичну інтелектуальну підтримку при вирішенні технічних протиріч в процесі рішення винахідницьких задач. Основою ИМ-П є один з розділів теорії рішення винахідницьких задач (ТРВЗ) - винахідницькі прийоми перетворення технічної системи для вирішення технічних протиріч. Система ИМ-П спирається на патентний фонд з самих різних галузей техніки. Як наслідок, ИМ-П має вельми широку область застосування, що охоплює практично всю техніку – будь-які технічні системи, що мають справу з обробкою речовин і полів; від гірничодобувної і сільськогосподарської до мікроелектроніки.

#### Порядок виконання роботи

- 1 Одержати індивідуальне завдання у викладача.
- 2 Запустити систему ИМ-П шляхом відправки на виконання файла IMP.COM ( диск і директорій, на якому знаходиться файл, указує системний адміністратор комп'ютерного класу або викладач).
- 3 Вибирається пункт «Ні» на питання системи «Відновити попередній сеанс роботи?» і у разі потреби ведення протоколу вибирається пункт «Та» на питання системи «Вести протокол даного сеансу роботи?»
- 4 Виконується постановка завдання і формулювання технічної суперечності (ТП) за декілька кроків:
  - а) у вікні «Постановка завдання» необхідно відповісти, для чого призначена дана технічна система;
  - б) у вікні «Постановка завдання» необхідно перелічити складові частини технічної системи;
  - в) у вікні «Постановка завдання» необхідно відповісти на питання, в чому полягає недолік технічної системи, що розглядається у вирішуваній задачі;
  - г) необхідно вибрати з меню рядок, відповідний елементу технічної системи, поліпшення якого усуває недолік ТС. Якщо елемент, який необхідно розглядати в завданні, відсутній в меню, то необхідно перемістити покажчик на останній рядок меню і натиснути <Enter>. У полі, що з'явилося, слід ввести елемент ТС;
  - д) необхідно вказати параметр елементу ТС, вибраного на кроці;
  - г) який необхідно змінити в кращу сторону для усунення недоліку технічної системи, що розглядається у вирішуваній задачі;

е) у двосторінковому меню «Що необхідно поліпшити?» потрібно вибрати параметр за змістом найбільш близький параметру елементу технічної системи, зміненого в кращу сторону;

ж) необхідно вибрати з меню, розташованому у вікні «Постановка завдання», рядок, відповідний елементу технічної системи, який погіршується в результаті дій щодо усунення недоліку ТС. Якщо елементу в меню немає, слід перемістити покажчик на останній рядок меню і натиснути клавішу <Enter>. Після цього слід ввести в меню елемент, якому бракує ТС;

и) необхідно вказати параметр елементу ТС, вибраного на кроці ж), який змінюється в гіршу сторону в результаті спроб усунення недоліку технічної системи на попередніх кроках рішення задачі;

к) у двосторінковому меню «Що необхідно поліпшити?» потрібно вибрати параметр, за змістом найбільш близький параметру елементу технічної системи, що погіршується. Для уточнення змісту будь-якого з параметрів, перелічених в меню, слід перемістити покажчик на параметр, що цікавить, і натиснути клавішу <F7>;

л) у вікні «Завдання (формулювання)» знаходиться формулювання і технічна суперечність вирішуваної задачі. У вікні «Поточна тех. суперечність» знаходиться технічна суперечність завдання, сформульована в термінах ИМ-П. Якщо ви згодні з формулюваннями, то натискається клавіша <Enter> після вибору пункту «Так». При виборі пункту «Ні» система повертає вас на крок а) або крок ж).

4 Після формулювання ТП для технічної системи в термінах ИМ-П, в нижній частині екрану з'являється вікно «Рекомендовані прийоми». Натискаючи клавішу <F9>, можна отримати пораду по їх застосуванню. Зрадити завдання на цьому етапі можна, натиснувши клавішу <F4> (на крок а) або <Esc> (на крок же).

Вибравши необхідний підприйм, можна проглянути приклади, виконані у вигляді тексту або рисунка.

Одержане рішення задачі можна відобразити у вигляді своїх міркувань в «записнику», натиснувши клавішу <F5>.

### **Зміст звіту**

- 1 Назва і мета роботи.
- 2 Постанова завдання.
- 3 Протокол роботи з ИМ-П.
- 4 Пропозиції і висновки з роботи.

### **Контрольні питання**

- 1 Яке призначення має система ИМ-П?
- 2 Опишіть порядок роботи з ИМ-П.
- 3 Як виконується зміна завдання у випадку, якщо запропоновані системою прийоми не дозволяють вирішити завдання?

## Практична робота 2

### Застосування ефектів при рішенні винахідницьких задач

**Мета роботи:** вивчити можливості пакету «Изобретательская машина – Эффекты» (ИМ-Э), набути практичних навичок рішення винахідницьких задач із застосуванням ефектів.

### Теоретичні відомості

ИМ-Э призначена для вирішення завдань з будь-якої галузі техніки за допомогою застосування природничонаукових знань. Особливістю системи є показ тонких способів застосування ефектів в техніці. Система містить рекомендації з застосування фізичних, хімічних, геометричних ефектів при рішенні винахідницьких задач.

### Порядок виконання роботи

- 1 Одержати індивідуальне завдання у викладача.
- 2 Виконати запуск з директорії \ИМ файл ІМЕ.СОМ.
- 3 Вибирається режим роботи «Вести протокол даного сеансу роботи?» (так/ні). Далі слід вибрати один з варіантів:

«Усунути недолік технічної системи» – якщо в тій, що розглядається ТС є недолік (небажана дія, недостатня дія, відсутня дія) і немає обмеження на введення в систему нових речовин і полів.

«Поліпшити використання ресурсів» – якщо потрібно підвищити функціональні можливості системи за рахунок використання речовин і полів, наявних в системі.

Для первинного ознайомлення з системою ИМ-Э можна скористатися демонстраційним прикладом, запустивши його клавішею <F5>.

- 4 Робота в режимі «Усунути недолік ТС».

#### 4.1 Постановка початкового завдання

На цьому кроці ИМ-Э пропонує описати недолік даної технічної системи.

#### 4.2 Визначення причини недоліку

На цьому кроці необхідно визначити причину недоліку. У верхній частині екрану показується «Поточне формулювання завдання».

#### 4.3 Визначення способу усунення недоліку

На цьому кроці необхідно вказати об'єкт, зміна якого може вирішити завдання і дію, яку потрібно виконати у відношенні до цього об'єкта, щоб вирішити завдання.

#### 4.4 Визначення типової функції.

Перехід від корисної дії до типової функції розподілений на два підкроки: вибір виду функції і вибір функції. Спочатку в меню «Види функцій» вибирається той вид функції, до якого відноситься корисна дія.

Потім із запропонованого списку функцій необхідно вибрати ту функцію, яка найближче відповідає сформульованій раніше корисній дії.



#### 4.5 Вибір і оцінка ефектів.

Із запропонованого списку слід вибрати ефект. При цьому в нижній частині екрану виводиться опис ефекту.

Після вибору ефекту ИМ-Э пропонує проглянути приклади застосування даного ефекту в різних технічних системах. Якщо в процесі переглядання прикладу виникає необхідність подивитися опис поточного ефекту, слід скористатися клавішею <F8>.

Додаткова інформація про ефект відтворюється після натиснення клавіші <F9>. У цьому режимі система виводить список додаткових прикладів, які не дозволяють виконати вибрану типову функцію, але показують, які класи завдань можна вирішити застосуванням цього ефекту. Повернення до основного списку виконується натисненням <ESC>.

Після перегляду прикладів ИМ-Э запрошує про можливість рішення задачі за допомогою вибраного ефекту.

У разі позитивної відповіді ИМ-Э пропонує уточнити одержане рішення. У разі негативної відповіді – повернення до списку ефектів.

#### 4.6 Уточнення одержаного рішення.

Якщо за допомогою ефекту можна вирішити завдання, ИМ-Э починає діалог з 3-х кроків, метою якого є уточнення одержаного рішення.

##### 4.6.1 Уточнення рішення.

Система просить вказати об'єкт, що безпосередньо виконує корисну дію.

##### 4.6.2 Формулювання технічного рішення.

ИМ-Э пропонує записати, як можна практично реалізувати ідею рішення в тій, що розглядається ТС.

##### 4.6.3 Формулювання підзадачі.

Якщо практична реалізація ефекту ускладнюється яким-небудь недоліком, то слід вказати його. Далі цей недолік розглядатиметься як нове завдання, яке також можна вирішувати за допомогою ИМ-Э. Якщо недоліків немає, можна нічого не набирати.

#### 4.7 Вибір наступного кроку

Необхідно вказати бажаний режим продовження роботи з системою ИМ-Э.

Рекомендується використовувати:

– «вибрати інший ефект» – якщо проаналізовані ще не всі рекомендовані ефекти;

– «зрадити типову функцію» – якщо рекомендовані до застосування ефекти погано вирішують дану задачу;

– «переформулювати завдання» – якщо в процесі рішення задачі з'ясувалося, що формулювання завдання невірне або в такій постановці завдання не розв'язується;

– «почати рішення підзадачі» – якщо практичній реалізації одержаного рішення перешкоджає недолік.

#### 5 Робота в режимі «Поліпшити використання ресурсів».

##### 5.1 Аналіз завдання.

### 5.1.1 Визначення складу системи.

На цьому кроці необхідно описати основні складові частини тієї, що розглядається ТС.

### 5.1.2 Визначення речовинних ресурсів.

Слід вказати речовини, які є в даній технічній системі.

Для відмітки слід встановити курсор на вибраний тип речовини і натиснути клавішу <SpaceBar> (Пропуск). Відмінити зроблений вибір можна повторним натисненням клавіші <SpaceBar> (Пропуск).

Перехід до наступного кроку виконується клавішею <Enter>.

### 5.1.3 Визначення польових ресурсів

### 5.1.4 Визначення корисної функції

Проаналізувавши вказані речовинні та польові ресурси, ИМ-Э пропонує список типових функцій, які можуть бути реалізовані в технічній системі. Із списку типових функцій слід вибрати функцію, яка може бути корисна в технічній системі. Вибір виконується клавішами управління курсором і натисненням <Enter>.

## 5.2 Вибір і оцінка ефектів.

Вибір ефекту здійснюється аналогічно описаному в п. 4.5. Після вибору ефекту ИМ-Э пропонує проглянути приклади застосування даного ефекту в різних технічних системах. Додаткова інформація про ефект надається системою після натиснення клавіші <F9>. Далі слід відповісти на питання ИМ-Э про можливість рішення задачі за допомогою вибраного ефекту.

## 5.3 Уточнення одержаного рішення

Якщо за допомогою ефекту можна ввести до системи додаткову корисну функцію, ИМ-Э просить уточнити одержане рішення. Необхідно вказати корисну дію, яка з'явилася в системі.

Далі виконується формулювання технічного рішення аналогічно п.4.6.2, формулювання підзадачі аналогічно п.4.6.3, вибір наступного кроку аналогічно п.4.7.

6 Для запису проміжної інформації в ИМ-Э рекомендується режим «записник», «Сервіс», що викликається через меню, клавішею <F2> або клавішею <F3>.

7 Для розпечатування протоколу роботи з ИМ-Э слід звернутися до системного адміністратора комп'ютерного класу або викладача.

## Зміст звіту

- 1 Найменування і мета роботи.
- 2 Постановка завдання.
- 3 Протокол роботи з ИМ-Э.
- 4 Висновки і пропозиції щодо вирішуваної задачі.

## Контрольні питання

- 1 Який порядок роботи з системою ИМ-Э в режимі «Усунути недолік технічної системи»?
- 2 Який порядок роботи з системою ИМ-Э в режимі «Поліпшити використання ресурсів»?

## Практична робота 3

### Застосування стандартів при рішенні винахідницьких задач

**Мета роботи:** вивчити можливості пакету «Изобретательская машина – Стандарты» (ИМ-С), набути практичних навичок рішення винахідницьких задач із застосуванням стандартів.

### Теоретичні відомості

ИМ-С подає практичну інтелектуальну підтримку при цілеспрямованому розвитку структури технічних систем в процесі рішення винахідницьких задач і прогнозуванні розвитку технічних систем. Основою ИМ-С є один з розділів теорії рішення винахідницьких задач – винахідницькі стандарти на синтез і перетворення структури технічних систем. Термін «стандарти» відображає ефективність рекомендованих ними ідей і підкреслює, що використовувати готові «стандартні винахідницькі ідеї» набагато доцільніше, чим наново «винаходити» їх для кожного знов виниклого завдання.

Процес взаємодії з ИМ-С включає три основні операції:

- побудова речовинно-польової моделі ТС і визначення рівня її розвитку;
- перетворення ТС за стандартами;
- прогноз розвитку ТС.

### Порядок виконання роботи

- 1 Одержати індивідуальне завдання у викладача.
- 2 Запустити систему ИМ-С з директорія \ИМ шляхом активізації файлу IMS.COM.
- 3 Якщо необхідно вести протокол, то необхідно на питання «Вести протокол?» відзначити пункт «Так».
- 4 Побудова моделі завдання  
Система ИМ-С пропонує сформулювати завдання у вільних термінах, оскільки система не аналізує сенс введеної в неї інформації.  
Після вибору типу завдання ИМ-С починає конструювати модель технічної системи на основі правил розвитку вепольних систем. Поточна інформація про створювану модель завдання зберігається у вікні «Модель завдання», яке знаходиться на екрані протягом всього сеансу роботи.

ИМ-С пропонує два варіанти аналізу структури ТС.

При роботі в режимі «Ви самі будете вепольну модель ТС» слід заповнити шаблон, виведений ИМ-С на екран. Залежно від виду вепольної моделі заповнюються або всі поля, або тільки деякі з них.

Якщо в даному завданні вже існує повний веполь, то треба заповнити всі поля виведеного на екран шаблону. У тому випадку, якщо система просить відзначити два елементи, то треба підвести курсор до виділеного елемента і натиснути клавішу <SpaceBar> (Пропуск). Відміна виконується натисненням цієї ж клавіші повторно. Після відмітки 2 елементів треба натиснути <Enter>.

5 Після отримання від користувача даних про вепольну модель завдання, ИМ-С виводить рекомендацію з перетворення тієї, що розглядається ТС, яка складається з двох частин:

а) У вікні «Рішення» наводиться текст стандарту, що визначає узагальнене винахідницьке рішення даного класу завдань.

б) У вікні «Пропоную:» наводиться трохи більш деталізована порада із застосування запропонованого стандарту у Вашій конкретній ситуації.

Вибравши режим «Приклади» можна проглянути, як відповідно до рекомендацій цього стандарту змінювалися різні технічні системи.

Після виведення рекомендацій з перетворення ТС ИМ-С переходить до етапу прогнозування.

ИМ-С продовжує будувати модель завдання з урахуванням одержаного рішення і побудованої вепольної моделі тієї, що розглядається ТС. Оскільки прогнозується розвиток структури ТС, то на наступному етапі будуть запропоновані перетворення вепольної моделі відповідно до законів розвитку ТС.

Під час діалогу з'ясовується можливість перетворення ТС і ИМ-С видає рекомендації залежно від відповідей.

7 Процес коректування моделі завдання проводиться в двох випадках:

а) автоматично, якщо завдання не розв'язується, і немає альтернативних шляхів пошуку рішень;

б) примусово, якщо потрібно зрадити модель завдання в який-небудь момент часу. Примусовий виклик процедури здійснюється одночасним натисненням клавіш <Ctrl> і <F1>.

Після цього система ставить питання:

Ви дійсно бажаєте змінити модель завдання?

При виборі позитивної відповіді на екрані з'явиться нове меню «Модель завдання»:

- а) Модель завдання.
- б) Вибрати тип завдання.
- в) Аналіз завдання.
- г) Руйнування шкідливих зв'язків.
- д) Перехід до складних веполів.

Необхідно пам'ятати, що при виборі перших двох кроків («Вибрати тип завдання» і «Аналіз завдання») вміст вепольної моделі і ваших попередніх відповідей втрачається.

8 Зовнішнє меню можна викликати в будь-якому місці роботи і ИМ-С натисненням клавіші <F2>. Режим «Перегляд стандартів» дозволяє перейти до 2 класів стандартів «Введення речовин і полів при обмеженнях» і «Використання додаткових стандартів», а також дістати прямий доступ до всієї бази даних стандартів «Перегляд всіх стандартів». Останню дію можна виконати, натиснувши клавішу <F5>.

Режим «Завдання» дозволяє здійснити доступ до редагування формулювання поточного завдання «Поточне завдання», а також до редагування вепольної моделі «Веполь».

Режим «Записати ідеї» дозволяє здійснити доступ до записника. Режим «записник» активізується також клавішею <F8>.

Режим «Інформація» дає коротку інформацію про систему ИМ-С, основи вепольного аналізу, функціональні клавіші і про розробників ИМ-С.

9 Для друкування протоколу роботи з ИМ-С слід звернутися до системного адміністратора комп'ютерного класу або викладача.

### **Зміст звіту**

- 1 Найменування і мета роботи.
- 2 Постановка завдання.
- 3 Протокол роботи з ИМ-С.
- 4 Висновки і пропозиції щодо завдання.

### **Контрольні питання**

- 1 Як відбувається побудова вепольної моделі ТС?
- 2 Як виконується прогноз подальшого розвитку ТС?

### **Практична робота 4**

**Застосування методів кореляційного аналізу для дослідження технологічного процесу в умовах параметрів, що випадково змінюються**

**Мета роботи:** придбання навичок статистичної обробки експериментальних даних із застосуванням методів кореляційного аналізу.

### **Теоретичні відомості**

При настроюванні токарного верстата для автоматичного одержання розмірів із заданою точністю, зокрема при підрізанні торця заготовки або проточці канавок, установка різального інструмента на розмір виконується від установочних елементів, які називаються базами.

Неповне сполучення опорних точок заготовок з базами, зміна положення баз під дією сил закріплення деталі, погрішності розмірів заготовки

й інших факторів, для яких характерні випадкові зміни параметрів щодо сталого середнього значення, викликають погрішності установки, що випадково змінюються, і, отже, погрішності обробки деталі.

У даній роботі експериментальна частина виконується на токарному верстаті. Схема виміру погрішності установки деталі в патроні токарного верстата наведена на рисунку 2.1.

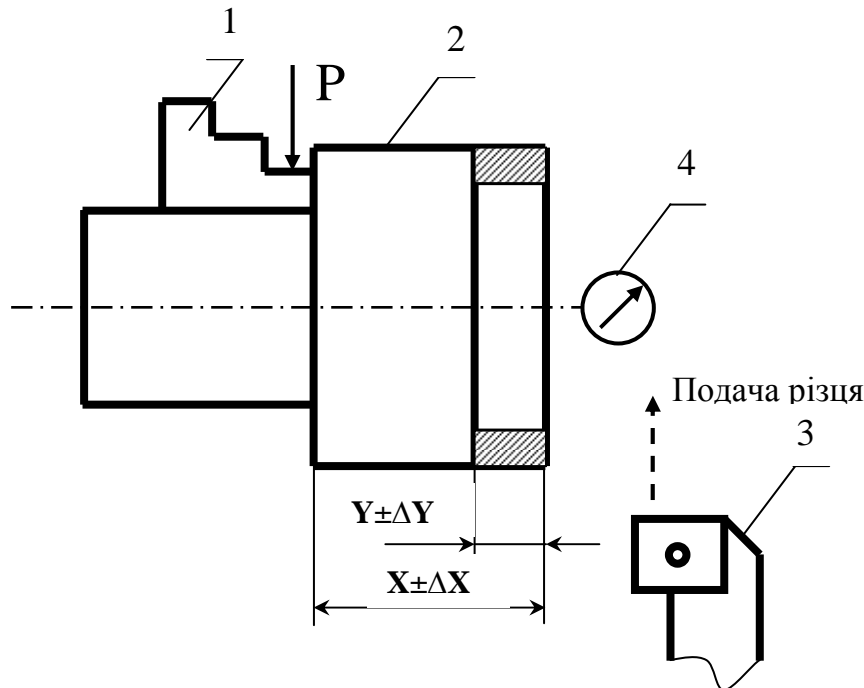


Рисунок 2.1 – Схема виміру погрішності установки деталі в патроні токарного верстата

У патроні 1 верстата з зусиллям P закріплюється деталь 2, у якій різцем 3 необхідно виконати виточку в розмір Y так, щоб відхилення  $\Delta y$ , вимірюване індикатором 4, було мінімальним для всієї партії деталей.

Серед факторів, що впливають на погрішність установки  $\Delta y$ , передбачаються: погрішність  $\Delta x$  розміру X, а також зусилля закріплення P, нестабільність якого призводить до погрішності положення кулачків і зсуву деталі при закріпленні.

### Порядок виконання роботи

1 Установити одну з деталей у патрон, закріпити її за допомогою динамометричного ключа, щільно притиснувши базовий торець деталі до кулачків патрона (див. рис. 2.1).

2 Закріпити в різцетримачі державку з індикатором, підвести наконечник індикатора до торця деталі з натягом 1...2 мм. Поздовжній супорт у цьому положенні закріпити, стрілку індикатора установити на 0.

3 Відвести індикатор від заготовки переміщенням поперечного супорта. Відкрити і зняти деталь. Динамометричний ключ для відкріплення деталі **не застосовувати!**

4 Установити і закріпити в патроні деталь № 1. Зробити вимір індикатором погрішності установки деталі шляхом переміщення поперечного супорта.

Записати значення  $\Delta x$ , рівне різниці розміру  $X$  установлюваної деталі в порівнянні з еталонною, показання індикатора  $\Delta y$  і зусилля закріплення  $P$  в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вимірів

Номер деталі	$X$ , мм	$\Delta x$ , мм	$P$ , кгс	$\Delta y$ , мм
1				
2				
⋮				
30				

5 Повторити пп. 3, 4 для всіх деталей. Зусилля закріплення  $P$  змінювати у випадковій послідовності в діапазоні 50...200 Н.

### Обробка результатів експерименту

Точність і надійність статистичних висновків багато в чому залежить від виду розподілу випадкових величин. Це обумовлено тим, що статистичні висновки будуються на базі перевірки статистичних гіпотез, що приймаються або відкидаються за допомогою статистичних критеріїв. Розподіли статистичних критеріїв близькі за своїми параметрами до нормального розподілу. Тому для оцінки ступеня надійності статистичних висновків необхідно установити, чи є експериментальний розподіл випадкової величини нормальним. Після цього досліджується кореляційний зв'язок між випадковими величинами. Оцінка відповідності експериментального розподілу нормальному містить у собі перевірку випадковості вибірки, визначення параметрів розподілу експериментальних значень, виключення помилок експерименту і розрахунок критерію Пірсона  $\chi^2$  (хі - квадрат).

### Перевірка випадковості вибірових значень

При перевірці випадковості вибірки визначаються різниці  $a_i$  між двома послідовними спостереженнями  $\Delta y_i$ .

У нашому випадку виконується перевірка для  $\Delta y_i$ , тобто

$$a_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1;$$

$$a_2 = \Delta y_3 - \Delta y_2;$$

.....

$$a_{n-1} = \Delta y_n - \Delta y_{n-1},$$

де  $n$  – об'єм вибірових значень, тобто величина вибірки.

Потім визначається величина  $\tau$ :

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_1^{n-1} a_i^2}{\sum_1^n (\Delta y_i - \Delta \bar{y})^2}. \quad (2.1)$$

Величина  $\tau$  порівнюється з критичним значенням  $\tau_{кр}$ :

$$\tau_{кр} = 1 - \frac{t_{кр}}{\sqrt{n+1}}, \quad (2.2)$$

де  $t_{кр}$  – критерій Стюдента, що визначається за додатком Г в залежності від рівня значущості  $\alpha$  (імовірність помилки) і числа степенів вільності,  $K$  – кількості конкретних вибірових значень, функціонально не зв'язаних між собою. Звичайно  $\alpha = 0,01 \dots 0,1$  (переважні менші значення),  $K = n - 1$ .

Середнє значення випадкової величини  $\Delta y_i$ :

$$\Delta \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_1^n \Delta y_i.$$

У випадку  $\tau < \tau_{кр}$  вибірові значення  $\Delta y_i$  визнаються випадковими величинами.

### Виключення помилок експерименту

Визначаються дисперсія  $S^2$  і середнє квадратичне відхилення  $S$ :

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (\Delta y_i - \Delta \bar{y})^2, \quad (2.3)$$

$$S = \sqrt{S^2}. \quad (2.4)$$

Визначається величина  $t$ , що дозволяє виявити помилки експерименту:

$$t = \frac{\Delta \bar{y} - \Delta y^*}{S}, \quad (2.5)$$

де  $\Delta y^*$  – значення випадкової величини  $\Delta y_i$ , що виділяється (найбільше і найменше з вибірки).

При  $t > t_{кр}$ , де  $t_{кр}$  – критерій Стюдента (додаток А),  $\Delta y_i$  можна вважати помилкою експерименту, і виключити з процесу подальшої обробки експериментальних даних.

Визначення відповідності експериментального розподілу нормальному за критерієм Пірсона  $\chi^2$ .



Для обчислення  $\chi^2$  необхідно  $n$  вибірових значень розбити на  $h$  інтервалів за параметром  $\Delta y_i$ . Кількість інтервалів визначається за формулою:

$$[h] = 3 \cdot \lg \cdot n, \quad (2.6)$$

де  $[h]$  – ціле число.

Ширина інтервалу :

$$d = \frac{W}{[h]}, \quad (2.7)$$

де  $W = \Delta y_{i_{\text{найб}}} - \Delta y_{i_{\text{найм}}}$  – розмах вибірових значень

Для проведення подальших досліджень використовується таблиця 2.2, що заповнюється послідовно ліворуч праворуч від графі 2 до графі 14.

$$\chi = \sum_1^h Q_j.$$

Для обчислення значення  $\chi$ , піднесеного надалі в квадрат, за таблицею (додаток А) визначається довірча імовірність  $P[\chi^2]$  для числа степенів вільності  $K = [f] - 1$ .

Якщо табличне значення  $P[\chi^2] > 0,05$ , то гіпотеза про нормальний розподіл випадкової величини приймається.

### **Визначення коефіцієнта кореляції $r$ між параметрами $P$ і $\Delta y_i$ і оцінка його значущості**

Коефіцієнт кореляції  $r$  визначається за формулою:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}, \quad (2.8)$$

де  $x_i$ ,  $y_i$  – відповідно зусилля закріплення деталі  $P$  і величина погрішності закріплення  $\Delta y_i$ .

При  $r = 0,8 - 0,85$  тісноту зв'язку між величинами  $P$  і  $\Delta y_i$  можна вважати гарною, при  $r \geq 0,5$  - задовільною.

При  $r = \pm 1$  величини  $P$  і  $\Delta y_i$  зв'язані функціональним зв'язком.

При гарному ступені наближення розподілу досліджуваних величин до нормального розподілу і досить малих значеннях  $r$  гіпотеза про відсутність кореляційного зв'язку може бути перевірена за  $t$ -критерієм Стьюдента:

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (2.9)$$

Визначення коефіцієнтів  $b_0$  і  $b_1$  кореляційної залежності:

$$\Delta y = b_0 + b_1 P. \quad (2.10)$$

Коефіцієнти  $b_0$  і  $b_1$  визначаються за формулами:

$$b_0 = \frac{\sum y_i}{n} - b_1 \frac{\sum x_i}{n}; \quad (2.11)$$

$$b_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad (2.12)$$

де  $x_i, y_i$  – відповідно зусилля закріплення деталі  $P$  і величина погрішності закріплення  $\Delta y$ .

Далі будується графік для рівняння  $\Delta y = b_0 + b_1 P$ .

### Зміст звіту

- 1 Назва і мета роботи
- 2 Схема виміру погрішності установки деталі на верстаті (рис. 2.1).
- 3 Таблиця результатів вимірів (табл. 2.1).
- 4 Результати математичної обробки (табл. 2.2).
- 5 Графік залежності  $\Delta y = f(P)$ .
- 6 Висновки за результатами досліджень.

### Контрольні питання

- 1 Назвіть і поясніть зміст параметрів розподілу випадкових величин  $S^2$  і  $S$ .
- 2 Що таке рівень значущості, і в яких межах він задається?
- 3 Чому необхідно визначити вид розподілу випадкової величини?
- 4 Як визначається й оцінюється коефіцієнт кореляції  $r$ ?
- 5 Як визначаються коефіцієнти  $b_0$  і  $b_1$  кореляційного відношення  $\Delta y = b_0 + b_1 P$ ?

Таблиця 2.2 – Обробка результатів експерименту

Номер $j$ -го інтервалу	Межі $j$ -го інтервалу		Середина інтервалу $\Delta y_j = \frac{\Delta y_{jн} + \Delta y_{jk}}{2}$	Кіл-сть експери- ментальних значень $\Delta y_i$ у $j$ -му інтервалі $m_j$	$\Delta y_j m_j$	Середнє значення $\Delta y_{cp}$
	Початок $\Delta y_{jн}$	Кінець $\Delta y_{jk}$				
$1$	$2$	$3$	$4$	$5$	$6$	$7$
1						$\Delta y_{cp} = \frac{1}{n} \sum_1^h m_j \Delta y_j$
2						
...						
$h-1$						
$h$						

Продовження таблиці. 2.2

$\Delta y_{cp} - \Delta y_j$	$m_j(\Delta y_{cp} - \Delta y_j)^2$	Середнє квадратичне відхилення $S$	$t_j = \left  \frac{\Delta y_{cp} - \Delta y_j}{S} \right $	Теоретична щільність $Zt_j$ (додаток Б)	Теоретична частота $m_{jt} = \frac{nd}{S} Zt_j$	$Q_j = \frac{(m_j - m_{jt})^2}{m_{jt}}$
8	9	10	11	12	13	14
		$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^h m_j (\Delta y_{cp} - \Delta y_j)^2}$				

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

### Застосування плану першого порядку при проведенні багатofакторного дослідження

**Мета роботи:** придбання навичок організації і проведенні експерименту, а також обробки його результатів методами планування експерименту для побудови математичної моделі об'єкта досліджень у виді степеневі функції.

#### Теоретичні відомості

Час на установку деталі на верстаті є елементом норми часу на операцію механічної обробки. Він залежить від цілого ряду факторів і як правило встановлюється досвідченим шляхом для кожного конкретного випадку.

При автоматизації проектування технологічних процесів виникає необхідність опису залежності часу на установку деталі від технологічних факторів. Кількість технологічних факторів може бути дуже великою, однак адекватну математичну модель можна побудувати на базі основних факторів, що найбільш сильно впливають на час установки деталі. Стосовно до фрезерних і свердлильних верстатів, де деталі в основному встановлюються в лещатах, основними факторами, що впливають на час установки, будуть маса деталі і необхідна точність її установки на верстаті. Степінь впливу цих факторів на час установки виявляється по-різному при менших і великих значеннях маси і необхідній точності. Так, наприклад, у діапазоні менших значень погрішності установки її вплив на час установки істотно підсилюється і здобуває нелінійний характер. Аналогічна картина спостерігається при збільшенні маси деталі, установлюваної на верстаті. У зв'язку з цим шукана залежність повинна бути подана у виді степеневі функції:

$$t = CM^\alpha E^\beta, \quad (2.13)$$

де  $t$  – час установки, с;

$C$  – коефіцієнт;

$M$  – маса деталі, кг;

$E$  – погрішність установки, мм;

$\alpha, \beta$  – показники степеня.

Логарифмування залежності (2.13) дозволяє подати її у виді:

$$\lg t = \lg C + \alpha \lg M + \beta \lg E. \quad (2.14)$$

Зробивши заміни змінних:

$$\lg t = y; \lg C = b_0; \lg \alpha = b_1; \beta = b_2; \lg M = x_1; \lg E = x_2,$$

одержимо:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2. \quad (2.15)$$

Залежність (2.15) є поліномом першого степеня, коефіцієнти якого  $b_0$ ,  $b_1$ , і  $b_2$  можуть бути знайдені шляхом реалізації й обробки результатів експерименту за планом першого порядку для двох факторів (ПФЕ –  $2^2$ ).

### Устаткування, заготовка, інструмент

Для виконання роботи використовуються столи фрезерних і свердильних верстатів, а також слюсарно-монтажні плити з установленими на них лещатами. Робочі місця комплектуються деталями призматичного типу різної маси (1...10 кг), індикаторами годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм, стійками для кріплення індикаторів і секундомірами. Схема контролю погрішності установки деталі в лещатах подана на рисунку 2.2.

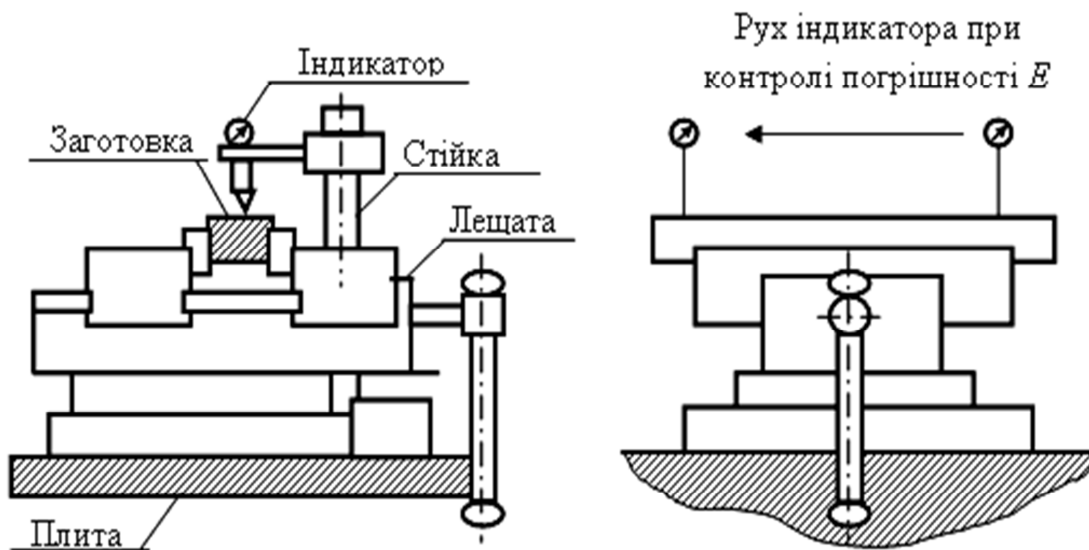


Рисунок 2.2 – Схема контролю похибки установки заготовки

### Порядок виконання роботи

#### Складання матриці плану

План першого порядку передбачає проведення дослідів на двох рівнях факторів  $M$  і  $E$ . Відповідно кількість рівнів  $N = 2$ . Верхній рівень у кодованій шкалі змінних  $x_1$  (маса) і  $x_2$  (погрішність установки) позначається « +1 », чи просто « + », нижній рівень « -1 », чи « - ». При цьому верхньому рівню, як правило, відповідає максимальне значення фактора, а нижньому – мінімальне (діапазон зміни факторів  $M$  і  $E$  задає викладач).

Для перевірки адекватності моделі доцільне проведення експерименту в центрі плану ( $x = 0$ ,  $x_2 = 0$ ).

У загальному випадку зв'язок кодованих і натуральних значень факторів здійснюється за допомогою залежностей:

$$x_1 = \frac{2(\lg M - \lg M_{\max})}{\lg M_{\max} - \lg M_{\min}} + 1; \quad (2.16)$$

$$x_2 = \frac{2(\lg E - \lg E_{\max})}{\lg E_{\max} - \lg E_{\min}} + 1, \quad (2.17)$$

де  $\lg M$  і  $\lg E$  – логарифми натуральних значень факторів, що відповідають кодованим значенням  $x$  і  $x_2$ .

Загальна кількість точок плану  $w$  (з урахуванням центра) дорівнює  $N^2 + 1 = 2^2 + 1 = 5$ .

З метою підвищення точності моделі в кожній точці виконується  $n$  повторних дослідів. У даній роботі рекомендується прийняти  $n = 5$ . Таким чином, загальна кількість дослідів  $v$  розраховується за формулою:

$$v = n \cdot (N^2 + 1) = 5 \times 5 = 25.$$

Для систематизації експериментальних даних складається робоча матриця (табл. 2.3). Умови проведення дослідів у 1-й...4-й точках плану повинні охоплювати перебір усіх можливих рівнів факторів  $+1$  і  $-1$ , у п'ятій точці (центр плану)  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ .

Послідовність проведення дослідів з 1 по 25 рандомізується за допомогою таблиці випадкових чисел (додаток А) і записується в графу 6 табл. 2.3.

Експеримент реалізується в порядку номерів дослідів графи 6 табл. 2.3. Відповідно до умов дослідів вибираються деталі необхідної маси, включається секундомір і виконується установка деталі в лещата. Точність установки контролюється за допомогою індикатора, остаточне закріплення деталі і зупинка секундоміра здійснюється тільки тоді, коли точність установки не перевищує зазначеної в умовах дослідів погрішності. Час установлювання записується в графу 7 табл. 2.3.

Обробка результатів експериментів виконується в наступній послідовності:

1. Визначаємо  $\lg t_{shfm}$ .
2. Обчислюємо середні значення  $\lg t_{shtcp}$ :

$$\lg t_{shtcp} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n \lg t_{shfm}.$$

3. Обчислюємо дисперсії  $S_{shf}^2$  відхилень  $\lg t_{shfm}$  від  $\lg t_{shtcp}$ :

$$S_{shf}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{m=1}^n (\lg t_{shfm} - \lg t_{shtcp})^2.$$

4. Оцінюємо однорідність дисперсій за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{S_{shf \max}^2}{\sum_{f=1}^w S_{shf}^2}.$$

Таблиця 2.3 – Обробка експериментальних даних

Точка плану (f)	$x_1 (M)$		$x_2 (E)$		Номер дослідів	$t_{shfm}$	$lg t_{shfm}$	$lg t_{shfcpf}$	$S^2_{shf}$	$lg^* t_{shf}$	$\Delta y^2_{shf}$
	код	кг	код	мм							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
2											
3											
4											
5											

Якщо  $G = G_{kp}$ , обумовленого за таблицею (додаток А) для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і числа степенів вільності  $N^2$ , то дисперсії можна вважати однорідними.

Це дозволяє обчислити дисперсію відтворюваності дослідів шляхом усереднення дисперсій:

$$S^2_{\{y\}} = \frac{1}{w} \sum_{f=1}^w S^2_{shf} .$$

При  $G > G_{kp}$  дисперсії визнаються неоднорідними. У цьому випадку необхідно зробити додаткові дослідів в кожній точці плану, а також перевірити наявність помилок експерименту, після чого знову обчислити  $G$  – критерій.



5. Визначаємо коефіцієнти моделі. Коефіцієнти  $b_0, b_1, b_2$  обчислюються за формулою

$$b_i = \frac{1}{w} \sum_{f=1}^w x_i \lg t_{shcpf} .$$

Примітка:

1.  $i = 0, 1, 2$ .

2.  $x_0 = +1$  у всіх точках плану.

У зв'язку з цим:

$$b_0 = \frac{1}{w} \sum_{f=1}^w \lg t_{shcpf}$$

6. Оцінюємо значущість коефіцієнтів.

Значущість коефіцієнтів, тобто їхня відмінність від нуля визначається порівнянням коефіцієнта  $b_i$  з його довірчим інтервалом  $\Delta b_i$ .

Коефіцієнт статистично значущий у випадку  $b_i > \Delta b_i$ . У протилежному випадку  $b_i = 0$ .

Довірчий інтервал

$$\Delta b_i = \pm t S_{\{b_i\}} ,$$

де  $t$  – критерій Стьюдента (див. додаток А);

$S_{\{b_i\}}$  – середньоквадратичне відхилення коефіцієнта  $b_i$

$$S_{\{b_i\}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{v}} .$$

Значення  $t$  – критерію визначається для числа степенів вільності

$K = v - 1 = 24$  при довірчій імовірності  $P = 0,95$  ( $t = 2,06$ ).

7. Оцінюємо адекватність моделі.

Розрахункові значення  $\lg^* t_{shf}$  визначаються з урахуванням значущості коефіцієнтів за моделлю:

$$\lg^* t_{shf} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 , \quad (2.18)$$

де  $x_1$  і  $x_2$  – кодовані значення змінних (+1, 0, -1);

$b_0, b_1, b_2$  – коефіцієнти моделі, обчислені відповідно до пункту 5.

Розрахуємо квадрат помилки

$$\Delta y_{shf}^2 = (\lg t_{shcpf} - \lg^* t_{shf})^2 .$$

Дисперсія адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{f=1}^w n \Delta y_{shf}^2}{N - \lambda},$$

де  $\lambda$  – кількість коефіцієнтів моделі,  $\lambda = 3$ .

Як критерій адекватності використовується  $F$  – критерій Фішера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{y\}}^2}.$$

Якщо  $F < F_{табл}$  (додаток А), обумовленого для числа степенів вільності дисперсії адекватності  $f_{ad} = 2$  і числа степенів вільності дисперсії відтворюваності  $f_{vosp} = 4$  при рівні значущості  $\alpha = 0,05$  ( $F_{табл} = 6,94$ ), то отримана модель може бути визнана адекватною з довірчою імовірністю  $P = 0,95$ .

При  $F > F_{табл}$  модель непридатна для практичного використання. У цьому випадку необхідно збільшити кількість повторних дослідів або застосувати планування другого порядку.

8. Перетворення кодованих змінних на натуральні.

Для одержання залежності виду (2.13), з рівняння (2.18) необхідно зробити такі заміни:

$$\alpha = b_1; \beta = b_2; C = 10^{b_0}.$$

### Зміст звіту

1. Титульний аркуш.
2. Схема виміру погрішності установки заготовки.
3. Робоча матриця плану.
4. Математична обробка результатів.
5. Висновки за результатами досліджень (оцінка однорідності дисперсії дослідів, оцінка адекватності моделі, пропозиції щодо удосконалення моделі).

### Контрольні питання

1. Яку мету переслідує проведене дослідження?
2. Чому необхідне перетворення змінних з натуральних на кодовані?
3. З якою метою виконується дублювання дослідів?
4. З якою метою проводиться рандомізація дослідів?
5. Як визначити значущість коефіцієнтів та що під цим розуміється?
6. Що таке адекватність моделі і як вона оцінюється?

## КОРОТКИЙ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

**Абстрагування** – це уявне відвернення від неістотних властивостей, зв'язків, відносин предметів і зазначення декількох сторін, що цікавлять дослідника.

**Аксиоматичний метод** – метод побудови наукової теорії, при якій деякі твердження приймаються без доказів, а вся решта знань виводиться з них за певними логічними правилами.

**Алгоритм рішення винахідницьких задач (АРВЗ)** – це комплекс послідовно виконуваних дій (кроків, етапів), направлених на рішення винахідницької задачі. Автор Г. С. Альтшуллер.

**Аналіз** – метод пізнання, який дозволяє розчленовувати предмети дослідження на складові частини (природні елементи об'єкту або його властивості і відношення).

**Аспірантура** – основна форма підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів при вузах і науково-дослідних інститутах.

**Вимірювання** – це визначення чисельного значення деякої величини за допомогою одиниці вимірювання. Вимірювання припускає наявність наступних основних елементів: об'єкта вимірювання, еталону, вимірювальних приладів, методу вимірювання.

**Відкриття** – це встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, які вносять істотні зміни в рівень пізнання.

**Гіпотеза** – форма осмислення фактичного матеріалу, форма переходу від фактів до законів.

**Дедукція** – висновок, в якому висновок про деякий елемент множини робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини.

**Дисертація** – це кваліфікаційна робота, що вміщає сукупність наукових положень, що висуваються автором для публічного захисту, і свідчить про його особистий внесок у розвиток науки.

**Докторантура** – основна форма підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів при вузах і науково-дослідних інститутах.

**Дробовий факторний експеримент** – експеримент, в якому для знаходження математичного опису процесу використовується певна частина повного факторного плану ( $1/2$ ,  $1/4$  і т.д.).

**Експеримент** – це такий метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно і цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних умов або використання природних умов, необхідних для виявлення відповідних властивостей.

**Евристики** – наука про методи творчості.

**Евристична програма** – це розпорядження у вигляді ряду послідовних вказівок для розробника, завдяки яким він раціональним шляхом одержує необхідну і достатню інформацію і доцільно її переробляє.

**Ідеалізація** – це уявне конструювання об'єктів, неіснуючих насправді або практично нездійснених (наприклад, абсолютно тверде тіло, абсолютно чорне тіло, лінія, площа).

**Індукція** – висновок від приватного до загального, коли на підставі знання про частину предметів класу робиться висновок про клас в цілому.

**Метод контрольних питань** – один з методів психологічної активізації творчого мислення.

**Моделі** – це такі аналоги, схожість яких з оригіналом істотна, а відмінність – неістотна.

**Моделювання** – метод, що ґрунтується на використанні моделі як засіб дослідження явищ і процесів природи. Під моделями розуміються системи, що заміщають об'єкт пізнання і є джерелом інформації про нього.

**Мозковий штурм** – евристичний метод творчості

**Монографія** – це наукове видання, як правило, у вигляді книги, яке включає всебічне дослідження однієї проблеми, теми. Авторами може бути один або декілька учених, що дотримуються однієї точки зору.

**Морфологічний аналіз** – евристичний метод інженерної творчості

**Морфологічний ящик** – таблиця характерних для технічної системи структурних або функціональних морфологічних ознак з їх альтернативами варіантами.

**Наукова стаття** – це невеликий науковий твір для збірки, журналу або газети. Зміст статті умовно поділяється на ввідну частину, основний зміст, що включає теоретичні і експериментальні дослідження, обговорення результатів і висновки.

**Ортогональність** – властивість матриці планування експерименту (сума почленних добутків будь-яких двох вектор-стовпців матриці дорівнює нулю).

**Оцінка адекватності теоретичних рішень** – зіставлення одержаної або запропонованої теоретичної функції  $y=f(x)$  з результатами вимірювань. У перевірці адекватності, тобто відповідності теоретичної кривої експериментальним даним, застосовують різні критерії згоди.

**Планування експерименту** – це процедура вибору кількості та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю.

**Повний факторний експеримент (ПФЕ)** – експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів.

**Порівняння** – це процес схожості або відмінності у предметів і явищ дійсності, а також знаходження загального, що властиво двом або декільком об'єктам.

**Проблема** – це сукупність складних теоретичних і практичних завдань, рішення яких назріли в суспільстві.

**Рандомізація** – прийом, що виконується при проведенні експерименту для виключення систематичної помилки (рівень фактора міняється випадковим чином).

**Раціоналізаторською пропозицією** – технічне рішення, нове і корисне для підприємства, організації, в якій воно подане, і яке передбачає зміну конструкції виробу, технології виробництва, техніки або зміни складу речовин.

**Регресійний аналіз** – дослідження закономірностей зв'язку між явищами (процесами), які залежать від багатьох, іноді невідомих, факторів.

**Речовина** – сукупність дискретних (переривчастих) утворень, що володіють масою спокою. Це атоми, молекули і те, що з них побудовано. Речовина може знаходитися в твердому, рідкому або газоподібному стані, а також в стані плазми.

**Ротатбельність** – властивість матриці планування експерименту (точки в матриці планування підбираються так, щоб точність прогнозу значень параметра оптимізації була однаковою на рівних відстанях від центру експерименту і не залежала від напрямку).

**Синектіка** – метод психологічної активізації творчості, є розвитком і удосконаленням мозкового штурму.

**Синтез** – метод пізнання, який дозволяє здійснювати з'єднання окремих частин або сторін предмету в єдине ціле.

**Спостереження** – це систематичне цілеспрямоване сприйняття об'єкта.

**Стажування** – форма підвищення інженерної або наукової кваліфікації фахівців при вузах або науково-дослідних інститутах.

**Теорія** – система знань, сукупність явищ деякої галузі дійсності, що описується і пояснюється, і що зводить відкриті в цій галузі закони до єдиного об'єднуючого початку.

**Технічна суперечність** – суперечність між показниками якості технічної системи

**Фізичні поля** – це системи з нескінченною кількістю степенів вільності, що характеризуються безперервністю і що мають нульову масу спокою.

**Формалізація** – метод вивчення різноманітних об'єктів шляхом відображення їх структури в знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад в мові математики.

**Формула винаходу** – це короткий зміст суті технічного рішення як єдиної сукупності ознак, що характеризують винахід, повно і досить для його здійснення. Формула винаходу складається з назви винаходу, що обмежує частини і що відрізняє частини.

**Функціонально-вартісної аналіз (ФСА)** – є методом раціоналізації, удосконалення конструкцій і процесів з метою зниження їх вартості і витрат, переважно без зміни основних принципів, які лежать в основі технічного об'єкта.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Чус, А. В.** Основы технического творчества / А. В. Чус, В. Н. Данченко. – К., Донецк : Вища школа, 1983. – 184 с.
2. **Альтшуллер, Г. С.** Творчество как точная наука / Альтшуллер Г. С. – М. : Сов. радио, 1979. – 184 с.
3. **Альтшуллер, Г. С.** Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи / Г. С. Альтшуллер, А. Б. Селюцкий. – Петрозаводск : Карелия, 1980. – 221 с.
4. **Душинский, В. В.** Оптимизация технологических процессов в машиностроении / Душинский В. В., Пуховский Е. С., Радченко С. Г. – К. : Техника, 1997. – 176 с.
5. Поиск новых идей: от озарения к технологии / Г. С. Альтшуллер и др. – Кишинев : Катря Молдавеняскэ, 1989. – 381 с.
6. **Буш, Г. Я.** Проблемные задачи и регулятивы их решений / Буш Г. Я. – Москва : ВНИИПИ, 1989. – 90 с.
7. **Половинкин, А. И.** Основы инженерного творчества / Половинкин А. И. – Москва : Машиностроение, 1988. – 388 с.
8. **Пальчевський, Б. О.** Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) : навч. посіб. / Пальчевський Б. О. – Львів : Світ, 2001. – 232 с.
9. Основы научных исследований / под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высшая школа, 1989. – 306 с.
10. **Хубка, В.** Теория технических систем / Хубка В. – Москва : Мир, 1987. – 208 с.
11. Основы научных исследований / под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М. : Высшая школа, 1989. – 400 с.
12. Правила складання і подання заявки на винахід та заявки на корисну модель, що затверджені наказом Міністерства освіти і науки України від 22 січня 2001 р. № 22.
13. **Кузнєцов, Ю.М.** Теорія технічних систем : Навч. посіб. / Кузнєцов Ю. М., Луців І. В., Дубиняк С. А. ; під ред. Ю. М. Кузнєцова. – К. : Тернопіль, 1998. – 310 с.
14. **Кузнєцов, Ю. М.** Теорія розв'язання творчих задач / Кузнєцов Ю. М. – К. : ТОВ «ЗМОК», ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294 с.
15. **Половинкин, А.И.** Основы инженерного творчества : учебное пособие. / А. И. Половинкин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2007. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-0742-2
16. **Персов, Б. З.** Расчет и проектирование экспериментальных установок / Персов Б. З. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. – 348 с. – ISBN 5-93972-571-6.

**Додаток А**  
**Довідкові таблиці**

*Таблиця А.1 – Значення G-критерію Кохрена при  $\alpha = 0,05$*

Кількість дисперсій	Кількість степенів вільності $\chi = N - 1$ ( $N$ – об'єм вибірки)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,998	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,814	0,801
3	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633	0,617
4	0,768	0,684	0,628	0,590	0,560	0,537	0,518	0,502
5	0,684	0,598	0,544	0,507	0,476	0,456	0,439	0,424
6	0,616	0,532	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382	0,368
7	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338	0,326
8	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304	0,293
9	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277	0,266
10	0,445	0,373	0,331	0,302	0,282	0,266	0,254	0,244
12	0,392	0,326	0,288	0,262	0,244	0,230	0,219	0,210
15	0,335	0,276	0,242	0,220	0,203	0,191	0,182	0,174
20	0,271	0,221	0,192	0,173	0,160	0,150	0,142	0,136

*Таблиця А.2 – Значення імовірності  $P[\chi^2]$*

$\chi^2$	Кількість степенів вільності $K$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,317	0,605	0,801	0,910	0,963	0,986	0,995	0,998
2	0,157	0,368	0,572	0,736	0,849	0,920	0,960	0,981
3	0,083	0,223	0,392	0,558	0,700	0,809	0,885	0,934
4	0,045	0,135	0,262	0,406	0,550	0,677	0,780	0,857
5	0,025	0,082	0,172	0,287	0,416	0,544	0,660	0,758
6	0,014	0,050	0,112	0,199	0,306	0,423	0,540	0,647
7	0,008	0,030	0,072	0,136	0,221	0,321	0,429	0,537
8	0,004	0,018	0,046	0,092	0,156	0,238	0,333	0,434
9	0,003	0,011	0,029	0,061	0,109	0,174	0,253	0,342
10	0,002	0,007	0,019	0,040	0,075	0,125	0,189	0,265
11	0,001	0,004	0,012	0,027	0,051	0,088	0,139	0,202
12		0,003	0,007	0,017	0,035	0,062	0,101	0,151
13		0,002	0,005	0,011	0,023	0,043	0,072	0,112
14		0,001	0,003	0,007	0,016	0,030	0,051	0,082
15			0,002	0,005	0,010	0,020	0,036	0,059
16			0,001	0,003	0,007	0,014	0,025	0,042
17			0,001	0,002	0,004	0,009	0,017	0,030
18				0,001	0,003	0,006	0,012	0,021
19				0,001	0,002	0,004	0,008	0,015
20					0,001	0,003	0,006	0,010

Таблиця А.3 – Значення  $Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} l^{-\frac{t^2}{2}}$

<i>t</i>	Соті частки <i>t</i>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>0,0</b>	0,3989	0,3989	0,3986	0,3982	0,3977
<b>0,1</b>	0,3980	0,3961	0,3951	0,3939	0,3925
<b>0,2</b>	0,3910	0,3894	0,3867	0,3856	0,3836
<b>0,3</b>	0,3814	0,3790	0,3765	0,3739	0,3712
<b>0,4</b>	0,3683	0,3653	0,3621	0,3589	0,3555
<b>0,5</b>	0,3521	0,3485	0,3448	0,3410	0,3372
<b>0,6</b>	0,3332	0,3292	0,3251	0,3209	0,3166
<b>0,7</b>	0,3123	0,3079	0,3034	0,2989	0,2943
<b>0,8</b>	0,2897	0,2850	0,2803	0,2755	0,2709
<b>0,9</b>	0,2661	0,2623	0,2565	0,2526	0,2468
<b>1,0</b>	0,2420	0,2372	0,2323	0,2275	0,2227
<b>1,1</b>	0,2179	0,2131	0,2083	0,2036	0,1989
<b>1,2</b>	0,1942	0,1895	0,1849	0,1804	0,1758
<b>1,3</b>	0,1714	0,1669	0,1624	0,1582	0,1539
<b>1,4</b>	0,1497	0,1456	0,1415	0,1374	0,1334
<b>1,5</b>	0,1295	0,1257	0,1219	0,1182	0,1145
<b>1,6</b>	0,1109	0,1074	0,1040	0,1006	0,0973
<b>1,7</b>	0,0940	0,0909	0,0878	0,0848	0,0818
<b>1,8</b>	0,0790	0,0761	0,0734	0,0707	0,0681
<b>1,9</b>	0,0756	0,0632	0,0608	0,0584	0,0562
<b>2,0</b>	0,0540	0,0519	0,0498	0,0478	0,0459
<b>2,1</b>	0,0440	0,0422	0,0404	0,0387	0,0371
<b>2,2</b>	0,0355	0,0339	0,0325	0,0310	0,0297
<b>2,3</b>	0,0289	0,0270	0,0258	0,0246	0,0235
<b>2,4</b>	0,0224	0,0213	0,0203	0,0194	0,0184
<b>2,5</b>	0,0175	0,0167	0,0158	0,0151	0,0143
<b>2,6</b>	0,0136	0,0129	0,0122	0,0116	0,0110
<b>2,7</b>	0,0104	0,0099	0,0093	0,0088	0,0084
<b>2,8</b>	0,0070	0,0075	0,0071	0,0067	0,0063



Таблиця А.4 – Значення критерію Фішера  $F_{кр}$  ( $\alpha = 0,05$ ,  $\gamma = 0,95$ )

Кількість степенів віль- ності знамен- ника $f_{zn}=N(k-1)$	Кількість степенів вільності чисельника $f_v=N-g$								
	1	2	3	4	5	6	8	10	20
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	242,0	248,0
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,39	19,44
3	10,13	9,45	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,78	8,66
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,96	5,80
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,74	4,56
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,06	3,87
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,63	3,44
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,34	3,15
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,13	2,93
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,97	2,77
11	4,82	3,98	3,59	3,63	3,20	3,09	2,95	2,86	2,65
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,76	2,54
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,60	2,39
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,49	2,28
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,41	2,19
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,35	2,12
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,16	1,93
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,12	1,84
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	2,04	1,75
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,90	1,65

Таблиця А.5 – Критичні точки  $t$  – розподілу Стьюдента

Кількість степенів вільності К	Рівень залежності $\alpha$ (двостороння критична область)			
	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>1</b>	6,31	12,7	31,82	63,7
<b>2</b>	2,92	4,30	6,97	9,92
<b>3</b>	2,35	3,18	4,54	5,84
<b>4</b>	2,13	2,78	3,75	4,60
<b>5</b>	2,01	2,57	3,37	4,03
<b>6</b>	1,94	2,45	3,14	3,71
<b>7</b>	1,89	2,36	3,00	3,50
<b>8</b>	1,86	2,31	2,90	3,36
<b>9</b>	1,83	2,26	2,82	3,25
<b>10</b>	1,81	2,23	2,76	3,17
<b>11</b>	1,80	2,20	2,72	3,11
<b>12</b>	1,78	2,18	2,68	3,05
<b>13</b>	1,77	2,16	2,65	3,01
<b>14</b>	1,76	2,14	2,62	2,98
<b>15</b>	1,75	2,13	2,60	2,95
<b>16</b>	1,75	2,12	2,58	2,92
<b>17</b>	1,74	2,11	2,57	2,90
<b>18</b>	1,73	2,10	2,55	2,88
<b>19</b>	1,73	2,09	2,54	2,86
<b>20</b>	1,73	2,09	2,53	2,85
<b>21</b>	1,72	2,08	2,52	2,83
<b>22</b>	1,72	2,07	2,51	2,82
<b>23</b>	1,71	2,07	2,50	2,81
<b>24</b>	1,71	2,06	2,49	2,80
<b>25</b>	1,71	2,06	2,49	2,79
<b>26</b>	1,71	2,06	2,48	2,78
<b>27</b>	1,71	2,05	2,47	2,77
<b>28</b>	1,70	2,05	2,46	2,76
<b>29</b>	1,70	2,05	2,46	2,76
<b>30</b>	1,70	2,04	2,46	2,76
<b>40</b>	1,68	2,02	2,42	2,70
<b>60</b>	1,67	2,00	2,39	2,66
<b>120</b>	1,66	1,98	2,36	2,62

Таблиця А.6 – Критичні точки розподілу  $\chi^2$

Кількість степенів вільності К	Рівень значущості $\alpha$			
	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>
<b>1</b>	6,6	3,8	0,0039	0,00016
<b>2</b>	9,2	6,0	0,103	0,020
<b>3</b>	11,3	7,8	0,352	0,115
<b>4</b>	13,3	9,5	0,711	0,297
<b>5</b>	15,1	11,1	1,15	0,554
<b>6</b>	16,8	12,6	1,64	0,872
<b>7</b>	18,5	14,1	2,17	1,24
<b>8</b>	20,1	15,5	2,73	1,65
<b>9</b>	21,7	16,9	3,33	2,09
<b>10</b>	23,2	18,3	3,94	2,56
<b>11</b>	24,7	19,7	4,57	3,05
<b>12</b>	26,2	21,0	5,23	3,57
<b>13</b>	27,7	22,4	5,89	4,11
<b>14</b>	29,1	23,7	6,57	4,66
<b>15</b>	30,6	25,0	7,26	5,23
<b>16</b>	32,0	26,3	7,96	5,81
<b>17</b>	33,4	27,6	8,67	6,41
<b>18</b>	34,8	28,9	9,39	7,01
<b>19</b>	36,2	30,1	10,1	7,63
<b>20</b>	37,6	31,4	10,9	8,26
<b>21</b>	38,9	32,7	11,6	8,90
<b>22</b>	40,3	33,9	12,3	9,54
<b>23</b>	41,6	35,2	13,1	10,2
<b>24</b>	43,0	36,4	13,8	10,9
<b>25</b>	44,3	37,7	14,6	11,5
<b>26</b>	45,6	38,9	15,4	12,2
<b>27</b>	47,0	40,1	16,2	12,9
<b>28</b>	48,3	41,3	16,9	13,6
<b>29</b>	49,6	42,6	17,7	14,3
<b>30</b>	50,9	43,8	18,5	15,0

Таблиця А.7 – Варіанти випадкових чисел від 1 до 25

№ 1					№ 2				
16	2	21	15	3	17	12	14	21	7
8	22	11	12	1	9	6	19	24	8
14	25	19	7	17	16	22	5	11	1
24	20	4	6	9	20	15	23	3	4
10	23	13	5	18	18	25	13	10	2
№ 3					№ 4				
20	14	21	3	11	5	4	21	10	13
5	25	8	19	18	15	20	23	7	3
4	24	7	17	2	12	24	9	14	1
16	13	12	10	23	17	19	25	6	16
1	15	9	22	6	18	22	2	8	11
№ 5					№ 6				
10	8	25	2	9	14	8	16	6	19
16	24	7	11	20	21	7	5	18	24
23	17	19	5	18	4	17	2	20	25
22	13	6	4	15	1	13	12	15	23
21	1	12	3	14	9	11	3	22	10
№ 7					№ 8				
6	9	4	1	25	12	10	22	4	5
2	15	18	16	21	16	1	23	7	19
8	17	13	24	3	8	11	2	3	25
14	20	12	22	5	14	6	18	13	21
19	23	7	10	11	15	9	20	24	17

## Додаток Б

### Евристичні прийоми та фізичні ефекти

#### *Прийоми:*

##### *Принцип дроблення*

- а) Розділити об'єкт на незалежні частини.
- б) Виконати об'єкт розбірним.
- в) Збільшити степінь дроблення об'єкта.

##### *Принцип винесення*

Відокремити від об'єкта частину (що "заважає" властивість), що "заважає", або, навпаки, виділити єдино потрібну частину (потрібна властивість).

##### *Принцип місцевої якості*

- а) Перейти від однієї структури об'єкта (або зовнішнього середовища, зовнішньої дії) до неоднорідної.
- б) Різні частини об'єкта повинні мати (виконувати) різні функції.
- в) Кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, найбільш сприятливих для її роботи.

##### *Принцип асиметрії*

Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної:

- а) Перейти від симетричної форми об'єкту до асиметричної.
- б) Якщо об'єкт асиметричний, збільшити степінь асиметрії.

##### *Принцип об'єднання*

- а) З'єднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти.
- б) Об'єднати в часі однорідні або суміжні операції.

##### *Принцип універсальності*

Об'єкт виконує декілька різних функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

##### *Принцип "матрьошки"*

- а) Один об'єкт розміщений усередині іншого об'єкта, який, у свою чергу, знаходиться всередині третього і т. д.;
- б) Один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

##### *Принцип анти ваги*

- а) Компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншими об'єктами, що володіють підйомною силою.
- б) Компенсувати вагу об'єкта взаємодією з середовищем (за рахунок аеро-, гідродинамічних та інших сил).

##### *Принцип попередньої напруги*

Наперед додати об'єкта напруги, протилежні неприпустимим або небажаним робочій напрузі.

### *Принцип попереднього виконання*

а) Наперед виконати необхідну зміну об'єкта (повністю або хоч би частково).

б) Наперед розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію з найбільш зручного місця і без витрат часу на доставку.

### *Принцип "наперед підкладеної подушки"*

Компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта наперед підготовленими аварійними засобами.

### *Принцип еквіпотенціальності*

Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.

### *Принцип "навпаки"*

а) Замість дії, що диктується умовами завдання, здійснити зворотну дію (наприклад, не охолоджувати об'єкт, а нагрівати).

б) Зробити рухому частину об'єкта (або зовнішнього середовища) нерухомою, а нерухому - рухомою.

в) Перевернути об'єкт "вверх ногами".

### *Принцип сфероїдальності*

а) Перейти від прямолінійних частин об'єкта до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у вигляді куба або паралелепіпеда, до кульових конструкцій.

б) Використовувати ролики, кульки, спіралі.

в) Перейти до обертального руху, використовувати відцентрову силу.

### *Принцип динамічності*

а) Характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) повинні мінятися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи.

б) Розділити об'єкт на частини, здатні переміщатися щодо один одного.

### *Принцип часткового або надмірного рішення*

Якщо важко одержати 100% необхідного ефекту, треба одержати "трохи менше" або "трохи більше". Завдання при цьому може істотно спроститися.

### *Принцип переходу до іншого виміру*

а) Труднощі, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єкта лінією, усуваються, якщо об'єкт набуває можливості переміщатися в двох вимірах (тобто на площині). Відповідно, завдання, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єктів в одній площині, усуваються при переході до простору трьох вимірів.

б) Багатоповерхове компонування об'єктів замість одноповерхового.

в) Нахилити об'єкт або покласти його "набік".

г) Використовувати зворотну сторону даної площі.

д) Використовувати оптичні потоки, падаючі на сусідню площу або на зворотну сторону наявної площі.

### *Використання механічних коливань*

- а) Привести об'єкт до коливального руху.
- б) Якщо такий рух вже здійснюється, збільшити його частоту (аж до ультразвукової).
- в) Використовувати резонансну частоту.
- г) Застосувати замість механічних вібраторів п'єзовібратори.
- д) Використовувати ультразвукові коливання в поєднанні з електромагнітними полями.

### *Принцип періодичної дії*

- а) Перейти від безперервної дії до періодичної (імпульсному).
- б) Якщо дія вже здійснюється періодично – змінити періодичність.
- в) Використовувати паузи між імпульсами для іншої дії.

### *Принцип безперервності корисної дії*

- а) Вести роботу безперервно (всі частини об'єкта повинні весь час працювати з повним навантаженням).
- б) Усунути холості та проміжні ходи.

### *Принцип проскакування*

Вести процес або окремі його етапи (наприклад, шкідливі або небезпечні) на великій швидкості.

### *Принцип "обернути шкода в користь"*

- а) Використовувати шкідливі фактори (зокрема, шкідлива дія середовища) для отримання позитивного ефекту.
- б) Усунути шкідливий фактор за рахунок складання з іншим шкідливим фактором.
- в) Підсилити шкідливий фактор до такого ступеня, щоб він перестав бути шкідливим.

### *Принцип зворотного зв'язку*

- а) Ввести зворотний зв'язок.
- б) Якщо зворотна частина є – змінити її.

### *Принцип "посередника"*

Використовувати проміжний об'єкт-переносник:

- а) Використовувати проміжний об'єкт, що переносить або передає дію.
- б) На якийсь час приєднати до об'єкта інший (об'єкт, що легко видаляється)

### *Принцип самообслуговування*

- а) Об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконуючи допоміжні та ремонтні операції.
- б) Використовувати відходи (енергії, речовини).

### *Принцип копіювання*

- а) Замість недоступного, складного, дорогого, незручного або крихкого об'єкта використовувати його спрощені та дешеві копії.

б) Замінити об'єкт або систему об'єктів їх оптичними копіями (зображеннями). Використовувати при цьому зміну масштабу (збільшити або зменшити копії).

в) Якщо використовуються видимі оптичні копії, перейти до копій інфрачервоних або ультрафіолетових.

#### *Дешева недовговічність замість дорогої довговічності*

Замінити дорогий об'єкт набором дешевих об'єктів, поступившись при цьому деякими якостями (наприклад, довговічністю).

#### *Заміна механічної схеми*

а) Замінити механічну систему оптичної, акустичної або "запахової".

б) Використовувати електричні, магнітні та електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом.

в) Перейти від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих – до змінних за часом, від неструктурних – до тих, що мають певну структуру.

г) Використовувати поля в поєднанні з феромагнітними частинками.

#### *Використання пневмо- і гідроконструкцій*

Замість твердих частин об'єкта використовувати газоподібні та рідкі: надувні та з гідравлічним наповненням, повітряну подушку, гідростатичні та гідрореактивні.

#### *Використання гнучких оболонок і тонких плівок*

а) Замість звичайних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і тонкі плівки.

б) Ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

#### *Застосування пористих матеріалів*

а) Виконати об'єкт пористим або використовувати додаткові пористі елементи (вставки, покриття і т. п.)

б) Якщо об'єкт вже виконаний пористим, заздалегідь заповнити пори якоюсь речовиною.

#### *Принцип зміни забарвлення*

а) Змінити забарвлення об'єкта або зовнішнього середовища.

б) Змінити степінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища.

в) Для спостереження за погано видимими об'єктами або процесами використовувати фарбувальні домішки.

г) Якщо такі домішки вже застосовуються, використовувати мічені атоми.

#### *Принцип однорідності*

Об'єкти, що взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути зроблені з того ж матеріалу (або близького йому за властивостями).



### *Принцип відкидання і регенерації частин*

а) Частина об'єкта, що виконала своє призначення або частина об'єкта, що стала непотрібною, повинна бути відкинута (розчинена, випарувана і т. д.) або видозмінена безпосередньо в ході роботи.

б) Частини об'єкта, що витрачаються, повинні бути відновлені безпосередньо під час роботи.

### *Зміна фізико-хімічних параметрів об'єкта*

а) Змінити агрегатний стан об'єкта.

б) Змінити концентрацію або консистенцію.

в) Змінити степінь гнучкості.

г) Змінити температуру.

### *Застосування фазових переходів*

Використовувати явища, що виникають при фазових переходах, наприклад зміна об'єму, виділення або поглинання тепла і т.д.

### *Застосування термічного розширення*

а) Використовувати термічне розширення (або стиснення) матеріалів.

б) Якщо термічне розширення вже використовується, застосувати декілька матеріалів з різними коефіцієнтами термічного розширення.

### *Застосування сильних окислювачів*

а) Замінити звичайне повітря збагаченим.

б) Замінити збагачене повітря киснем.

в) Впливати на повітря або кисень іонізуючими випромінюваннями.

г) Використовувати озонований кисень.

д) Замінити озонований (або іонізований) кисень озоном.

### *Застосування інертного середовища*

а) Замінити звичайне середовище інертним.

б) Вести процес у вакуумі.

### *Застосування композиційних матеріалів*

Перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

## **Фізичні ефекти:**

### *Механічні*

Сили інерції

Інерційна напруга

Відцентрові сили

Момент інерції

Гіроскопічний ефект

Гравітація

Тертя

Явище аномально низького тертя

### *Деформація*

Загальна характеристика

Зв'язок електропровідності з дефо-

рмацією

Фотопластичний ефект

Сплави з пам'яттю

Електропластичний ефект

### *Молекулярні явища*

Теплове розширення речовини	Ультразвуковий капілярний ефект
Сила теплового розширення	Електрокапілярний ефект
Отримання високого тиску	Капілярний напівпровідник
Точність теплового розширення	Сорбція
Фазові переходи	Капілярна конденсація
Агрегатний стан речовини	Ефект понадпластичності
Вплив електричного поля на адсорбцію	Радикально-рекомбінаційна люмінесценція
Зміна щільності та модуля пружності при фазових переходах	Вплив адсорбції на електропровідність напівпровідників
Поверхневі явища	Адсорбційна емісія
Капілярність	Дифузія
Поверхнева енергія	Осмоз
Змочування	Електроосмос
Капілярний тиск, випаровування і конденсація	Тепломасообмін
	Ефект капілярного підйому

### *Гідростатика гідроаеродинаміка*

Закон Архімеда	Закон Паскаля
Перебіг рідини і газу	Ламінарність і турбулентність
Закон Бернуллі	В'язкість
В'язкоелектричний ефект	Явище надтекучості
Понадтеплопровідність	Термомеханічний ефект
Перенесення по плівці	Стрибок ущільнення
Ефект Коанда	Ефект вирви
Ефект Магнуса	Дроселювання рідин і газів
Ефект Джоуля-Томсона	Гідравлічні удари
Електрогідравлічний удар	Світлогідравлічний удар
Кавітація	Гідродинамічна квітанція
Акустична квітанція	Сонолюмінесценція

### *Коливання і хвилі*

Механічні коливання	Вільні коливання
Вимушені коливання	Явище резонансу
Автоколивання	Акустика
Явище реверберації	Ультразвук
Пластична деформація і зміцнення	Ультразвуковий капілярний ефект
Стоячі хвилі	Хвилевий рух
Дифракція	Поляризація
Голографія	Інтерференція
Вплив ультразвуку на фізико-хімічні властивості металевих розплавів на: в'язкість, поверхнєве натягнення, теплообмін, дифузію, на розчинність металів і сплавів, на модифікування сплавів, на дегазацію розплавів	

### *Електромагнітні явища*

Взаємодія тіл	Закон Кулона
Індуковані заряди	Взаємодія провідників із струмом
Закон Джоуля-Ленца	Провідність металів
Вплив фазових переходів	Вплив високого тиску
Вплив складу	Надпровідність
Критичні значення параметрів	Електромагнітне поле
Магнітна індукція Сила Лоренца	Рух зарядів в магнітному полі
Провідник із струмом в магнітному полі	Втягування діелектрика в конденсатор
Електрорушійна сила індукції	Взаємна індукція
Самоіндукція	Індукційні струми
Струми Фуко	Механічна дія струмів Фуко
Магнітне поле вихрових струмів	Поверхневий ефект
Електромагнітні хвилі	Випромінювання рухомого заряду
Бататронне випромінювання	

### *Діелектричні властивості речовини*

Ізолятори і напівпровідники	Опір електричному струму
Теплові втрати	Діелектрична проникність
Частотна залежність	Пробій діелектриків
Зрушення температури Кюрі	Електрострикція
П'єзоелектричний ефект	Зворотний п'єзоэффект
Піроелектрики	Сегнетоелектрики
Сегнетоелектрична температура Кюрі	Антисегнетоелектрики
Сегнетоферромагнетики	Магнітоелектричний ефект
Електромеханічні ефекти в діелектриках	Аномалії властивостей при фазових переходах
Електрети	

### *Магнітні властивості речовини*

Магнетики	Діамагнетики
Парамагнетики	Феромагнетизм
Точка Кюрі	Антиферомагнетики
Точка Нееля	П'єзомагнетики
Феромагнетизм	Термострикція
Магнітострикція	Гіромагнітні явища
Магнітоелектричний ефект	Феромагнітний резонанс
Магнітоакустичний ефект	Температурний магнітний гістерезис
Аномалії властивостей при фазових переходах	

*Контактні, термоелектричні та емісійні явища*

Контактна різниця потенціалів	Трибоелектрика
Вентильний ефект	Термоелектричні явища
Ефект Зеебека	Ефект Пельтьє
Явище Томсона	Електронна емісія
Автоелектронна емісія	Ефект Мольтере
Тунельний ефект	

*Гальвано- і термомагнітні явища*

Гальваномагнітні явища	Ефект Холу
Магнітоопір	Ефект Томсона
Термомагнітні явища	Ефект Нернета
Ефект Рігі-Ледюка	Подовжні ефекти
Електронний фототермомагнітний ефект	

*Електричні розряди в газах*

Фотоіонізація атомів	Потенціал іонізації
Застосування іонізації	Поверхнева іонізація
Коронний розряд	Тліючий розряд
Іскровий розряд	Дуговий розряд
"Стікання" зарядів з вістря	Факельний розряд
Фактори, що впливають на газовий розряд	

*Електрокінетичні явища*

Електроосмос	Електрофорез
Електрокапілярні явища	

*Світло і речовина*

Світло	Світловий тиск
Віддзеркалення і заломлення світла	Повне внутрішнє віддзеркалення
Поглинання і розсіяння	Випускання і поглинання
Оптико-акустичний ефект	Спектральний аналіз
Спектри випускання	Лазери і їх застосування

*Фотоелектричні і фотохімічні явища*

Фотоелектричні явища	Фотоэффект
Ефект Дембера	Фотоп'єзоелектричний ефект
Фотомагнітний ефект	Фотохімічні явища

*Люмінесценція*

Фотолюмінісценція
-------------------