

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

В.І. Бойко, О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.А. Порєв

**ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ
(вступ до фаху)**

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України,
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів**

Донецьк
ДВНЗ «ДонНТУ»
2013

УДК 621.38

Б77

Рецензенти:

В.О. Стороженко, д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»);

Г.С. Тимчик, д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»);

А.О. Каргін, д-р техн. наук, проф. (Донецький національний університет).

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (лист № 1/11-3770 від 06.05.2010 р.)

Бойко В.І.

Б 77 Прилади і системи екологічного моніторингу (вступ до фаху): [навчальний посібник] / В.І. Бойко, О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.А. Порєв. — 3-є вид., доповн. і переробл. — Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2013. — 292 с.: іл. 40, табл. 11. — Бібліогр. 43.

ISBN

В посібнику викладені важливі для студентів питання організації навчального процесу в технічному університеті, аналізуються різноманітні форми навчальної роботи, основні аспекти інженерної діяльності та вимоги до фахівця.

Наведено матеріали, присвячені особливостям побудови і використання аналітичних приладів та систем, орієнтованих на вирішення задач екологічного моніторингу. Представлені дані щодо сучасних газоаналітичних комплексів та систем технолого-екологічного моніторингу. Представлені також основні відомості про електронні компоненти, які використовуються в електронних системах різноманітного призначення, в тому числі і в аналітичному приладобудуванні.

Посібник призначений для студентів фаху «Прилади і системи екологічного моніторингу» і може бути корисний студентам споріднених спеціальностей.

УДК 621.38

Б 77

ISBN

© Бойко В.І., Зорі А.А., 2002

© Бойко В.І., Зорі А.А., Порєв В.А.

2010, зі змінами

© Бойко В.І., Вовна О.В. Зорі А.А., Порєв В.А.

2013, зі змінами

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
Розділ 1 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ.....	10
1.1. Історичний розвиток інженерної справи.....	10
1.2. Різновиди інженерної діяльності.....	13
1.3. Галузевий стандарт вищої освіти.....	18
Контрольні запитання та завдання.....	26
Розділ 2 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЯ.....	27
2.1. Примара екологічної катастрофи.....	27
2.2. Поняття сталого розвитку.....	31
2.3. Екологія сталого розвитку.....	34
Контрольні запитання та завдання.....	36
Розділ 3 НАВЧАННЯ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ.....	37
3.1. Вища технічна освіта.....	37
3.2. Організація навчального процесу.....	45
3.3 Аудиторні заняття.....	49
3.3.1. Лекції.....	51
3.3.2. Практичні заняття.....	55
3.3.3. Лабораторні заняття.....	58
3.4. Самостійна робота студентів.....	59
3.5. Дипломне проектування.....	62
3.6. Форми контролю знань.....	68
Контрольні запитання та завдання.....	77
Розділ 4 НАУКОВА СКЛАДОВА ФАХОВОЇ ОСВІТИ.....	78
4.1. Основні поняття.....	78
4.2. Фізична величина та її вимірювання.....	79
4.3. Інформаційно-вимірювальні системи.....	82
4.4. Інформаційні технології екологічного моніторингу.....	93
4.5. Студентська наукова робота.....	97
Контрольні запитання та завдання.....	98

Розділ 5 АНАЛІТИЧНІ ПРИЛАДИ, СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ.....	99
5.1. Загальні поняття.....	99
5.2. Адсорбційні аналітичні прилади.....	102
5.3. Абсорбційні аналітичні прилади.....	105
5.4. Люмінесцентні аналітичні прилади.....	107
5.5. Люмінометричні методи аналізу.....	111
5.6. Хроматографічні аналізатори.....	115
5.7. Електрохімічні аналізатори.....	117
5.8. Потенціометричні методи аналізу.....	120
5.9. Теплові газоаналізатори.....	123
5.10. Магнітні газоаналізатори.....	125
5.11. Газоаналітичні системи.....	127
5.12. Технологіко-екологічні газоаналітичні комплекси.....	128
5.13. Автоматичні стаціонарні станції.....	134
Контрольні запитання та завдання.....	135
Розділ 6 ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ.....	136
6.1. Екологічний моніторинг в системі охорони довкілля.....	136
6.2. Забруднення атмосфери та його джерела.....	138
6.3. Розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі.....	141
6.4. Регіональні системи екологічного моніторингу.....	147
6.5. Перспективи фаху «Прилади і системи екологічного моніторингу».....	150
Контрольні запитання та завдання.....	152
Розділ 7 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ.....	153
7.1. Основні поняття.....	153
7.2. Компоненти радіоелектронної апаратури.....	157
7.2.1. Резистори.....	157
7.2.2. Конденсатори.....	171

7.2.3. Котушки індуктивності.....	179
7.2.4. Трансформатори.....	186
7.2.5. Напівпровідникові діоди.....	193
7.2.6. Транзистори.....	207
7.2.7. Інтегральні мікросхеми.....	223
7.3. Комп'ютерні мережі сучасних підприємств.....	238
Контрольні запитання та завдання.....	239
Розділ 8 КОМП'ЮТЕРНІ ОФІСНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	241
8.1. Microsoft Word.....	242
8.2. Microsoft Outlook.....	244
8.3. Microsoft PowerPoint.....	244
8.4. Microsoft Excel.....	245
8.5. Інтеграція додатків MS Office.....	246
8.6. Додаткові офісні програми.....	248
8.7. Альтернативні офісні пакети.....	250
8.8. MathCAD.....	251
8.8.1. Задачі математичного аналізу.....	252
8.8.2. Задачі лінійної алгебри.....	260
8.8.3. Звичайні диференціальні рівняння.....	267
Контрольні запитання та завдання.....	274
ЛІТЕРАТУРА.....	275
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	280
ДОДАТКИ	
Додаток А – Нормативна частина ОПП.....	281
Додаток Б – Варіативна частина ОПП.....	283
Додаток В – Коди назв фірм виробників мікросхем.....	285

ПЕРЕДМОВА

Фах «Прилади і системи екологічного моніторингу» (початкова назва «Наукові та аналітичні прилади») в нашій країні започатковано в 1989 році одночасно зі створенням однойменної кафедри в Київському політехнічному інституті. Відкриття нової кафедри та нового фаху було закономірним, так як стало очевидним, що кризові ситуації в екологічній сфері не є тимчасовими, вони зростають і ставлять перед людством критичні питання.

Розвиток промисловості і транспортних засобів призвів до стрімкого зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, отже, до погіршення екологічного стану довкілля в глобальному вимірі.

Але ж ефективний контроль за викидами та розповсюдженням шкідливих речовин неможливо уявити без аналітичних вимірювань, які здійснюються за допомогою спеціальних приладів, що базуються на застосуванні новітніх знань з фізики, хімії, вимірювальної техніки, метрології, матеріалознавства та інших наук, і вимагають відповідної фахової підготовки.

В 1998 р. фах отримує назву «Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи», а в 2011 р. – «Прилади і системи екологічного моніторингу». Головним навчальним закладом є Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Аналогічні спеціалізації створені в Ужгородському національному університеті (кафедра приладобудування), Східноукраїнському національному університеті ім. В.Даля (кафедра електротехніки), Донецькому національному технічному університеті (кафедра електронної техніки), НТУ «Харківський політехнічний інститут» (кафедра приладів і методів контролю).

Навчальна дисципліна «Прилади і системи екологічного моніторингу (вступ до фаху)» є відносно новою і знаходиться на стадії формування та постійного вдосконалення.

Викладання цієї дисципліни в різних ВНЗ України має свої

особливості, що цілком закономірно з врахуванням масштабів нашої держави та географії розташування ВНЗ. Зрозуміло, що зміст, формат і наповнення дисципліни в кожному ВНЗ враховують природні відмінності, історію розвитку та стан промисловості в регіоні, а також екологічні умови проживання населення.

Спільним для навчальних програм всіх ВНЗ має бути матеріал, який би показав студенту специфіку обраного фаху та його особливе і визначальне місце в сукупності фахів екологічного спрямування. Цей матеріал також повинен орієнтувати студента на свідоме і відповідальне ставлення до оволодіння найважливішою професією сьогодення.

Аналітичне екологічне приладобудування сьогодні розглядається як самостійна галузь екологічної науки, а структура, задачі та роль сучасного аналітичного екологічного приладобудування в навчальних планах Університетів висвітлюються з врахуванням положень Болонської декларації та концепції екологічної освіти України.

Сьогодні в Україні понад 300 закладів освіти готують фахівців для екологічної галузі. В той же час відчувається гостра потреба в спеціалістах, які не тільки розуміють сучасні екологічні проблеми, причини їх виникнення та можливі наслідки, але й вільно орієнтуються в розмаїтті технічних засобів, володіють специфікою екологічного моніторингу.

В навчальному посібнику викладені базові питання організації вищої освіти в Україні, аналізуються основні аспекти інженерної діяльності, особливості навчання в технічному ВНЗ та різноманітні форми навчальної роботи студента.

Книга вимагає від читача мінімальної попередньої підготовки, тому корисна не тільки для студентів молодших курсів ВНЗ, але і для школярів, які намагаються зробити свій професійний вибір у житті.

Умовно навчальний посібник можна поділити на п'ять частин. Перша (1-й та 3-й розділи) присвячена питанням сучасної багатоступеневої вищої освіти, вимогам до бакалаврів, фахівців та магістрів, короткій історичній довідці про розвиток вищої технічної освіти в нашій державі та країнах СНД, структурі вищого навчального закла-

ду, правам та обов'язкам студентів.

Друга частина (2-й та 6-й розділи) навчального посібника є своєрідним вступом до найактуальніших проблем сьогодення – проблеми екологічного моніторингу та проблеми сталого розвитку суспільства з виділенням екологічної компоненти як найважливішої в плані відвернення глобальної екологічної катастрофи.

Третя частина (5-й розділ) присвячена особливостям побудови та використання аналітичних приладів та систем, орієнтованих на вирішення екологічних задач. В цій частині навчального посібника представлені також основні відомості щодо сучасних газоаналітичних комплексів та систем технолого-екологічного моніторингу з наголосом на тих моментах, які є визначальними для забезпечення їх ефективного використання.

В четвертій частині (4-й розділ) аналізуються змістовні наповнення понять науки, фізичної величини, вимірювання та інформаційно-вимірювальної технології.

П'ята частина (7-й розділ) навчального посібника містить фундаментальні поняття електроніки та основні терміни і відомості щодо електронних компонентів, які використовуються в електронних системах різноманітного призначення, в тому числі і в аналітичному приладобудуванні.

В шостій частині (8-й розділ) навчального посібника наведено призначення, можливості та застосування офісного пакету MS Office, додаткових офісних пакетів та альтернативних пакетів MS Office, а також розглянуто можливості математичного пакету MathCAD.

Автори сподіваються, що для майбутніх фахівців цей навчальний посібник стане не тільки орієнтиром для розуміння обраного фаху, але і з першого курсу сприятиме контактам з випусковою кафедрою, залученню до творчої роботи.

При підготовці навчального посібника до перевидання були враховані вимоги затвердженого в 2013 р. нового Галузевого стандарту вищої освіти України (галузь знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології», напрям підготов-

ки 6.051003 «Приладобудування», спеціальність «Прилади і системи екологічного моніторингу»).

При підготовці навчального посібника з дозволу авторів були використані матеріали монографії «Аналітичні екологічні прилади та системи», навчального посібника «Вступ до фаху. Електронні системи», а також літературні джерела, на які зроблені відповідні посилання.

Автори висловлюють щире подяку викладачам кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» професору Маслову В.П., доценту Приміському В.П. та викладачам кафедри електронної техніки Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» професору Хламову М.Г., доценту Коренєву В.Д. за надані поради та зроблені при підготовці рукопису посібника цінні зауваження.

Автори висловлюють щире подяку співробітникам Всеукраїнського НДІ аналітичного приладобудування та Науково-дослідного інституту прикладної електроніки за допомогу в підготовці матеріалів навчального посібника, а також за підтримку в роботі над вдосконаленням навчальних програм фахових дисциплін кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем.

Особливу вдячність автори висловлюють Генеральному директору Всеукраїнського НДІ аналітичного приладобудування к.т.н., доценту Дашковському О.А. за постійну увагу до всіх аспектів діяльності кафедри наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем НТУУ «КПІ».

РОЗДІЛ 1 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ

1.1. Історичний розвиток інженерної справи

Суть інженерної справи полягає у технічній творчості, мета якої – створення та удосконалення технічних засобів для задоволення матеріальних і духовних потреб людини. Інженерна справа виникла разом з народженням самої людності. Термін інженер походить від латинського слова *ingenium*, котре можна перекласти як «винахідливість». Вірогідно, що першими інженерами можна назвати тих невідомих винахідників, які стали приладнувати каміння та палки для полювання і захисту від хижаків, а перша інженерна задача полягала в обробці цих знарядь. Геніальним винахідником слід визнати того первісного інженера, який приладнав камінь до палки, щоб ефективніше захищатись та результативніше нападати.

Характерна особливість розвитку техніки знаходиться у її безперервному удосконаленні та ускладненні. Цей процес закономірний. Разом із розвитком суспільства, з ростом його матеріальних та духовних запитів розвиваються й ускладнюються технічні засоби для їх задоволення. Сучасні технічні засоби настільки складні, що для їх виробництва потрібна кооперація багатьох людей різних фахів та різної кваліфікації. У сучасній інформаційно-вимірjuвальній системі закладена праця конструктора, матеріалознавця, електроніка, механіка, хіміка, фізика, програміста та багатьох інших фахівців.

Ускладнення технічних виробів і удосконалення виробництва, поглиблення спеціалізації праці і зростання технічної творчості, розподіл праці на фізичну і розумову створили передумови для нової професії – професії інженера. Професія цивільного інженера з'явилась вперше у Голландії на початку XVI століття. Спочатку цивільними інженерами називали фахівців із будівництва мостів та шляхів сполучення, а потім архітекторів – фахівців із будівництва. За цивільними – з'явилися гірничі інженери – фахівці із розробки

корисних копалин. У XVII ст. були створені спеціальні технічні школи, які готували інженерів. Інженерами почали називати осіб, які одержували спеціальну технічну освіту. При цьому інженер повинен був займатись не тільки удосконаленням і створенням нових технічних виробів. Для їх виготовлення необхідне створення відповідних засобів: лиття або кування, пресування або токарну обробку та ін. Всі ці процеси повинні виконуватись на виробництві узгоджено, що можливо тільки при належній організації праці. Тому на інженера були покладені і функції організатора праці. Процеси виробництва також були об'єктом інженерної діяльності та складовими частинами інженерної справи. Роль інженера як організатора виробництва неухильно зростала. У XVII ст. бурхливий розвиток продуктивних сил призвів до витіснення мануфактур машинно-фабричним виробництвом.

Фабричне виробництво ознаменувало ріст механізації. При цьому особливу роль зіграла поява парових двигунів та різних спеціалізованих верстатів. Це, з одного боку, дозволило збільшити обсяги виробництва, а з іншого – перебудувати весь виробничий процес, поділити його на чисельні окремі елементарні операції, доступні робітникам низької кваліфікації. Таким чином, капіталістичне виробництво знаменувало надзвичайну диференціацію праці. Масовість виробництва, ускладнення та крайня диференціація виробничих процесів призвели до суттєвого збільшення ролі інженера як організатора виробництва, відповідального не тільки за роботу машин та механізмів, але й за виробничу діяльність робітників.

Подальше укрупнення та ускладнення виробництва призвело до необхідності посилення технічного керівництва виробництвом, виникла необхідність звільнення інженера від частки його праці, яка могла бути покладена на технічних фахівців більш низької кваліфікації. З іншого боку, у XVIII ст. та особливо у XIX ст. стали формуватися самостійні технічні науки (будівельна механіка, гідравліка та ін.), які значно впливали на розвиток виробництва. Це підвищило вимоги до фахової підготовки інженерів і підняло роль технічної творчості.

Тоді на допомогу інженерам прийшли техніки, спеціалісти із середньою освітою. З того часу інженерами називають осіб, які одержали вищу технічну освіту.

З розвитком виробництва зростає і кількість інженерних спеціальностей, які охоплюють різні сфери технічної діяльності суспільства. Якщо спочатку були тільки три інженерні фахи (військовий, цивільний та гірничий інженери), то на початку минулого століття, наприклад, у Росії нараховувалось більше десяти інженерних спеціальностей. Розширюються і самі інженерні фахи. В сферу діяльності інженерів одного фаху входить все більше різних об'єктів. Наприклад, спочатку у радіотехніку входили тільки радіотелеграфні системи. Потім до радіотелеграфії додалась радіотелефонія і вони об'єднались під загальною назвою радіозв'язок. Зараз радіотехніка об'єднує у собі радіозв'язок, телебачення, радіонавігацію, радіолокацію та радіотелевимірювання. І кожній із цих галузей радіотехніки належать свої технічні об'єкти. У наш час технічні об'єкти настільки складні, а їх кількість у межах одного фаху настільки велика, що інженеру іноді важко охопити їх всі. Тому деякі інженерні фахи поділяються ще й на спеціалізації.

Розвиток інженерної справи характеризується не тільки кількісним ростом. Науково-технічний прогрес призводить і до ускладнення інженерної діяльності. Об'єктами інженерної діяльності давно вже є не тільки технічні вироби, а й виробничі процеси. Для сучасних технічних об'єктів характерна не стільки складність їх конструкції, скільки складність процесів. В двигуні внутрішнього згоряння хімічна енергія палива перетворюється у теплову енергію, а тепла – в механічну. На гідроелектростанціях енергія падаючої води перетворюється на електричну енергію. У телефоні мовні (акустичні) сигнали перетворюються на електричні і навпаки. На автоматичній телефонній станції відбувається автоматичний пошук потрібного абонента та з'єднання із ним. Телевізор приймає радіосигнали, під впливом яких у ньому протікають струми та формується зображення. У персональному комп'ютері виконуються обчислення та здійснюються логічні

операції та ін. Разом із ускладненням інженерних виробів ускладнюються і технічні науки. Все це підвищує вимоги до рівня підготовки інженера. Широкі і глибокі знання є першою умовою успішної інженерної діяльності в нашу епоху.

Архімед втілював у собі і видатного інженера, і великого вченого стародавнього часу. Його знань було достатньо, щоб одному створити металеві машини, які вражали уяву багатьох поколінь. Леонардо да Вінчі займався різноманітними видами технічної творчості. Він створив не тільки багато різних механізмів, але й ряд гідравлічних пристроїв. Добре відомий і його проект літального апарату. Але для проектування сучасного літака потрібне об'єднання творчих зусиль інженерів десятків різних фахів. Це проектування здійснюється великими колективами, які складаються із тисяч фахівців, таких, наприклад, як конструкторське бюро, створене всесвітньо відомим авіаконструктором академіком О.К. Антоновим у м. Києві. Сучасному інженеру для його інженерної діяльності не вистачило б усіх знань Архімеда, Леонардо да Вінчі та О.С. Попова, навіть разом узятих. Це не означає, звичайно, що кожний сучасний інженер із його широкими та глибокими знаннями може порівнюватися в технічній творчості, наприклад, з Леонардо да Вінчі. Для технічної творчості тільки знань недостатньо, потрібні ще талант та покликання.

1.2. Різновиди інженерної діяльності

Практична діяльність інженерів навіть одного і того ж фаху має різний характер та залежить від виконуваних ними обов'язків. У кожній галузі інженерної діяльності фахівець повинен володіти специфічними знаннями та практичними навичками. Задача інженера – створення нових технічних засобів або об'єктів. Але перед тим як розпочати безпосередньо виробничий процес створення приладів чи інформаційно-вимірювальних систем, треба їх перш за все вміти конструювати. До завдання конструювання входить вибір

принципу дії технічного об'єкту та окремих його вузлів, розробка схеми конструкції та взаємодії її частин, вибір відповідних матеріалів та компонентів, розрахунок найвигідніших режимів роботи, параметрів вузлів та всієї конструкції, розробка компоновки та зовнішнього оформлення виробу, складання його технічного проекту.

Конструювання є самостійним інженерним завданням і відноситься до одного з різновидів інженерної діяльності, яка потребує специфічних знань та практичних навичок. Тому для вирішення такого інженерного завдання потрібні інженери із відповідним профілем підготовки. Їх називають інженерами-конструкторами. Об'єкт, що було сконструйовано, потрібно виготовити. Якщо інженер-конструктор відповів на питання, що треба робити, то хтось повинен відповісти на питання, як це робити. Але виготовити ту ж саму систему можливо різними способами, за допомогою різних технологічних прийомів чи операцій. Вибір технологічних операцій суттєво впливає на ефективність виробництва. Одна технологія дозволяє одержати дешевий продукт, інша – забезпечує високу якість продукції, що виробляється. Одна технологія прискорює виробництво виробу, інша підвищує його безвідмовність у роботі, або експлуатаційну надійність. Яку ж технологію обрати? А може є технологія, яка поєднує у собі всі вказані переваги та характеризується багатьма іншими позитивними якостями? І якщо немає такої технології, то чи можливо її розробити? Якщо ж не можна, то яка технологія буде найкращою?

Але якщо обрана найкраща технологія, то хто може на виробництві забезпечити її безумовне дотримання? Тоді як порушення визначеного технологічного режиму неминуче означає випуск бракованої продукції. Забезпечити вирішення всіх цих технологічних питань виробництва можуть тільки відповідно підготовлені фахівці-інженери-технологи.

При надзвичайній складності сучасних технічних засобів, інженерна справа не може бути обмежена лише їх виготовленням.

Необхідно ще забезпечити нормальне функціонування готових виробів. Для цього треба грамотно оцінювати технічний стан об'єктів, проводити комплекс регламентних робіт, тобто профілактичних заходів, спрямованих на збереження необхідних технічних характеристик виробу, прогнозувати можливі відмови у його роботі та запобігати їм. У випадку відмови в роботі виробів треба вміти виявити дефект та грамотно організувати ремонт. Вирішення цих технічних питань також є інженерним завданням, яке складає зміст технічного обслуговування, або технічної експлуатації виробів.

Технічне обслуговування є третім різновидом інженерної діяльності, яка також потребує від інженера специфічної підготовки. Спеціалісти з таким профілем підготовки називаються інженерами – експлуатаційниками.

Науково-технічний прогрес пов'язаний з розвитком виробництва, яке не стоїть на місці. Його розвиток означає не тільки кількісний ріст продукції, але й неухильне покращення якості. Вдосконалення та випуск нових видів продукції на рівні світових стандартів є однією з найважливіших завдань сучасного виробництва. Вирішення цих задач і, отже, успіхів у розвитку інженерної справи можливе тільки на основі найновіших наукових досягнень.

Оскільки успіхи у розвитку інженерної справи визначаються науковими досягненнями, то і інженерна діяльність не може здійснюватися без відриву від наукових дослідів, без проведення науково-дослідної роботи (НДР). Метою НДР є всебічне теоретичне та експериментальне дослідження технологічних процесів та процесів, які відбуваються у системах, пристроях та в окремих його компонентах, вивчення на цій основі властивостей технічного об'єкту та пошук шляхів покращення цих властивостей аж до виявлення принципово нових способів вирішення поставленої задачі. Кінцевою метою наукових досліджень у інженерній справі та в технічних науках є розробка методів розрахунку та оптимізації параметрів виробу, контролю його характеристик, підвищення його економності та

надійності та інших рекомендацій, необхідних в інженерній практиці на стадіях конструювання, виробництва і технічної експлуатації об'єкту.

Таким чином, науково-дослідна робота є складовою частиною інженерної діяльності. Зараз наукові дослідження проводять інженери усіх профілів – і конструктори, і технологи, і експлуатаційники. Але з врахуванням специфіки НДР у деяких ВНЗ готують інженерів, які б могли спеціалізуватись на проведенні наукових досліджень, спрямованих на удосконалення та створення нових технічних засобів та технологій. Таких спеціалістів можна називати інженерами–дослідниками.

Отже, в межах кожного фаху відповідно різновидам інженерної діяльності слід відрізняти фахівців чотирьох профілів: інженерів-дослідників, інженерів-конструкторів, інженерів-технологів та інженерів-експлуатаційників. Усі чотири різновиди інженерної діяльності взаємно доповнюють один одного.

Створення нового технічного об'єкту, необхідність якого продиктована потребами суспільства, починається з наукових досліджень. Після цього здійснюється конструювання та розробляється відповідний технологічний цикл. Потім об'єкт запускається у виробництво, де втілюються задумки дослідників, конструкторів та технологів, проводяться додаткові наукові дослідження, за результатами яких технологія вдосконалюється.

Нарешті об'єкт потрапляє до споживача, тобто переходить в руки інженера-експлуатаційника. Керуючись потребами суспільства, спираючись на свої знання та досвід, враховуючи найновіші наукові досягнення, розвиток конструкторської думки і технологічні можливості виробництва, інженер-експлуатаційник повинен дати критичну оцінку виробу, внести пропозиції щодо його вдосконалення та розробити технічні вимоги до нового інженерного рішення. Коло замикається.

Фактично інженер-експлуатаційник спрямовує у визначене русло подальшу діяльність інженерів-дослідників, конструкторів та

технологів. Така діяльність інженера-експлуатаційника дає поштовх розвитку науки та техніки, стимулює науково-технічний та суспільний прогрес. З повним правом інженера-експлуатаційника можна назвати творцем технічної політики виробництва.

Будь-яка інженерна діяльність включає елементи НДР. З іншого боку, діяльність інженера-дослідника неможлива без уявлення про конструктивні особливості, технологічні можливості та експлуатаційні вимоги до того чи іншого виробу. Аналогічно, інженер-конструктор не зможе вирішити ці задачі без врахування технічних вимог. Інженер-експлуатаційник опиниться безпорадним, якщо не подивиться на свій об'єкт очами конструктора. А інженер-технолог не побачить, що спричинило збій технологічного циклу, не володіючи навичками експлуатаційника.

Отже, всі етапи інженерної діяльності можуть бути успішно вирішені лише сукупними зусиллями спеціалістів названих чотирьох профілів.

Не повинні забувати інженери і про охорону праці на будь-якому сучасному виробництві. Ще на стадії наукових досліджень часто у співробітництві з медиками та біологами виявляються фактори впливу на здоров'я людей і розробляються санітарні норми. Дотримання цих норм – турбота не тільки інженерів з техніки безпеки, але і завдання інженера-конструктора.

Якщо технологічний процес включає операції, шкідливі для здоров'я людини, то повинна бути вирішена задача автоматизації виробництва, яка вилучає участь людини у вказаних операціях. І ця задача вирішується інженерами-технологами, інженерами-дослідниками, інженерами-конструкторами разом з інженерами-експлуатаційниками.

Таким чином, інженери всіх чотирьох профілів відповідальні за покращення умов і охорону праці, за її наукову організацію.

1.3. Галузевий стандарт вищої освіти

Галузевий стандарт вищої освіти є нормативним документом, в якому узагальнюється зміст вищої освіти, тобто відображаються цілі вищої освіти та професійної підготовки, визначається місце фахівця в структурі галузей економіки держави і вимоги до його компетентності, інших соціально важливих властивостей та якостей.

Галузевий стандарт відображає соціальне замовлення на підготовку фахівця з урахуванням аналізу професійної діяльності та вимог до змісту вищої освіти з боку держави та окремих замовників фахівців.

Галузевий стандарт встановлює галузеві кваліфікаційні вимоги до соціально-виробничої діяльності випускників вищого навчального закладу з певного напрямку підготовки освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» і державні вимоги до властивостей та якостей особи, яка здобула даний освітній рівень відповідного фахового спрямування.

Фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавра* (рівень *базової вищої освіти*) – особа, яка на базі повної загальної середньої освіти здобула базову вищу освіту, фундаментальні та спеціальні уміння та знання щодо узагальненого об'єкта діяльності (праці), достатні для виконання завдань та обов'язків (робіт) професійної діяльності, що передбачені для первинних посад у певній галузі економічної діяльності. Підготовка фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра може здійснюватися на основі освітньо-кваліфікаційного рівня молодшого спеціаліста.

В галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» за напрямом підготовки 6.051003 «Приладобудування» готують фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр* з узагальненим об'єктом діяльності проектування (конструювання), технологія виготовлення, дослідження, випробовування, монтаж, обслуговування, відновлення та модернізація **мехатронних** апаратів (пристроїв, приладів, комплексів,

систем) будь-якого призначення.

Мехатроніка (*mechatronics*) – галузь науки і техніки, заснована на синергетичному (грецьке. син – «спільне» і ергос – «дія») об'єднанні механічних вузлів з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування і виробництво якісно нових модулів, приладів, систем і машин з інтелектуальним управлінням їх функціонування. Термін «мехатроніка» введений японцем Тецуро Морія (Tetsuro Moria), старшим інженером компанії Yaskawa Electric, у 1969 році. Ця назва отримана комбінацією слів "МЕХАніка" і "елекТРОНІКА".

Завдання мехатроніки як науки полягає в інтеграції знань з таких областей, як прецизійна механіка і комп'ютерне керування, інформаційні технології і мікроелектроніка. Науково-технічне рішення можна вважати мехатронним, якщо компоненти не просто взаємодіють один з одним, але при цьому утворена система має нові властивості, які не були властиві її складовим. Приклади сучасних мехатронних рішень - домашні побутові машини, трансмісії нових автомобілів, цифрові відеокамери, дисководи комп'ютерів тощо).

Мехатронний підхід до проектування інструментальних засобів екологічного моніторингу полягає в тому, що такі об'єкти повинні створюватися як органічно цілісні технічні системи на базі аналітичних приладів та електронно-комп'ютерної апаратури автоматизованого управління.

Для фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст», «магістр» в галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» напряму підготовки 6.051003 «Приладобудування», спеціальності «Прилади і системи екологічного моніторингу» узагальненим об'єктом діяльності є проектування (конструювання), технологія виготовлення, дослідження, випробовування, монтаж та установлення, обслуговування, відновлення та модернізація приладів і систем екологічного моніторингу: методи, технології, прилади, системи, комплекси, математичні моделі процесів і об'єктів та їх алгоритми для промисло-

вих технологій.

Галузевим нормативним документом, який установлює галузеві кваліфікаційні вимоги до соціально-виробничої діяльності випускників вищого навчального закладу і державні вимоги до **умінь** особи, яка здобула освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр» відповідного фахового спрямування є освітньо-кваліфікаційна характеристика (ОКХ).

Уміння – здатність людини виконувати певні дії під час здійснення тієї чи іншої діяльності на основі відповідних знань.

Нормативна частина ОКХ спрямована на формування умінь відповідно до галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» і напряму підготовки 6.051003 «Приладобудування». Уміння поділяються відповідно до типових виробничих функцій: дослідницька, проектувальна, виробничо-технологічна, організаційно – управлінська.

Дослідницька виробнича функція визначає уміння проводити дослідження і вимірювання параметрів виробів, складати описи проведених досліджень, володіти автоматизованим проектуванням з використанням САПР, володіти методами пошуку, підбору і вивчення літературних, патентних, інших джерел, знати принципи математичного моделювання та програмні засоби.

Проектувальна виробнича функція визначає уміння формувати математичні моделі електричного кола, володіти методами та засобами складання технічної документації, володіти навичками інженерного аналізу і розробки функціональних і структурних схем, проектувати та конструювати деталі і вузли з використанням стандартних засобів комп'ютерного проектування.

Виробничо-технологічна функція визначає уміння забезпечувати метрологічне супроводження технологічних процесів виробництва приладів та їх елементів, володіти знаннями в області ремонту та сервісного обслуговування, виконувати необхідні заходи з підготовки виробництва.

Організаційно-управлінська функція визначає уміння брати

участь у процесах професійного спілкування та управління в галузі приладобудування.

Варіативна частина ОКХ відповідно до галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» і напряму підготовки 6.051003 «Приладобудування» спрямована на формування умінь проектування, дослідження, випробовування, монтажу та установлення, обслуговування, відновлення та модернізації **приладів і систем екологічного моніторингу**. Уміння поділяються відповідно до таких виробничих функцій: дослідницька, проектувальна, виробничо-технологічна та технічна, організаційно – управлінська, контрольна, прогностична.

Дослідницька функція визначає уміння проводити дослідження процесів формування інформаційного сигналу, брати участь у проведенні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на очищення промислових стічних вод, запобігання забрудненню навколишнього середовища, зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу, зменшення або повної ліквідації технологічних відходів, раціонального використання земельних і водних ресурсів.

Проектувальна функція визначає уміння проектувати кінематичні, монтажні, електронні і інші схеми різного призначення, розраховувати необхідні параметри і величини, розраховувати характеристики схем формування сигналу, складати вузли електронних схем на основі цифрової логіки, проводити вибір детекторів випромінювання, розраховувати статичні та динамічні характеристики аналітичних екологічних приладів, розраховувати викиди автотранспорту та порівнювати їх з нормативними, розробляти телевізійні інформаційно-вимірювальні системи на модульному рівні, обирати первинні вимірювальні перетворювачі фізичних величин.

Виробничо-технологічна та технічна функція визначає уміння брати участь у проведенні екологічної експертизи техніко-екологічних обґрунтувань, проектів розширення і реконструкції діючих виробництв, виконувати роботу з метрологічного забезпечен-

ня розроблення, виробництва, випробувань і експлуатації продукції, використовувати сучасні комп'ютерні технології для оформлення документації, моделювання та проектування аналітичних приладів, використовувати сучасні текстові редактори для оформлення технічної та супровідної документації.

Організаційно-управлінська функція визначає уміння користуватися національними та міжнародними стандартами, довідковою, періодичною, науково-технічною та навчально-методичною літературою з проблем якості та сертифікації, вміти оцінювати інженерну обстановку та соціально-економічні наслідки надзвичайних ситуацій, забезпечувати вимоги до організації праці в процесі проектування, основи трудового законодавства, застосовувати на практиці закони України, які регламентують управління якістю повітря і води.

Контрольна функція визначає уміння здійснювати аналітичний контроль при вирішенні екологічних завдань, здійснювати обробку результатів вимірювання, використовувати телевізійний засіб як засіб вимірювання геометричних, динамічних та енергетичних параметрів об'єктів та технологій, проводити вимірювання концентрацій основних забруднюючих речовин, використовуючи сучасні аналітичні екологічні прилади, застосовувати інформаційно-вимірювальні технології в задачах екологічного моніторингу.

Прогностична функція визначає уміння оцінювати перспективи розвитку вітчизняної і світової науки і техніки у відповідних сферах знань і галузях виробництва, обґрунтовувати актуальність, визначати новизну та практичну значущість наукових досліджень, оцінювати об'єкти за критерієм екологічної безпеки, розраховувати індекс екологічного виміру та показник якості життя, знати пріоритетні напрями розвитку наукової та інноваційної діяльності в Україні.

ОКХ установлює також державні вимоги до **компетентності** особи, яка здобула освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр» певного фахового спрямування.

Компетентність (компетенція) – необхідний обсяг і рівень знань та досвід у певному виді діяльності. Розрізняють компетенції

соціально-особистісні, загальнонаукові, інструментальні, загально-професійні, спеціалізовано-професійні.

Нормативна частина ОКХ галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» і напряду підготовки 6.051003 «Приладобудування» спрямована на формування наступних компетенцій.

Соціально-особистісні компетенції обумовлюють розуміння та сприйняття етичних норм поведінки відносно інших людей і відносно природи (принципи біоетики), розуміння необхідності та дотримання норм здорового способу життя, екологічну грамотність.

Загальнонаукові компетенції обумовлюються базовими знаннями фундаментальних розділів математики, знаннями в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, умінням працювати в Internet.

Інструментальні компетенції визначають здатність до письмової й усної комунікації рідною мовою, до оволодіння іншими мовами, наявність дослідницьких навичок.

Загально-професійні компетенції визначають здатність збирати і аналізувати науково-технічну інформацію з тематики дослідження (проектування), враховувати сучасні тенденції розвитку та використовувати досягнення вітчизняної і зарубіжної науки, техніки і технології в професійній діяльності, використовувати комп'ютер, як засіб керування інформацією і працювати з інформацією в глобальних комп'ютерних мережах, застосовувати сучасні програмні засоби для розробки та редагування проектно-конструкторської та технологічної документації, проводити експерименти.

Спеціалізовано-професійні компетенції визначають здатність брати участь у розробці функціональних і структурних схем приладів, проектувати та конструювати типові деталі і вузли з використанням стандартних засобів комп'ютерного проектування, проводити проектні розрахунки і техніко-економічне обґрунтування конструкцій приладів, проводити експериментальні дослідження з аналізу та оптимізації характеристик матеріалів, які використовуються в прила-

добудуванні, забезпечувати метрологічне супроводження технологічних процесів виробництва приладів та їх елементів, використовувати типові методи контролю характеристик продукції.

Варіативна частина ОКХ спрямована на формування аналогічних компетенцій з фаху **«Прилади і системи екологічного моніторингу»**.

Соціально-особистісні компетенції визначають знання методів та інструментарію моніторингу надзвичайних ситуацій, побудови моделей (сценаріїв) їх розвитку та оцінки їх соціально-економічних наслідків, розуміння необхідності та дотримання правил і вимог охорони праці та виробничої санітарії, дотримання норм здорового способу життя, розуміння та сприйняття етичних норм поведінки.

Загальнонаукові компетенції обумовлюються базовими знаннями в галузі інформаційно-вимірювальних та обчислювальних систем, інформатики й сучасних інформаційних технологій, фундаментальних наук, в обсязі, необхідному для освоєння загально-професійних дисциплін, фундаментальних розділів математики, в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології».

Інструментальні компетенції визначають здатність складати ділові папери та здатність до створення технічної документації до проекту, наявність навичок роботи з комп'ютером, володіння іноземною мовою в обсязі тематики, зумовленої професійними потребами.

Загально-професійні компетенції визначають здатність усвідомлювати основні проблеми предметної області, визначати методи та засоби їх вирішення, здатність використовувати основні закони природничих дисциплін у професійній діяльності, застосовувати методи математичного аналізу і моделювання, теоретичного та експериментального дослідження, мати сучасні уявлення про застосування Internet технологій в практиці дослідження наукових, аналітичних і екологічних приладів і систем, здатність оформлювати, представляти та доповідати результати виконаної роботи, здатність

використовувати основні закони природничих дисциплін у професійній діяльності.

Спеціалізовано-професійні визначають здатність до обрання і застосовування методик з прогнозування та оцінки обстановки в зоні надзвичайної ситуації, знання принципів побудови та основних характеристик приладів вимірювання параметрів довкілля, володіння інформаційними технологіями в екології, здатність проводити патентний пошук з метою патентоздатності приладів, що проектуються.

Галузевим нормативним документом, у якому визначається нормативний термін та зміст навчання, нормативні форми державної атестації, встановлюються вимоги до змісту, обсягу й рівня освіти та професійної підготовки фахівця з напряму підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» відповідного фахового спрямування є **освітньо-професійна програма (ОПП)**, яка складається із нормативної та варіативної частин.

ОПП передбачає такі цикли: гуманітарної та соціально-економічної підготовки, математичної, природничо-наукової підготовки, професійної та практичної підготовки.

Розподіл змісту програми підготовки фахівця галузі знань 0510 «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології» за напрямом підготовки 6.051003 «Приладобудування», а також навчальний час за нормативною та варіативною частинами, навчальний час за циклами підготовки, кількість навчальних годин/кредитів вивчення кожної з навчальних дисциплін і практик нормативної частини програми підготовки подано у Додатку А. Навчальний заклад не має право змінювати назви навчальних дисциплін нормативної частини освітньо-професійної програми.

У Додатку Б подано перелік навчальних дисциплін, форми контролю та державної атестації, нормативний термін навчання варіативної частини ОПП. ВНЗ має право збільшувати кількість академічних годин нормативних навчальних дисциплін циклів математичної,

природничо-наукової, професійної та практичної підготовки і практик за рахунок варіативної частини навчального плану.

В цілому, концепція підготовки фахівців орієнтована на забезпечення потреб екологічної галузі та реальних перспектив застосування отриманих знань у сучасних умовах, що досягається збалансованим навчальним планом, основу якого складають традиційні для провідного технічного університету дисципліни, а перелік і зміст фахової компоненти постійно оновлюються відповідно до викликів часу.

Контрольні запитання та завдання

1. В чому суть інженерної справи?
2. Що означає термін «інженер»?
3. Поясніть основні функції інженера?
4. Назвіть основні профілі інженерної підготовки?
5. Поясніть вплив науково-дослідних робіт на підготовку інженерних кадрів?
6. Що таке мехатроніка?

РОЗДІЛ 2 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЯ

2.1. Примара екологічної катастрофи

Ґрунт, водний простір та атмосфера Земної кулі населені живими істотами. Ця частина природи утворює біосферу Землі, в якій відбуваються складні процеси, що є предметом порівняно молодого науки – екології (від грецького – *ойкос* – помешкання, місце проживання, *логос* – знання, навчання).

Існування будь-якого живого організму залежить від рівноваги обмінних процесів. Звичайно, природні катаклізми змінюють вигляд Землі, а разом зі зміною геологічних епох змінюється рослинний і тваринний світ. Про мамонтів та гігантські деревовидні папороті, наприклад, ми знаємо лише за реконструкціями та закам'янілими залишками.

Але не тільки стихії природа зобов'язана вимиранню цілих видів тварин, знищенню рослинного покриву Землі.

Людина – продукт природи і вона невіддільна від природи. Для нормальної життєдіяльності необхідна екологічна рівновага та потрібні певні природні умови. Перегріється людина на сонці і вже потрібна лікарська допомога, а без нормальної кількості кисню в атмосфері вона почуває себе, як викинута на берег риба. Людині завжди потрібна їжа, яку вона забезпечувала собі з глибокої давнини лише стрілами та мотикою. При цьому природі не загрожувало ні вимирання окремих видів тварин, ні знищення лісів.

Але ж ріст народонаселення Землі, неухильне зростання матеріальних потреб людини – є законом розвитку людства. Цей закон зумовлює і технологічний шлях розвитку людського суспільства. Тому цілком закономірно, що примітивні знаряддя праці були замінені на складні машини, і бурхливий науково-технічний прогрес – це прикмета нашого часу.

Людина пишається своєю технікою. Але техніка інколи виступає

проти людини і проти всієї природи. Будь-якому технічному виробництву потрібна сировина – тоді витрачаються природні ресурси. Промисловість дає виробничі відходи, які забруднюють навколишнє середовище. І часто не потрібні природні катаклізми, щоб залишити людину без атмосферного кисню, людина робить це сама за допомогою своєї техніки. Наприклад, сучасний літак за секунду польоту використовує стільки кисню, скільки його виробляє один гектар лісу за 8 – 14 годин. Гектару лісу потрібно приблизно 10 років, щоб наситити авіалайнер киснем протягом однієї години польоту.

Не відстають від літаків і автомобілі. Ця створена людиною багатомільйонна механічна армія воює проти всієї природи, порушуючи її спокій нищівним шумом, забруднюючи атмосферу отруйними газами. В деяких мегаполісах поліцейські-регулювальники вуличного руху вже не можуть обходитись без кисневих масок.

Інженерне мистецтво, як і в давнину, продовжує служити війні. Винаходять нові технічні засоби ведення війни, які спрямовані проти людей і нищівно впливають на всю природу. У в'єтнамській війні, наприклад, американці знищили біля половини рослинного покриву країни і на багато років започаткували на цій землі безпліддя.

І як же бути з вичерпанням природних ресурсів, з ростом забруднення навколишнього середовища? Адже з прискоренням науково-технічного прогресу зростає і процес руйнування природи людиною. Якщо проблема підтримки екологічної рівноваги на Землі не стояла гостро перед людством ще декілька десятиліть тому, то зараз стан став тривожним. І тривогу викликає не тільки вичерпання корисних копалин та інших природних ресурсів. Змінюється навіть склад атмосфери. Земля може зробитися зовсім непридатною для життя людини.

На сьогодні уже не викликане заперечень теза про те, що техногенна цивілізація здійснила руйнівний вплив на біосферу планети і стала загрожувати не тільки здоров'ю людей, але й самому

існуванню людства. Людська цивілізація вступила в такий етап розвитку, коли її доля вирішується не тільки і не стільки науково-технічним прогресом, а усвідомленням екологічних парадигм.

В той же час саме в рамках техногенної цивілізації були створені ефективні методи і засоби діагностики стану довкілля та прогнозування негативних наслідків дії багатьох чинників.

Розвиток хімічної, нафтогазопереробної, вугільної, металургійної галузей промисловості, а також поява нових технологій, пов'язаних з переробкою газів, рідин і твердих речовин в складних умовах (високі температури, вологість, тиск, наявність шкідливих речовин) неможливі без відповідних засобів контролю. Тому технічні засоби-аналітичні прилади та системи, що здійснюють аналітичні вимірювання як для забезпечення заданих параметрів технологічного процесу, так і для своєчасного виявлення небезпечних для людини концентрацій-повинні мати високі метрологічні характеристики.

Розвиток промисловості і транспортних засобів призводить до зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, отже, до погіршення екологічного стану довкілля. Ефективний контроль за викидом шкідливих речовин неможливо уявити без застосування аналітичних вимірювань, які базуються на застосуванні новітніх знань з фізики, хімії, вимірювальної техніки.

Перелік шкідливих антропогенних речовин налічує сьогодні десятки тисяч найменувань і катастрофічно зростає. Однак, головну роль в забрудненні довкілля відіграє досить обмежена кількість речовин.

По-перше, це газові викиди (сірчаний газ, оксиди азоту, вуглецю, фреон, аміак). По-друге, пил, сажа, аерозолі та парогазові фракції.

Зрозуміло, що більшість сучасних аналітичних засобів призначена для вимірювання концентрацій саме цих речовин. Вказані прилади характеризуються широким діапазоном призначень та великим розмаїттям технічних і споживчих характеристик, оскільки різноманітність об'єктів та умов контролю, вимог до діапазону та до

точності вимірювань – практично виключають можливість створення універсальної методології.

Очевидно, що задачі створення ефективних методів та технічних засобів для екологічного моніторингу завжди залишатимуться актуальними. Жартома, крізь сльози, можна сказати, що інженер зі спеціальності «Прилади і системи екологічного моніторингу» ніколи не залишиться без роботи.

Екологічний моніторинг включає неперервний контроль змін вибраних параметрів екосистеми, їх співставлення і порівняння із значеннями, які вважаються сприятливими для еволюційного розвитку, а також накопичення цих даних.

Екологічний моніторинг як сукупність методів та засобів постійного контролю стану довкілля це, по-перше, головне джерело достовірної інформації про стан довкілля.

По-друге, екологічний моніторинг, точніше його результати – це практично найбільш ефективний інструмент впливу на суспільну свідомість. У 1972 р. на Стокгольмській міжнародній конференції ООН з проблем охорони довкілля проблема екологічного моніторингу вийшла на глобальний рівень. На міжнародному рівні було вперше декларовано, що кризові ситуації в екологічній сфері не є тимчасовими, вони зростають і ставлять перед людством критичні питання.

Перед людством постає примара екологічної катастрофи.

Успішне вирішення екологічних проблем залежить від багатьох фахівців. Але не слід забувати, що екологічні проблеми виникли саме в результаті технічної діяльності людини. Тому інженер будь-якого профілю та будь-якого фаху повинен пам'ятати про свій борг перед природою та суспільством.

Зрозуміло, що саме технічним засобам екологічного моніторингу належить основна роль у визначенні антропогенного впливу на довкілля. Тому об'єктивною тенденцією сучасного етапу розвитку екології є перенесення акцентів від загальних, моральних, етичних та інших, безумовно, важливих складових екологічних проблем на питання створення ефективних технічних засобів діагностики. Це і

очевидно, оскільки ефективність екологічного моніторингу в цілому та правомірність законодавчих і управлінських рішень обумовлюються саме технічними характеристиками засобів екологічного моніторингу (точністю, стабільністю, довговічністю, економічністю тощо).

Майбутнє природи – в руках інженера, в тому числі інженера – творця аналітичних та екологічних приладів і систем.

2.2. Поняття сталого розвитку

Характерною ознакою всієї історії людства було прагнення до економічного розвитку, який оцінювався в певних матеріальних еквівалентах. В той же час практично ігнорувались проблеми стану довкілля, наростаючі соціальні проблеми. В результаті суспільство зіткнулося з парадоксом – технологічний прогрес та видатні економічні досягнення окремих країн не стали визначальним фактором в розвитку планетної цивілізації. Більше того, виникають та лавиноподібно зростають все нові й нові загрози самому існуванню людства на Землі.

Усвідомлення фатальних перспектив людства привело до виникнення і формування так званої концепції сталого розвитку суспільства.

В основі концепції лежить вчення про ноосферу, сформульоване В.І. Вернадським. Ноосфера (від грецького («*ноос*»)) в значенні «розум») – сучасна стадія розвитку біосфери, пов'язана з появою в ній людства. Відповідно до теорії Вернадського, ноосфера є третьою у послідовності таких основних фаз розвитку Землі як утворення геосфери (неживої природи) та біосфери (живої природи).

Так само, як біосфера утворюється взаємодією усіх організмів на Землі, ноосфера складається з усіма розумами, що взаємодіють. Ноосферу можна розглядати як єдність «природи» та техносфери.

Серед складових частин ноосфери виділяють антропосферу (сукупність людей як організмів), техносферу (сукупність штучних

об'єктів, створених людиною, та природних об'єктів, змінених в результаті діяльності людства) та соціосферу (сукупність соціальних факторів, характерних для даного етапу розвитку суспільства і його взаємодії з природою).

Умовно розрізняють дві стадії розвитку ноосфери. Перша – ноосфера у стадії її становлення, в процесі стихійного розвитку, починаючи з моменту виникнення «людини розумної».

Друга стадія – стадія усвідомлення безальтернативності єдності людства і необхідності вдосконалення ноосфери спільними зусиллями всіх людей.

Згідно з концепцією сталого розвитку стан цивілізації, (країни, регіону) оцінюється індексом – вектором в просторі 3-х координат розвитку: економічного, екологічного, соціального (див. рис. 2.1).

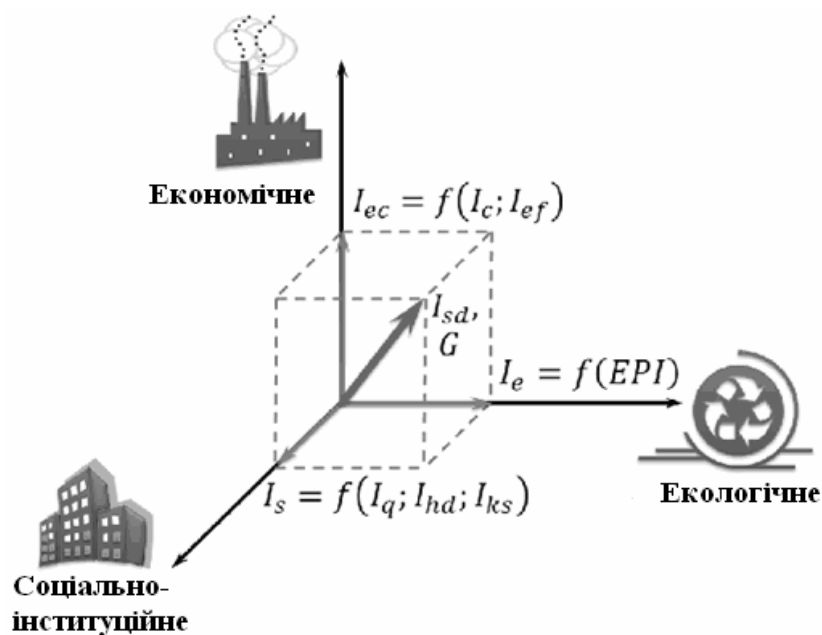


Рисунок 2.1 – Індекс – вектор сталого розвитку

Для кількісних оцінок проєкцій вектора сталого розвитку використовується система відповідних нормованих індексів та індикаторів. Рівновіддаленість вектора від кожної координати означає гармонічний (сталий) розвиток. Наближення до однієї з координат вказує на пріоритетність розвитку однієї із складових і нехтування іншими.

Індекс економічного вимірювання I_{ec} формується, по-перше, конкурентоспроможністю, станом технологічного та інноваційного розвитку, розвитком інформаційних та комунікаційних технологій, рівнем видатків на наукові дослідження, рівнем корупції та ступенем незалежності бізнесу від урядових структур тощо. Індекс економічного вимірювання I_{ec} формується також показниками економічної свободи (урядовими інтервенціями в економіку, податковим навантаженням на бізнес, рухом капіталів, політикою формування цін та оплати праці, банківською діяльністю тощо).

За індексом економічного виміру перша десятка країн сьогодні виглядає так: Гонконг, Сінгапур, Фінляндія, Данія, США, Ісландія, Ірландія, Люксембург, Великобританія, Швеція. Україна в цьому списку знаходиться на 89 місці.

Індекс соціального вимірювання I_s формується на основі трьох індексів: індексу якості і безпеки життя, індексу людського розвитку, індексу суспільства, заснованого на знаннях.

Індекс якості і безпеки життя (рівень політичних і громадських свобод, політична стабільність, кількість розлучених сімей на 1000 населення, рівень безробіття, регіональні кліматичні відмінності та ін.).

Індекс людського розвитку (середня тривалість життя, рівень освіченості, ВВП на душу населення).

Індекс суспільства, заснованого на знаннях (інтелектуальні активи суспільства, охоплення молоді освітою, нерівність розподілу матеріальних благ тощо).

За індексом соціального виміру перша десятка країн сьогодні виглядає так: Швеція, Ісландія, Норвегія, Данія, Швейцарія, Люксембург, Фінляндія, Японія, Австралія, Нова Зеландія. Україна в цьому списку знаходиться на 44 місці.

Індекс екологічного вимірювання I_e визначає стан природних ресурсів у країні, рівень забруднення довкілля та тенденції його зміни, зусилля щодо управління екологічним станом.

2.3. Екологія сталого розвитку

З погляду екології сталий розвиток має забезпечити цілісність біологічних і фізичних природних систем, їх життєздатність та здатність самооновлюватися й адаптуватися (замість збереження в статичному стані або деградації). Іншими словами, головною (і єдиною) метою всіх екологічних проектів, програм, заходів повинно стати забезпечення еволюційного характеру етногенезу.

Для оцінок проекцій вектора сталого розвитку на екологічну координату I_e використовується показники, які формуються на базі даних екологічного моніторингу.

Серед параметрів, які формують екологічну проекцію вектора сталого розвитку, зокрема, стан природних ресурсів, в тому числі ґрунтів, можливості та механізми адекватного реагування на екологічні загрози, якість (індекс) питної води, якість (індекс) повітря, озон в екосистемі, викиди CO_2 та SO_2 на одиницю отриманої енергії тощо.

За індексом екологічного виміру перша десятка країн виглядає так: Фінляндія, Норвегія, Уругвай, Швеція, Ісландія, Канада, Швейцарія, Гайана, Аргентина, Австрія. На жаль, Україна в цьому плані знаходиться аж на 110 місці.

Серед причин такого ганебного для нас становища не тільки деградація найкращого в світі чорнозему, безконтрольна вирубка лісів, незадовільний стан з утилізацією відходів, жахливе забруднення рік і водоймищ та один із найвищих у світі показників забруднення атмосфери великих міст. Це ще і дуже низький рівень екологічної свідомості, підтвердження чому може знайти кожен без особливих зусиль. Розгляд цієї проблеми не передбачений навчальними планами ВНЗ та майбутній інженер повинен зрозуміти, що без її вирішення навіть найдосконаліші технічні засоби діагностики не дадуть бажаного екологічного ефекту.

Але повернемося до свого фаху під кутом зору екології сталого розвитку і розглянемо, як приклад, одне із завдань фахівця-

приладобудівника.

Надзвичайно актуальною для України сьогодні є проблема експрес – контролю показників довкілля. Це важливо не тільки з точки зору вимог охорони здоров'я працівників, але й для своєчасного виявлення потенційної небезпеки та вжиття заходів щодо зменшення ризику катастрофічного забруднення довкілля. Ця проблема має і економічний аспект. Видатки на контроль та прогнозування надзвичайних ситуацій в десятки разів менші видатків на ліквідацію наслідків катастроф.

Особливої гостроти набуває проблема експрес – контролю в межах робочої (локальної) зони об'єктів, де загроза для здоров'я працівника є найбільшою. Це стосується не тільки підприємств хімічної, гірничої, нафтопереробної, металургійної та інших техногенно-небезпечних галузей, а і підприємств, на яких провадиться утилізація відходів, особливо твердих побутових та медичних. Такими об'єктами є також каналізаційні колектори, цистерни, трюми та інші приміщення, де наявність горючих і токсичних газів може привести до втрати свідомості або навіть до вибуху. Взагалі, вимірювання показників довкілля в межах робочої зони актуально на підприємствах будь – якої галузі, оскільки порушення технологічного режиму, як правило, супроводжується перевищенням гранично допустимих рівнів забруднення довкілля за певними показниками.

Станом на 01.01.2012 р. в Україні налічується 24 обласних центри, Автономна Республіка Крим, 490 районних центрів та 118 районів в містах, в кожному з яких створені районні санепідемстанції та установи Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Держгірпромнагляду). Ефективне функціонування вказаних установ неможливе без їх належного забезпечення комплектом приладів для контролю санітарно – екологічних характеристик робочих місць за базовими показниками.

Отже, завдання полягає у створенні портативного приладу, за допомогою якого можна швидко визначати наявність небезпечних

концентрацій газових сумішей (CO , SO_2 , H_2S , CH_4 , NO_2) в межах робочої зони. Крім цього, за допомогою приладу треба вимірювати вологість, атмосферний тиск, температуру, швидкість повітряних потоків, тобто ті характеристики атмосфери, які визначають параметри забруднення довкілля при порушеннях технологічного циклу на потенційно небезпечних підприємствах. Такий прилад дозволить протягом короткого часу (1–2) хв. оцінити рівень небезпеки для працівника та ступінь ризику забруднення довкілля, отже, реально скоротити процедуру контролю санітарно – екологічних характеристик робочих місць. Прилад забезпечуватиме формування попереджувального та аварійного сигналів при досягненні відповідних рівнів концентрації небезпечних газів.

Саме цією роботою і займеться випускник ВНЗ за фахом «Прилади і системи екологічного моніторингу». Зауважимо, що роботу можна (і варто) починати на молодших курсах, працюючи в кафедральних лабораторіях.

Контрольні запитання та завдання

1. Що означає термін «екологічний моніторинг»?
2. Охарактеризуйте основні складові ноосфери.
3. Якою повинна бути головна мета всіх екологічних проектів і програм?
4. Що визначає «індекс екологічного виміру»?
5. Що означає рівновіддаленість вектора розвитку від кожної координати?

РОЗДІЛ 3 НАВЧАННЯ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

3.1. Вища технічна освіта

На території нинішнього СНД цивільна вища технічна освіта була започаткована в кінці XVII ст. – на початку XVIII ст. У 1701 р. у Москві відкрита багатoproфільна військова школа математичних та навігаційних наук, яка дозволяла отримувати дипломи навігатора військово-морського флоту, суднобудівника, геодезиста.

Були відкриті класичні університети в Москві (1755), Тарту (1802), Казані, Харкові (1804), Петербурзі (1819), Києві (1835), Одесі (1864), Варшаві (1869), Томську (1880), Саратові (1909), Пермі (1916).

Традиції багатoproфільної підготовки інженерів були збережені і в інших вищих навчальних закладах. До них відносились, наприклад, Гірниче училище, відкрите в Санкт-Петербурзі в 1773 р. та прирівняне до академії, Інститут корпусу шляхів сполучення (1809), перетворений у 1864 році в цивільний інститут. Ці найстаріші вузи Росії відомі зараз як Санкт-Петербурзький гірничий інститут та інститут інженерів залізничного транспорту. Один з найстаріших інженерних вузів – Санкт-Петербурзький інженерно-будівельний інститут був відкритий як будівельне училище у 1832 р., а в 1882 р. перетворений в інститут цивільних фахівців.

Поряд з галузевими вузами стали утворюватися політехнічні інститути, призначені для навчання фахівців різноманітних галузей техніки. Перший політехнічний інститут був створений в Ризі у 1896 р. на базі політехнікуму, заснованого в 1862 р. Згодом були створені політехнічні інститути у Києві (1898), Петербурзі (1899).

Найстарішим технічним вузом на території України є Львівський політехнічний інститут (Політехніка), заснований у 1844 р. як технічна академія. Вища технічна освіта мала багаті традиції. Провідні технічні вузи давали широку і глибоку теоретичну базу, пов'язану з завданнями практики. В переддень першої світової

війни в імперії було 16 цивільних технічних вузів. Але для промисловості їх не вистачало і на підприємствах часто використовувались іноземні фахівці.

Вища технічна освіта в СРСР продовжувала розвиватися з перших років Радянської влади. Цей розвиток йшов у декількох напрямках.

По-перше, розширювались існуючі інститути, в яких утворювались нові факультети. Наприклад, в Московському вищому технічному училищі (МВТУ), заснованому в 1830 р. як ремісниче училище і перетвореному в 1868 р. в вище технічне училище, у 1917 р. були створені електротехнічний, інженерно-будівельний і аеромеханічний факультети.

Харківський і Томський інститути, які були засновані відповідно в 1885 р. і 1896 р., перетворені в політехнічні інститути.

По-друге – почали створюватися нові інститути. Наприклад, у 1918 р. був започаткований Одеський політехнічний інститут, заснована Московська гірнича академія. У 1921 р., на базі електротехнікуму, відкритого у 1920 р., створено Московський електротехнічний інститут зв'язку (МЕІЗ). У 1930 р., на базі Московської гірничої академії, було створено шість інститутів. У тому ж році на базі факультетів Московського вищого технічного училища були відкриті авіаційний та енергетичний інститути (МАІ і МЕІ).

По-третє – розширилась географія технічних вузів, вони почали створюватись на окраїнах. У 1918 р. відкрито політехнічний інститут у Владивостоці, в 1922 р. – у Тбілісі, в 1930 р. – в Іркутську, в 1933 р. – у Ташкенті, в 1950 р. – у Баку, в 1970 р. – в Махачкалі.

У 1920 році у м. Кам'янському (нині м. Дніпродзержинськ) було засновано політехнікум, який згодом став вечірнім металургійним інститутом. У 1967 році на його базі створено індустріальний інститут, нагороджений орденом Трудового Червоного Прапора, який в 1994 році переріс в технічний університет, акредитований за 4 рівнем. Підготовка бакалаврів, фахівців та магістрів ведеться за різними фахами на 5 факультетах університету.

Металургійний – металургія чорних металів, ливарне виробництво чорних та кольорових металів, технологічні та металургійні процеси зварювання, промислова екологія та охорона навколишнього середовища, хімічна технологія неорганічних речовин;

Технологічний – електронні системи, фізична та біомедична електроніка, програмне забезпечення обчислювальної техніки та автоматизованих систем, апаратура радіозв'язку, радіомовлення та телебачення, фізика твердого тіла, промислова теплоенергетика та енергозбереження, електропривод та автоматизація промислових установок та технологічних комплексів, електрообладнання автомобілів і тракторів, обробка металів тиском;

Механічний – технологія машинобудування, металорізальні верстати і системи, інструментальне виробництво, автомобілі та автомобільне господарство, металургійне обладнання, прикладна математика, обладнання харчових підприємств, біотехнологія;

Економічний – фінанси і кредит, облік і аудит, менеджмент у виробничій сфері, переклад;

Заочний – крім названих вище спеціальностей – автоматизація технологічних процесів і виробництв, хімічна технологія палива та вуглецевих матеріалів.

У 1990/91 навчальному році на всій території СРСР налічувалось біля 870 технічних вузів та їх філій, від Калінінграду на заході до Петропавловська-Камчатського на сході, від Норильську на півночі до Ашхабаду на півдні.

Зараз в незалежній Україні налічується 167 державних ВНЗ, акредитованих за 3 та 4 рівнями і майже стільки ж приватних. Технікуми і коледжі мають 1 та 2 рівні акредитації, знаходяться в одній системі освіти, тому загальна кількість закладів освіти в нашій державі сягає за 800.

Для підготовки інженерів та інших фахівців вищої кваліфікації система вищої освіти базується на обов'язковій загальній середній освіті. Повна середня освіта здійснюється через державні та приватні загальноосвітні школи, через середні спеціальні навчальні заклади –

технікуми, коледжі та через професійно-технічні училища.

Навчання фахівців середньої та вищої кваліфікації не закінчується отриманням диплому і продовжується в інститутах післядипломної освіти. На базі вищої освіти через аспірантуру готуються наукові кадри.

Продовжуючи та розвиваючи традиції технічної школи, технічні вузи СНД готують інженерів широкого профілю на основі фундаментальної теоретичної та практичної підготовки. Розвивається підготовка фахівців з перспективних інженерних фахів таких, наприклад, як електроніка, приладобудування, автоматика, комп'ютерні технології.

Прийнята державна класифікація фахів, де регламентується необхідна система знань. В класифікації фахи, що мають спільні ознаки, об'єднані в групи. Основною загальною ознакою, по якій згруповані споріднені фахи, є однакове цільове призначення об'єктів діяльності фахівців. Інколи спорідненість фахів, об'єднаних в одну групу, виглядає неочевидною. Чому, наприклад, телефонний зв'язок та радіотехніка віднесені до одного гурту фахів? Адже такі технічні об'єкти, як, наприклад, телефон і телевізор, мають різне цільове призначення.

Для відповіді на запитання слід згадати, що в числі технічних об'єктів інженерної діяльності є телефонні електричні сигнали і радіосигнали. Сигнали – і мовні сигнали, що передаються по телефону, і сигнали зображення, що використовуються у телебаченні, мають одну мету – передачу інформації.

На факультетах технічних університетів (політехнічних інститутів) можуть навчати приладобудівників, електронників, радистів, хіміків, електриків і механіків. В галузевому інституті набирає чинності інша спорідненість фахів, що поєднує інженерні об'єкти різного цільового призначення в єдиних технічних комплексах.

Але в якому б інституті не навчався майбутній інженер, його освіта не закінчується отриманням вузівського диплому, оскільки знання лише частково одержують в інституті. До того ж вони дуже

швидко старіють. І не зможе наздогнати науково-технічний прогрес той інженер, котрий обмежився одержаними в інституті знаннями та вміннями і не навчився примножувати їх. Нові знання народжуються кожного дня, науково-технічна інформація зростає наче лавина. Цю інформацію приносять нам монографії і спеціальні журнали, бюлетені винаходів та науково-технічні звіти, які друкуються як в Україні, так і за кордоном. Людського життя не вистачить, щоб тільки прочитати сотні книжок і багато тисяч статей, які друкуються щорічно. І все ж інженер повинен вміти орієнтуватися у цьому морі інформації, повинен вміти черпати з нього потрібні знання. Для цього інженер повинен володіти достатнім обсягом знань із свого фаху, знати бібліографію, бути обізнаним в основах патентознавства, вміти працювати з книгою і знати хоча б одну, а ще краще, дві іноземні мови настільки, щоб читати літературу з фаху.

В Україні прийнята система підготовки бакалаврів, фахівців (інженерів) та магістрів. Ступенева підготовка бакалаврів, фахівців та магістрів відбувається в класичних та технічних університетах, академіях та інститутах, які повинні мати ліцензію на провадження освітньої діяльності, бути акредитованими за 3 або 4 рівнями акредитації.

Базова бакалаврська підготовка однакова для всіх вузів України. За чотири роки по типовим навчальним планам студент отримує теоретичні знання та практичні навички, які достатні для складання іспитів, захисту кваліфікаційної роботи та присвоєння державною комісією кваліфікації бакалавра.

Продовження навчання відбувається або на добровільних засадах, або за рейтингом за результатами навчання.

Фахівець та магістр – це дві паралельні кваліфікації, які можуть отримати студенти за 5,5 (6) років навчання, де перша кваліфікація визначена переважно для народного господарства, а друга – для наукової чи педагогічної роботи. Для цього треба скласти державні екзамени та захистити дипломний проект чи магістерську дисертацію. Допускається безкоштовне навчання студентів за

державним замовленням за результатами конкурсного відбору, та з частковою або повною компенсацією затрат на навчання по угоді з університетом.

Прискорення науково-технічного прогресу супроводжується так званим старінням техніки. Зрозуміло, не в тому значенні, що скоріше зношується та ламається – техніка старіє морально. Життя виставляє нові вимоги, прискорюється науково-технічний прогрес. Техніка, що сьогодні користується попитом, завтра може бути споживачем обійдена стороною. Тому радикальні зміни в техносфері відбуваються за життя одного покоління інженерів.

Раніше, наприклад, багато поколінь інженерів при технічних розрахунках використовували логарифмічну лінійку, механічний арифмометр. Зараз же за життя одного покоління інженерів лічильні прилади були замінені електронною обчислювальною технікою, а сама ця техніка налічує чотири покоління електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Ці покоління ЕОМ відрізняються перш за все своєю елементною базою. Її основу складали раніше електронні лампи, потім – напівпровідникові електронні прилади, а сьогодні – інтегральні схеми, тобто напівпровідникові кристали, в яких поєднується декілька електронних приладів, конденсаторів та інших елементів, і великі інтегральні схеми, тобто схеми з багатьма тисячами елементів. Тепер ЕОМ настільки міцно ввійшли в наше життя, що і школярі не обходяться без мікрокалькуляторів, а деякі студенти, користуючись персональними комп'ютерами, починають навіть забувати таблицю множення.

Зростання обсягів виробництва та ускладнення інженерних розрахунків привело до швидкого розвитку обчислювальної техніки. Якщо раніше дивували ЕОМ, які здійснювали тисячі обчислювальних операцій за секунду, то зараз досягнута швидкість тисячі мільярдів операцій за секунду. Щоб досягти таких якісно нових результатів, обчислювальна техніка повинна подолати рубіж п'ятого покоління ЕОМ, в яких будуть використовуватись оптоелектронні елементи (електронні елементи з використанням оптичних ефектів), кріотрони

(електронні перемикачі з використанням явища надпровідності) та інші нові елементи.

Таким чином, якщо врахувати різноманітність технічних об'єктів, їх постійне оновлення, то під поняттям «інженер» слід розуміти фахівця, здатного пристосовуватися до умов діяльності, які безперервно змінюються.

Сказане стосується всіх чотирьох розглянутих видів інженерної діяльності. Поняття «інженер» означає не тільки вміння працювати з різноманітними технічними об'єктами в умовах безперервно поновлюваної техніки. Це поняття означає здатність інженера працювати в межах суміжних видів, фахів та спеціалізації.

Вміння працювати в межах суміжних видів дослідника, конструктора, технолога та експлуатаційника, означає, що інженер-конструктор, наприклад, може повністю переключитися на експлуатаційну роботу і навпаки.

Вміння працювати в межах суміжних фахів означає вміння інженера виконувати роботу по схожому фаху. Така необхідність може виникнути у випадках, коли бурхливий науково-технічний прогрес викличе потребу в нових фахах.

Зміна спеціалізації лежить в основі діяльності сучасного фахівця, що означає перехід інженера від одного до іншого технічного об'єкту в межах свого фаху. Такий же перехід здійснюється будь-яким інженером при оновленні техніки.

Що ж визначає фахівця, інженера?

По-перше, інженер повинен мати фундаментальні знання. Такі знання – це не тільки ґрунтовні знання технічних наук, на яких базується галузь техніки, яка була обрана інженером. Це ще і знання фундаментальних наук, на яких базуються спеціальні технічні науки. Для інженера приладобудівника, наприклад, фундаментальні науки – це математика, фізика, хімія, інформатика та ін.

По-друге, сучасний інженер повинен мати широкі знання, не обмежені межами тільки свого фаху. Для інженерної діяльності сьогодні потрібні також знання з інших галузей науки та техніки.

Тільки маючи такі знання, інженер може змінювати напрямок своєї діяльності та працювати на стику фахів.

По-третє, інженер повинен мати систематизовані знання. Систематизація знань означає не тільки їх упорядкованість. Знання треба не тільки розкласти по полицям, як книжки в бібліотеці. Систематизація знань означає їх належне дозування. У одній галузі фахівець повинен знати як можна більше та глибше, в іншій – тільки основи науки. Треті ж галузі інженер повинен знати лише настільки, щоб розуміти, де слід шукати рішення задачі і відповідно з цим поглибити свої знання.

Не слід забувати, що сама робота думки є важкою працею. Нові знання, вміння думати і праця породжують нову техніку, ту техніку, якою століттями пишається людство, ту техніку, яка прискорює науково-технічний та суспільний прогрес.

Знання, вміння думати та праця складають триєдину підставу та зміст творчості.

У творчій діяльності доводиться виконувати і шаблонну працю, наприклад, робити стандартні обчислення. Обсяг такої праці може бути дуже великим, і щоб вона не була важкою, інженер повинен володіти відповідними міцними знаннями та твердими навичками. Він повинен знати, як використовувати довідникову літературу, і вміти швидко рахувати, знати обчислювальну техніку і вміти розумно замінювати складні обчислення на більш прості. Наприклад, досконалі громіздкі розрахунки замінювати приблизними простими, похибка яких не перевищує допустимого значення. Тоді рутинна частина праці у творчій діяльності буде забирати незначний час та основну увагу можна буде приділити творчості.

Творчість являється основою інженерної діяльності. Творчо працюючий фахівець генерує нові ідеї та формулює нові технічні задачі, збагачує технічні науки новими результатами та розробляє нові методи вирішення інженерних задач. Інженерна творчість – це також критичне осмислення нових знань та чужого досвіду, розумне та раціональне їх використання.

Типовими формами творчої діяльності інженера являється винахідницька та раціоналізаторська робота.

Відкриттям визнається встановлення невідомих раніше об'єктивно існуючих закономірностей, властивостей та явищ матеріального світу, які вносять корінні зміни в рівень знань.

Винаходом називається нове та маюче суттєві відміни технічне вирішення задачі в будь-якій сфері народного господарства, яке дає позитивний ефект. Таке рішення визнається винаходом, якщо в порівнянні з відомими в науці і техніці рішеннями, воно характеризується новою сукупністю ознак. Об'єктом винаходу може бути новий пристрій, спосіб, речовина, а також нове використання відомих раніше пристроїв, способів і речовин.

Раціоналізаторською пропозицією називається таке рішення технічної задачі, яке являється новим і корисним для даного підприємства. Це рішення повинно знаходитись у зміні конструкції виробу, технології виробництва, зміні складу матеріалів для виготовлення даних виробів.

Отже, обмеженість знань, винесених з інституту, та швидка зміна техніки в умовах бурхливого науково-технічного прогресу вимагають від інженера постійного навчання.

3.2. Організація навчального процесу

Студенту першого курсу важливо зрозуміти, що у ВНЗ треба навчатися інакше, ніж в школі, оскільки навчальні процеси в них організовані зовсім по-різному.

Перед ВНЗ стоять складні завдання, тому навчальний процес не може зводитися лише до навчання.

Згідно з Конституцією України середня освіта є обов'язковою, а навчання у ВНЗ є конституційним правом. Але після зарахування до ВНЗ успішне навчання стає обов'язком. Тому навчальний процес у ВНЗ організований в розрахунку на молодих людей, що свідомо

обрали собі мету в житті, хочуть стати хорошими фахівцями і приносити максимальну користь суспільству.

Для забезпечення права громадян України на вищу освіту розвивається мережа державних та приватних ВНЗ.

Навчальний рік у ВНЗ розбитий не на чверті, як у школі, а на піврічні семестри навчання, а навчальний процес складається з аудиторних занять та самостійної роботи.

Аудиторні заняття включають лекції, практичні та лабораторні заняття. У більшості вузів викладання проводиться державною мовою.

Самостійна робота передбачає виконання нових для школяра форм домашніх завдань – курсових робіт та проектів, а навчання в технічному ВНЗ завершується екзаменами по завершенню бакалаврської та інженерної підготовки з наступним виконанням і захистом дипломного проекту. Навчальний процес у ВНЗ – це творче спілкування викладачів та студентів. Інститут перестає бути школою інженерів, якщо студенти не працюють творчо.

Навчальний процес організований на основі суворого планування, яке здійснюється на різних рівнях.

Загальний обсяг навчального часу та обсяг навчального часу за циклами в залежності від терміну навчання представлені у табл. 3.1.

На державному рівні відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України №1719 від 13.12.2006 р. регламентуються напрями та спеціальності, з яких здійснюється підготовка фахівців природничих та інженерних фахів.

Напрямок 6.051003 «Приладобудування» включений до галузі знань «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології».

Для кожного з напрямів складається кваліфікаційна характеристика, визначаючи систему знань і навичок, необхідних фахівцю.

Кваліфікаційна характеристика бакалавра, фахівця та магістра визначає зміст підготовки, що є основою для складання навчальних планів.

Таблиця 3.1 – Обсяги навчального часу

Термін навчання (років)	3,5	4,0
Загальний обсяг навчального часу (академічних годин/національних кредитів/кредитів ECTS)	7560/140/210	8640/160/240
Загальний обсяг навчального часу за циклами (академічних годин/ національних кредитів /кредитів ECTS) у % від загальний обсягу навчального часу):		
– гуманітарної та соціально-економічної підготовки	20 % $\pm$ 5 %	20 % $\pm$ 5 %
– математичної та природо-наукової підготовки	20 % $\pm$ 5 %	20 % $\pm$ 5 %
– професійної та практичної підготовки	60 % $\pm$ 10 %	60 % $\pm$ 10 %

Навчальний план визначає перелік дисциплін, види знань, обсяг підготовки студентів і форми їх знань в кожному семестрі. Навчальний план є основним документом кафедри, тому, як правило, він представлений на стенді для загального ознайомлення.

План доповнюють навчальні програми, що визначають зміст кожної дисципліни, а також розподіл часу по видам занять. Навчальний план дає змогу скласти семестрові розклади аудиторних занять, подібні шкільним розкладам.

З урахуванням розкладу занять на семестр студент повинен скласти особистий план самостійної роботи. При такому плануванні студенту потрібно врахувати свої особисті якості. Неоднакові здібності студентів до сприймання тих чи інших предметів, наявність деяких прогалин у своїх знаннях, вимагають індивідуального підходу.

До циклу фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін відносяться вища математика, фізика, інформатика, інженерна комп'ютерна графіка, теоретична механіка, фізична хімія,

безпека життєдіяльності, метрологія, спецрозділи фізики, матеріалознавство та конструкційні матеріали, теоретичні основи електротехніки (теорія електричних кіл), теоретичні основи інформаційно-вимірjuвальної техніки, аналогова схемотехніка, електроніка, прикладна механіка, цифрова електроніка, мікропроцесорна техніка та інші.

Загальнонаукові дисципліни потрібні інженеру будь-якого фаху. Вони забезпечують формування особистості фахівця, його світогляд, виховання Людини та Громадянина, дають знання, необхідні інженеру в його практичній діяльності, і закладають основи для вивчення загальноінженерних та фахових дисциплін.

Загальноінженерні дисципліни також безпосередньо використовуються в фаховій діяльності і є основою для вивчення різноманітних фахових дисциплін.

Фахові дисципліни дають необхідну базу для практичної діяльності фахівців.

Аналогічним чином забезпечується формування і інших необхідних інженеру якостей. Наприклад, інженер повинен вміти поповнювати і оновлювати свої знання, тому навчальний процес організований таким чином, щоб навчити студента працювати з джерелами інформації. Для цього майбутній інженер вивчає основи науково-технічної інформації та іноземні мови. Для цієї ж мети служить самостійна робота студентів, як одна з форм навчального процесу. Інженер будь-якого напрямку повинен уміти проводити наукові дослідження. З цією метою кафедри надають студентам можливість проводити науково-дослідницьку роботу по кафедральній тематиці.

Організатор виробництва повинен мати економічні та другі спеціальні знання – до них відносяться безпека життєдіяльності, економіка, охорона праці, основи права.

В навчальному процесі передбачені переддипломна та виробнича практики. За підсумками роботи на практиках студенту в заліковій книжці виставляються відповідні оцінки.

У цілому навчальний план складається з взаємопов'язаних та взаємодоповнюючих одна одну дисциплін, що в часі вивчення виши-

кувались в певному логічно зумовленому порядку, а їх сукупність забезпечує формування гармонійної цілісної системи знань, необхідної інженеру. При цьому втрата однієї ланки призводить до ланцюгової реакції – випадіння інших ланок. Без вищої математики не пізнаєш теорію вимірювальних приладів, без цієї теорії не можна засвоїти матеріал циклу приладобудівних дисциплін, без якого не зрозумієш роботи приладів екологічного моніторингу, без такого розуміння не подужаєш дипломний проект, а без нього не отримаєш диплом про вищу освіту. Отже, втрачена перша ланка – випала математика – і не відбувся інженер!

3.3. Аудиторні заняття

Відвідування аудиторних занять є обов'язковим. Проте студент інколи вишукує «поважні» причини пропуску занять і гадає, що по підручнику надолужить пропущений матеріал. Не розуміє такий студент, що жодна книга не може замінити спілкування з викладачем.

Аудиторні заняття призначені не тільки для передачі знань студентам, але і для того, щоб навчити студентів самотужки набувати знань. Ці заняття потрібні як для надбання навиків щодо використання знань, так і для розвитку інженерного мислення. Аудиторні заняття потрібні для спілкування студентів з викладачем, в процесі якого із студента формується інженер.

Існують три основних види аудиторних занять у ВНЗ: лекції, практичні заняття або семінари, і лабораторні заняття.

Види аудиторних занять не є взаємно незалежними. Матеріал викладається не лише на лекціях і використовується для лабораторних та практичних занять, але і матеріали цих занять потрібні для використання на лекціях. Аналогічно результати розв'язання задач на практичних заняттях можуть використовуватись при проведенні лабораторних робіт, а результати лабораторних спостережень можуть бути покладені в основу завдань, що вирішуються на практичних

заняттях.

На лекціях в концентрованому вигляді викладаються основні теоретичні положення та найбільш складні питання програми навчальної дисципліни. На лекціях студент набуває фундаментальних, систематизованих знань.

Викладач, що читає лекцію, привносить своє розуміння матеріалу предмета, доповнює літературні джерела своїм досвідом та результатами новітніх наукових досліджень. В ході лекції відтворюється процес виникнення та розвитку знання. Тому лекція є одним з основних засобів розвитку мислення, вона вводить студента в творчу лабораторію інженера. Лекція сама є творчим процесом. Хороша лекція неповторна, як твір мистецтва.

Неможлива повноцінна заміна лекції книгою або конспектом, як творіння митця не може бути повністю замінене фотографією. Але розвивати мислення, будучи лише присутнім в якості спостерігача творчого процесу, теж неможливо. Треба самому активно сприймати перебіг думки. На лекції студент може долучитись до процесу творчості, якщо буде активно працювати разом з лектором.

На практичних заняттях студенти вирішують задачі, аналізують основні положення теорії тощо. Ці заняття призначені для надбання навиків використання отриманих знань. Вони дозволяють підготувати студента до практичної діяльності, виконувати вправи у розв'язанні творчих завдань. Лекція вчить студента методології творчості. На практичних заняттях студент набуває практичних навиків. Якщо на лекціях студент працює разом з викладачем, на практичних заняттях – під керівництвом викладача, але самостійно.

На практичних заняттях студент повинен удосконалювати навички логічного мислення, грамотного викладення основних результатів і висновків. Думка відточується, набуває конкретності в словесних формулюваннях. Тому на практичних заняттях студент повинен не лише вирішувати поставлену задачу, але і проаналізувати отримане рішення, виступаючи перед товаришами з викладенням своєї точки зору, обґрунтуванням методу вирішення задачі, поясненням отрима-

них результатів. При цьому студент повинен виявити наявність певних зв'язків поміж явищами, процесами, характеристиками, параметрами, повинен проаналізувати характер виявлених зв'язків та пояснити значення цих зв'язків.

Лабораторні заняття полягають в експериментальному визначенні та вивченні явищ, процесів та властивостей об'єктів, в експериментальній перевірці та підтвердженні основних теоретичних положень навчальної дисципліни. На лабораторних заняттях студенти під керівництвом викладача набувають навиків спілкування з контрольно-вимірювальною апаратурою, вивчають методику експериментальних досліджень. На кожній лабораторній роботі студенти оформляють звіт у письмовому вигляді. До звіту заноситься перебіг досліду, його результати і даються пояснення отриманих результатів з урахуванням похибок експерименту. При цьому, як і при аналізі розв'язання практичних завдань, виявляються, аналізуються та пояснюються усі зв'язки між спостереженнями та явищами, що вимірюються, процесами, характеристиками та параметрами. Таким чином, лабораторні заняття, як і практичні, дозволяють студенту удосконалювати навички логічного мислення. Письмове викладення своїх умовиводів допомагає студенту закріпити навички грамотного викладення своїх логічних побудов. Але на відміну від практичних занять свої логічні побудови студент повинен виконувати не під керівництвом викладача, а цілком самостійно для закріплення навиків логічного мислення.

3.3.1. Лекції

Лекційні заняття передбачають відповідну підготовку не тільки лектора, але і студента. В поняття підготовленості студента входить багато компонентів.

По-перше, студент повинен бути фізично підготовлений. Якщо студент не виспався, не встиг поспідати, то лекція для нього

загублена.

По-друге, студент повинен психологічно бути готовий до сприйняття нового матеріалу лекції. Треба відволіктись від сторонніх думок, налаштуватись на вивчення матеріалу.

По-третє, студент повинен бути готовий до лекції в прямому значенні цього слова: він повинен до приходу лектора сидіти на вибраному ним місці, підготувати ручку (олівець) і зошит для конспектування.

Зауважимо, що лекція – це творчий процес. Їй протипоказані перешкоди, в тому числі у вигляді студента, який намагається зайти в аудиторію після початку лекції, відволікає увагу частини студентів.

І головне – лекція в Університеті розрахована на підготовлену аудиторію. Лектор викладає нове питання, орієнтуючись на ті знання, які повинні бути у студентів, що засвоїли матеріали попередніх лекцій. Якщо таких знань у студента немає, зрозуміти лекцію він не зможе, вона для нього буде нецікавою.

Щоб зрозуміти лекцію, студент повинен перш за все засвоїти термінологію, введену на попередніх заняттях.

Щоб зрозуміти лекцію, студент повинен знати властивості та особливості вивчених раніше об'єктів, явищ та процесів, оскільки цим визначається як постановка нових задач на наступних лекціях, так і характер їх вирішення.

Таким чином, щоб зрозуміти лекцію, студент повинен орієнтуватися в матеріалах попередніх лекцій. Як мінімум, вивчити термінологію, правила і методи, властивості об'єктів, особливості явищ та процесів.

Таке вивчення потребує обов'язкової самостійної роботи студента. Корисно також в мінімальному обсязі прочитати сторінки підручника, де викладено матеріал наступної лекції, тоді студент краще сприймає лекцію, працює творчо, у нього виникають цікаві питання до лектора, власні думки та оригінальні ідеї.

Таким чином, лекцію слухають підготовлені студенти. Слухати лекцію – це значить: зрозуміти сказане лектором, законспектувати

лекцію, сформулювати і задати лектору питання по темі. Перша вимога головна, оскільки домашнє вивчення незрозумілого матеріалу не може бути таким же успішним як опрацювання зрозумілого. Такі студенти перетворюють лекцію із творчого процесу в механічну роботу по переписуванню, сподіваючись отримати довідник для екзамену.

Розглянемо основні вимоги до внутрішнього і зовнішнього оформлення конспекту, а також техніку конспектування.

Конспект бажано вести з кожного предмету в окремому зошиті, розрахованому на один семестр. На конспекті слід вказати назву предмета, прізвище, ім'я та по-батькові лектора, а також факультет та номер академічної групи.

Перший аркуш в конспекті залишається вільним для списку літератури, який поповнюється по мірі вивчення предмета. Кожну книгу, яка використовувалась при вивченні лекційного матеріалу, слід занести в цей список і присвоїти свій номер. А в конспекті можна передбачити поля на кожній сторінці, куди потім заносяться пояснення при самостійному опрацюванні матеріалу. Якщо використовується книга, то в дужках слід вказати не тільки її порядковий номер, але і номери сторінок. Це зекономить час студента при підготовці до екзамену.

Всі записи в конспекті необхідно вести в хронологічному порядку. Пропущену лекцію необхідно своєчасно переписати у другого студента.

При конспектуванні краще використовувати різнокольорові пасти ручок. Це дозволяє яскраво виділяти основні місця, підкреслювати основні думки лектора, заголовки тем та розділів, що важливо при систематизації матеріалу.

При конспектуванні слід використовувати систему порядкової нумерації в конспекті. Нумерація проводиться в межах однієї лекції, тоді посилання до формул робиться записом відповідного номера лекції та формули.

Для прискорення конспектування слід користуватися системою

скорочених записів. Існує три системи умовних скорочень та позначень.

Скорочення по початковим літерам слів – аббревіатурами, наприклад, ККД – коефіцієнт корисної дії; е.р.с. – електрорушійна сила; АЧХ – амплітудно-частотна характеристика; АСР – автоматична система регулювання; АП – аналітичний прилад, ПК – персональний комп'ютер.

Ряд слів можна умовно позначати математичними і другими символами типу $>$ (більше), $<$ (менше), $\uparrow$ (збільшується), $\downarrow$ (зменшується), Σ (сума), $^{\circ}\text{C}$ (градус Цельсія) та ін.

Ряд слів і понять можна замінити літерами латинського або грецького алфавіту, котрі прийняті для позначення різних величин, наприклад: I, i (струм), U, u (напруга), t (час), T (період), Φ (фаза), φ (зсув фаз), F, f (частота), ω (кругова частота), X (вхід), Y (вихід), Ω (добротність), μ (магнітна проникливість).

Яким же повинен бути зміст конспекту? У відповідності з самим визначенням – короткий запис чого-небудь – при конспектуванні лекції не слід намагатися дослівно записати слова лектора. Дослівний запис не полегшує самостійне опрацювання матеріалу, а навпаки перешкоджає, притупляє розум студента, заважає його творчому спілкуванню з лектором.

Перше правило конспектування: лекцію треба записувати не дослівно, не детально, а коротко. Це означає, що в конспекті повинні бути записані у вигляді тез лише основні положення лекції. У змісті конспекту можна виділити наступні складові частини: основні думки лектора, записи перенесені з дошки та власні думки студента. Основні думки лектора, наприклад, при вирішенні задачі можуть бути представлені так: постановка задачі, роздуми по вибору метода її вирішення та висновки, які слідують із отриманого рішення. Рішення дається лектором, як правило, на дошці та повністю переноситься студентом в конспект.

У студента, що творчо працює на лекції, з'являються сумніви,

питання, оригінальні ідеї, які слід відобразити в конспекті.

Друге правило конспектування: записувати думки лектора треба після того як зрозумів їх зміст і смисл.

Третє правило конспектування: основні думки лектора бажано записувати своїми словами. Це розвиває мислення студента, допомагає грамотно викласти свої власні думки.

Однією із головних складових частин лекції являються питання студентів до лектора. Вони зміцнюють контакт лектора з аудиторією, підвищують творчий потенціал аудиторії, являються зворотнім зв'язком від студента до лектора. Це позитивно впливає на систему викладач – студенти. Питання одного студента стимулюють творчу роботу других студентів.

3.3.2. Практичні заняття

Інколи можна почути на екзаменах фразу «Ми таких задач не вирішували». Студент вимовляє це із деяким обуренням – не треба на екзамені пропонувати задачі, які на заняттях не проходили, додому не задавали. Розглянемо це питання.

Словник визначає поняття задачі наступним чином: вправа, яка виконується, вирішується шляхом умовиводів, обчислень та ін. Але деякі студенти часто забувають про необхідність роботи (розумової в даному випадку). На практичних заняттях з технічних дисциплін в кращому випадку переказується матеріал підручника, виконуються обчислення, будується графік. Студент помилково вважає, що вирішення задачі повинно зводитись до підстановки у відомі формули в відомій послідовності заданих значень. Свої дії такий студент вбачає в тому, щоб запам'ятати схему вирішення задачі та отримані висновки. Звідси і безпорадність студента перед задачами, які «не вирішували».

Як же бажано працювати на практичних заняттях? Багато з того, що сказано про роботу на лекції відноситься і до практичних занять.

До будь-яких занять студент повинен готуватись, на заняттях працювати вдумливо, ініціативно, творчо, задавати питання викладачеві.

Підготовка до заняття включає дві частини.

Перша включає вирішення задач, які задані як домашнє завдання, їх аналіз і, головне, самоконтроль засвоєння теми попереднього заняття. В ході самоконтролю студент повинен переконатись в свідомості своїх дій при вирішенні задач. По-друге, продивившись незадані задачі з пройденої теми, він повинен переконатись, що зможе самостійно вирішити ці задачі. По-третє, треба записати питання, які залишились нез'ясованими і задати їх викладачеві на наступних заняттях.

Друга частина підготовки до практичного заняття включає вивчення матеріалу до наступного заняття. Сюди входить поглиблене вивчення теоретичного матеріалу з відповідної теми, вибір розрахункових співвідношень і підготовку питань з нової теми. Поглиблене вивчення матеріалу означає, що студент повинен не тільки усвідомити і зрозуміти матеріал, але і самостійно довести всі положення теорії. Слід також виявити прикладні питання теорії, які можуть знадобитися при вирішенні задач, та самостійно вивести всі розрахункові співвідношення. Самостійні доведення є чудовим тренуванням і першим кроком до оволодіння дослідницькими навиками.

Студент повинен відібрати всі модифікації розрахункових формул, кількісні співвідношення та інший розрахунковий матеріал, який зустрівся йому при вивченні теорії. Всі розрахункові співвідношення слід записати в зошит для практичних робіт. Це допомагає систематизації матеріалу, полегшує розробку схеми вирішення задач.

Як же треба самостійно вирішувати задачу? У вирішенні технічної задачі слід виділити три етапи: аналіз умов задачі, її вирішення в загальному вигляді та отримання і аналіз чисельного результату.

Тому неправильно роблять студенти, які намагаються вирішити задачу, шукаючи формули, в які можна «підставити» задані значення.

Таким чином, вони починають вирішення задачі одразу з другого етапу. Але таким способом можна вирішити лише тривіальні задачі. Сформулюємо загальні рекомендації щодо рішення інженерної задачі:

1. Етап осмислення задачі треба починати із зображення функціональної, принципової або конструктивної схеми пристрою. Аналізується необхідність її доповнення, позначаються величини, які входять в умову задачі.

2. Слід перевірити чи задовольняє зображена схема (графік) всім умовам задачі. При перевірці можливе уточнення схеми.

3. Треба для себе уявити призначення та взаємодію елементів в намальованій схемі.

4. Треба дати визначення всіх величин, які входять в умови задачі, в першу чергу шуканої величини.

5. Якщо у вказане визначення входять нові величини, яких немає в умові задачі, ці величини треба позначити на графіку і дати визначення.

6. Слід визначити, яким теоретичним законам або правилам підлягають ті чи інші величини. Для цього можна використати підборку розрахункових співвідношень.

7. Слід знайти логічні зв'язки поміж шуканими та заданими величинами.

Успіх у виборі раціонального методу вирішення задачі визначається рівнем знань студента, а також повнотою осмислення задачі на першому етапі. При вирішенні задачі в загальному вигляді можна виконати часткову перевірку правильності рішення, перевібивши розмірності величин.

При отриманні чисельного результату слід звернути увагу на вибір одиниць вимірювання та необхідну точність розрахунків, розуміючи, що точність виготовлення компонентів, як правило, знаходиться в межах від 1 % до 20 %. Задачу необхідно закінчити аналізом отриманого рішення, його відповідності теоретичним засадам.

3.3.3. Лабораторні заняття

На лабораторних заняттях майбутній фахівець починає знайомитися з технікою, без якої немає інженерної справи. Інженер повинен вміти працювати не тільки головою, але і руками. Лабораторні дослідження являються прообразом майбутніх наукових експериментів, з якими прийдеться мати справу фахівцю в його практичній діяльності.

Підготовка до лабораторної роботи включає в себе такі етапи.

1. По інструкції треба ознайомитись зі змістом лабораторної роботи, з'ясувати мету та обсяг експерименту, виділити теоретичні положення, знання яких необхідні як для виконання лабораторної роботи, так і для осмислення її результатів.

2. Користуючись лекційним конспектом та книгами слід вивчити питання теорії, які виносяться до лабораторного експерименту. При цьому слід звернути увагу на ті припущення і спрощення, які були прийняті при теоретичному розгляді питання. Це дає змогу зрозуміти можливі розходження результатів теорії та експерименту.

3. Слід продумати умови проведення лабораторного експерименту у відповідності із його описом.

4. Слід детально вивчити схему лабораторної установки, звернути увагу на вимірювальні прилади, правила їх використання, продумати послідовність збирання схеми.

5. У лабораторних експериментах використовується досить складна апаратура. робота з якою можлива тільки при наявності певних навиків та знань. Тому до початку роботи треба в загальних рисах мати уявлення про правила роботи із приладами.

6. Слід продумати методику лабораторного експерименту, звернути увагу на послідовність операцій і підготувати бланк лабораторного звіту.

При проведенні лабораторної роботи слід дотримуватися певних правил.

1. Установку слід збирати колективно, отримати у викладача

дозвіл на її включення.

2. Між членами бригади треба розподілити обов'язки, всі повинні активно працювати.

3. Протокол лабораторного експерименту слід вести начисто.

4. Обробку результатів експерименту проводять до його закінчення.

5. Звіт по лабораторній роботі завершується формулюванням висновків.

Лабораторна робота є учбовою вправою. В той же час порівняння теорії з результатами експерименту започатковує критичне відношення до теорії, створює умови для уточнення в майбутньому як методики експерименту, так і, можливо, самої теорії. Критичне відношення розвиває мислення, нестандартний підхід до вирішення інженерних задач, формує творчі задатки майбутнього фахівця.

3.4. Самостійна робота студентів

В ході самостійної роботи студент вчиться застосовувати свої знання на практиці, аналізувати інженерні ситуації та обирати правильні рішення.

Серед різноманітних видів самостійної роботи студентів слід окремо виділити вивчення поточного лекційного матеріалу та проведення наукових досліджень.

Ці види роботи є цілком новими для вчорашнього школяра, а нині студента.

Вивченню поточного лекційного матеріалу студент інколи не надає належного значення. В результаті студент втрачає інтерес не лише до лекцій, а і до предмету в цілому, перестає розуміти його значення для майбутньої інженерної діяльності. В період авральної підготовки до екзамену знання здобуваються неглибокими і неміцними, а студент втрачає смак до навчання. Поступово він звикає до «задовільних» знань, не вірить у свої можливості.

Недобросовісний студент завдає шкоди не лише собі, але і товаришам. Він дезорганізує навчальний процес, відволікаючи сили викладачів на підтримку мінімального рівня знань у студентів. Адже лекція найкращого професора перестає бути творчим процесом, якщо він бачить в аудиторії осіб, що нудьгують, якщо він почуває, що його не розуміють. Тут уже не до творчості.

Самостійне систематичне навчання сприяє виробленню у студента навиків роботи з книгою.

Як книга не замінить лекції, так і лекція не може замінити книги. Така заміна неможлива не лише тому, що на лекції викладається не весь програмний матеріал, але і тому, що на лекції студент працює разом з викладачем, а книгу вивчає – самостійно. При цьому конспект полегшує роботу із книгою. Опрацьовуючи лекційний матеріал користуючись книгами та конспектом, студент навчається правильно працювати з літературою. Таке вивчення розвиває творче мислення і перетворює студента з пасивного слухача лекції в активного учасника творчого лекційного процесу. Лекційна аудиторія, складена з активних студентів, підіймає творчий процес лектора, сприяє підвищенню рівня і навчального процесу в цілому.

Самостійна робота студентів включає багато складових. На старших курсах самостійна робота студентів завершується виконанням дипломного проекту.

Самостійну роботу студенти планують самі. Самостійна робота студента включає систематичну проробку лекційного матеріалу, виконання учбових завдань, підготовку до чергових аудиторних занять та до проведення наукових досліджень.

Для середнього студента потрібно біля 4 годин самостійної роботи кожного дня. На кожен день бажано планувати вивчення одного з предметів.

В студентському фольклорі особливо часто обігрується екзаменаційна сесія. У більшості випадків треба скласти дев'ять чи десять екзаменаційних сесій для допуску до дипломування та отримання кваліфікації фахівця. А це 40 – 45 екзаменів, які треба успішно склас-

ти. Іронічно, їдко, але безумовно весело, жартують студенти із приводу важких екзаменів.

Звичайно не до сміху тим студентам, які погано працювали на протязі семестру. Такі студенти покладають всі надії на шпаргалку. За такими студентами тягнуться інколи і ті, які регулярно працювали, але знаходяться в полоні екзаменаційних страхів, перебільшуючи труднощі екзаменаційної пори. Та біда в тому, що страхи при цьому може і зменшуються, та знання не збільшуються, розум не розвивається, та і доброї оцінки у хорошого екзаменатора по шпаргалці не отримаєш.

Студент, який добросовісно виконує учбову програму і правильно організовує самостійну роботу, фактично готується до екзамену з першого дня семестру. А ті 3–4 дні, які відведені для підготовки до екзамену, можна використати для систематизації та поглиблення своїх знань і вони стануть днями важкої, але захоплюючої роботи думки.

Підготовка складається із повторення курсу перед екзаменом та підготовки відповіді безпосередньо на самому екзамені. Повторення кожної теми проводиться в три етапи. Спочатку треба поновити в пам'яті зміст теми по конспекту. Це можна виконати в невеликому мікроколективі, користуючись декількома конспектами. Потім кожному студенту треба самостійно поглиблено проробити тему з залученням підручників, які вказані на полях конспекту. Незрозумілі питання треба прояснити на консультації перед екзаменом.

Завершення повторення теми треба виконувати з олівцем та аркушем паперу в руках, складаючи нотатки, щось на зразок шпаргалки, яка в більшості випадків має психологічне значення, і як правило, так і не використовується студентом.

Останню ніч перед екзаменом не варто використовувати для підготовки. Для того, щоб успішно скласти екзамен, треба трохи відпочити, закінчивши підготовку ввечері.

3.5. Дипломне проектування

Рівень підготовки випускника до інженерної діяльності показує дипломне проектування.

Дипломний проект – кваліфікаційна робота, що призначена для об’єктивного контролю ступеня сформованості умінь вирішувати типові задачі діяльності, які віднесені в ОКХ до проектувальної (проектно-конструкторської) та виконавської (технологічної, технічної) виробничих функцій.

Дипломна робота – кваліфікаційна робота, що призначена для об’єктивного контролю ступеня сформованості умінь вирішувати типові задачі діяльності, які віднесені в ОКХ до дослідницької виробничої функції.

Дипломний проект – це вид кваліфікаційної роботи випускника певного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Дипломний проект є завершеною інженерною розробкою об’єкта проектування (пристрою, системи, процесу тощо) із докладною розробкою певної функціональної частини (елемента, вузла, підсистеми, технологічної операції тощо) з урахуванням сучасного рівня розвитку відповідної галузі, досягнень науки і техніки, економічних, екологічних, ергономічних вимог, а також вимог охорони праці та забезпечення життєдіяльності об’єкта проектування.

Дипломний проект (в ідеальному варіанті) є вирішенням реальної інженерної задачі. Виконуючи дипломний проект, студент звітує перед державою в умінні вирішувати інженерні задачі.

Академічний навчальний дипломний проект передбачає розв’язання студентом навчальних завдань, рішення яких потребує від нього певних знань та професійних умінь згідно з ОКХ фахівця даного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Реальний дипломний проект – це такий, що відповідає хоча б одній із наступних умов:

– тема проекту (роботи) пов’язана з конкретною науково-дослідною роботою кафедри або виконана на замовлення і в інтересах

зовнішніх організацій (установ, підприємств, НДІ тощо), підтвердженням чого є наявність відповідно оформленого технічного завдання на дипломне проектування;

– результати проектування доведені до стану, що дозволяє використовувати їх для впровадження в науку, техніку, технології, сучасне виробництво. Підтвердженням цього є наявність або акту про впровадження результатів, підписаного членами повноважної комісії і завіреного печаткою підприємства (організації, НДІ тощо), або запиту підприємства на передачу (на підставі акту про передачу) матеріалів дипломного проекту;

– за матеріалами дипломного проектування автором отримані патенти (заяви на патент, прийняті до розгляду), опубліковані статті, отримані зразки матеріалів (виробів), виготовлені діючі макети обладнання тощо.

Теми проектів повинні бути актуальними, відповідати сучасному рівню науки, техніки і технологій, спрямовані на вирішення регіональних і національних потреб та проблем розвитку певної галузі економічної діяльності. Назва теми повинна бути, за можливості, короткою, чітко і конкретно відображати мету та основний зміст проекту.

Дипломні проекти (роботи) різних освітньо-кваліфікаційних рівнів за своєю структурою практично однакові, а за обсягом, повнотою та інженерним (науковим) рівнем розробки (дослідження) питань розрізняються, що є наслідком відмінності виробничих задач діяльності фахівця.

Зокрема, дипломні проекти бакалаврів з інженерних спеціальностей передбачають, в основному, проектування (або модернізацію) окремих елементів обладнання (комплексів, систем, приладів тощо) з метою забезпечення або покращення їх технічних чи експлуатаційних характеристик.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки та обов'язкового графічного матеріалу (креслень), а дипломна робота – з пояснювальної записки та обов'язкового ілюстративного матеріалу

(плакатів, які містять діаграми, графіки залежностей, таблиці, малюнки тощо). Крім того, при захисті може використовуватись додатково демонстраційний матеріал в графічному (на папері, плівках), електронному (відеоматеріали, мультимедіа, презентації тощо) або натурному (моделі, макети, зразки виробів тощо) вигляді.

Орієнтовний обсяг дипломних проектів (робіт) бакалавра: пояснювальна – (50 – 70) сторінок; обов'язковий графічний (ілюстративний) матеріал – не менше 3 аркушів креслень (плакатів) формату А1;

Пояснювальна записка до дипломного проекту (роботи) повинна у стислій та чіткій формі розкривати задум проекту (роботи), містити аналіз сучасного стану, методів вирішення завдань проекту, методики та результати розрахунків, опис проведених експериментів, аналіз їх результатів і висновки з них; містити необхідні ілюстрації, ескізи, графіки, діаграми, таблиці, схеми, малюнки та ін. В ній мають бути відсутні загальновідомі положення, зайві описи, виведення складних формул тощо. Текст пояснювальної записки складається, як правило, державною або російською (для іноземних студентів) мовою в друкованому вигляді на аркушах формату А4 шрифтом Times New Roman 14 пунктів, міжрядковий інтервал 1,5 Lines. Текст роботи необхідно друкувати, залишаючи поля таких розмірів: ліве – не менше 20 мм, праве – не менше 10 мм, верхнє – не менше 20 мм, нижнє – не менше 20 мм. Допускається наявність не більше двох виправлень на одній сторінці.

Структура пояснювальної записки умовно поділяється на вступну частину, основну частину та додатки.

Вступна частина: титульний аркуш, завдання на дипломне проектування, реферат (анотація) українською та іноземною мовами, зміст, перелік скорочень, умовних позначень, термінів, власне вступ.

Вступ повинен відображати актуальність і новизну проекту (роботи) та містити:

- обґрунтування необхідності нової розробки або удосконалення (модернізації) існуючого об'єкта проектування на основі аналізу

сучасного стану за даними вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури, патентного пошуку;

- обґрунтування основних проектних рішень;
- можливі галузі застосування результатів проекту (роботи).

Основна частина:

– розділи, які розкривають основний зміст проекту відповідно до переліку питань, наданих у завданні на дипломне проектування;

– техніко-економічне обґрунтування та питання організації виробництва;

– питання охорони праці, техніки безпеки, екології та охорони навколишнього середовища тощо;

– загальні висновки;

– перелік посилань.

Основна частина пояснювальної записки повинна включати:

– розробку вимог до характеристик об'єкта проектування;

– вибір й обґрунтування технічних рішень або теоретичних та експериментальних методів досліджень поставлених задач;

– вибір та обґрунтування можливих варіантів технічної реалізації та методів розрахунків параметрів елементів (електричних схем, механічних елементів на міцність та ін.);

– експериментальні дослідження, розробку методики досліджень, опис експериментального обладнання, аналіз результатів експерименту;

– техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту, розрахунок економічного ефекту;

– пропозиції та заходи щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки, охорони довкілля;

– загальні висновки щодо відповідності отриманих результатів завданню на дипломне проектування та висунутим вимогам, можливість впровадження або застосування результатів.

Окремі розділи також повинні закінчуватися конкретними висновками.

Дипломний проект подають у вигляді спеціально підготовленого

рукопису в твердому переплетенні. Ілюстративний матеріал для захисту може бути виконаний у вигляді плакатів, креслень або подаватися за допомогою комп'ютерних засобів. Зміст ілюстративного матеріалу має відповідати змісту проекту.

Текст основної частини поділяють на розділи, підрозділи, пункти та підпункти.

Заголовки структурних частин «ЗМІСТ», «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ», «ВСТУП», «РОЗДІЛ», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», «ДОДАТКИ» друкують великими літерами по центру рядка. Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу. Крапку є кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох або більше речень, їх розділяють крапкою. Заголовки пунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу в розрядці у підбір до тексту. В кінці заголовка, надрукованого в підбір до тексту, ставиться крапка. Відстань між заголовком (за винятком заголовка пункту) та текстом повинна дорівнювати 2 інтервали.

Кожну структурну частину роботи треба починати з нової сторінки.

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, рисунків, таблиць, формул подають арабськими цифрами. Першою сторінкою проекту є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять, на наступних сторінках номер проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, між якими ставлять крапку. В кінці номера підрозділу повинна стояти крапка, наприклад: «2.3.» (третій підрозділ другого розділу). Потім у тому ж рядку наводять заголовок підрозділу.

Пункти нумерують у межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з порядкових номерів розділу, підрозділу, пункту, між

якими ставлять крапку. В кінці номера повинна стояти крапка, наприклад: «1.3.2.» (другий пункт третього підрозділу першого розділу). Потім у тому ж рядку наводять заголовок пункту. Пункт може не мати заголовка.

Підпункти нумерують у межах кожного пункту за такими ж правилами, як пункти.

Ілюстрації (фотографії, креслення, схеми, графіки, карти) і таблиці необхідно наводити безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці. Ілюстрації позначають словом «Рис.» і нумерують послідовно в межах розділу, за винятком ілюстрацій, поданих у додатках. Номер ілюстрації повинен складатися з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, між якими ставиться крапка.

Таблиці нумерують послідовно. В правому верхньому куті над відповідним заголовком таблиці розміщують напис «Таблиця» із зазначеннями номера. Номер таблиці повинен складатися з номера розділу і порядкового номера таблиці, між якими ставиться крапка, наприклад: «Таблиця 1.2», назву розміщують над таблицею і друкують симетрично до тексту. Назву наводять жирним шрифтом.

Формули нумерують у межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в розділі, між якими ставлять крапку. Нумери формул пишуть на рівні відповідної формули в круглих дужках, наприклад: (3.1).

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони наведені у формулі. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова «де» без двокрапки.

Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишити не менше одного вільного рядка.

При написанні кваліфікаційної роботи студент повинен посилатися на цитовану літературу, або на ту літературу, звідки взято

ідеї, висновки, задачі, питання, вивченню яких присвячена робота. Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке є посилання. Список використаної літератури слід розміщувати в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або в порядку посилань в тексті. Посилання на літературу в тексті роботи розмішують у квадратних дужках після відповідної цитати, наприклад [2].

3.6. Форми контролю знань

Відсутність у вузі щотижневих оцінок (як це було в школі) зовсім не означає безконтрольності знань студентів. Це означає, що у вищій та середній школах подаються різні вимоги і до знань, що враховуються, і до засобів їх надбання. Кожний семестр в інституті завершується заліково-екзаменаційною сесією – зимовою та літньою. Сесія розпадається на дві частини. Перша частина – залікова сесія – проводиться на протязі одного тижня, коли ще ідуть заняття.

На другу частину – екзаменаційну сесію – відводиться три тижні. Тут починає діяти розклад екзаменаційної сесії, в якому виділяються спеціальні дні для підготовки до кожного іспиту. Їхню кількість встановлює деканат. Число цих днів – від трьох до п'яти – визначається складністю предметів і кількістю іспитів, винесених на сесію. За один семестр вивчається звичайно вісім–десять предметів, а на кожную сесію виноситься до шести заліків і до п'яти екзаменів. При цьому з деяких провідних дисциплін передбачається як залік, так і екзамен.

Загальне уявлення про критерії, за якими виставляються оцінки, студент має ще зі шкільних часів. Проте у вузі ці критерії мають і свої особливості.

Контроль знань в інституті та школі відрізняються щодо форми.

Якісні ж розбіжності ще більш значні.

Основним критерієм знань студента є екзаменаційна оцінка, що традиційно виставляється за чотирьохбальною системою («відмінно», «добре», «задовільно» і «незадовільно»).

Для того щоб отримати оцінку «відмінно», потрібно глибоко засвоїти програмний матеріал, вичерпно, послідовно, грамотно та логічно його викласти, показати зв'язок теорії з практикою. При цьому студент повинен впоратись з відповіддю при видозміненні завдання, вільно вирішити задачі та відповісти на питання, показати знайомство з літературою, володіти різнобічними навиками і прийомами виконання практичних робіт.

Студент може отримати оцінку «добре», якщо він покаже тверді знання програмного матеріалу, грамотно та по суті викладе його. При відповіді такий студент повинен не припустити істотних неточностей, показати володіння необхідними навиками і прийомами виконання практичних завдань.

Якщо студент знає тільки основний матеріал курсу, але не засвоїв його деталей, припускає неточності, недостатньо правильні формулювання, порушення послідовності в викладенні програмного матеріалу і зазнає скрути у виконанні практичних робіт, відповідь може отримати оцінку «задовільно».

Оцінка «незадовільно» виставляється студенту, що не знає значної частини програми, допускає істотні помилки, з великими труднощами виконує практичні роботи.

На заліках з предмету або з його частини (наприклад, лабораторні роботи) результати відповідей оцінюються звичайно по двобальній системі – «зараховано» або «не зараховано».

Інколи проводиться так званий диференційований залік – з виставленням оцінки по чотирьохбальній системі (наприклад, з курсової роботи). При двобальній оцінці знань залік виставляється в тому випадку, якщо студент виконав в повному обсязі всі роботи, передбачені навчальною програмою і виявив розуміння цих робіт.

Студенти, що не склали заліків, передбачених навчальним

планом, до екзаменів не допускаються. Якщо врахувати, що для підготовки до заліків не виділяється спеціальних днів, то очевидні труднощі, з якими вже на заліковій сесії зустрічаються ті студенти, що не працюють систематично в семестр. Слід відзначити, що студенту, зазвичай, надається можливість отримати залік з циклу лабораторних робіт «автоматично», без співбесіди з викладачем, якщо він вчасно захистив звіти по кожній з лабораторних робіт.

Оцінка студентів лише по результатах заліково-екзаменаційної сесії зовсім не означає, що в ВНЗ відступній будь-який контроль знань студентів. Адже і за час практичних занять викладач неминуче виявляє рівень знань студентів. Оцінки викладача, що виставляються в ході занять, допомагають студенту виявити свої проблеми в знаннях та сприяють їхній ліквідації.

Рівень підготовки студентів виявляється і при перевірці їх готовності до проведення чергової лабораторної роботи. Якщо викладач виявляє не підготовленість до роботи, то студент до неї не допускається. Так виникають перші академічні заборгованості, що самі студенти називають «хвостами». Накопичення «хвостів» неминуче проявляється на результатах сесії.

У ВНЗ офіційно введено атестацію (рубіжний контроль) знань студентів один або два рази протягом семестру, шляхом проведення контрольних робіт по основним розділам дисциплін або у вигляді поетапної перевірки стану виконання курсових робіт, домашніх завдань та інших самостійних робіт студентів.

У ВНЗ поточний контроль знань не є критерієм оцінки їх успішності. Чому у цьому питанні вища школа настільки радикально відрізняється від середньої школи?

Для відповіді на це питання згадаємо спочатку шкільні роки. Школяру потрібно звичайно щодня готувати чотири-шість уроків по різним предметам. Характерною ж особливістю творчої інженерної діяльності, про яку говорилося вище, є цілеспрямований та неперестанний пошук вирішення поставленої задачі. Студент повинен готуватися до інженерної діяльності такого роду. Тому студенту в

вузі надається можливість цілеспрямованого вивчення, що концентрується в різноманітних предметах. При цьому засвоєння знань може бути творчим, вдумливим, а саме навчання стає більш ефективним.

Щоб студент зміг реалізувати означену можливість, в інституті запроваджена специфічна форма контролю занять у вигляді заліково-екзаменаційної сесії. Така форма виключає щоденний опит. Проте вузівські екзамени якісно відрізняються від шкільних. На екзаміні студент повинен показати наскільки в рамках того або іншого предмету готовий до інженерної діяльності.

Інженер повинен знати та уміти творчо застосовувати свої знання. Тому на вузівських іспитах студент повинен показати, наскільки він розуміє вивчений матеріал, повинен продемонструвати, як він уміє використати свої знання, повинен проявити творчий підхід до предмету, повинен показати не стільки форму, скільки своє вміння мислити. І лише при повному дотриманні цих вимог студент може отримати відмінну оцінку.

Зараз в Україні впроваджується рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь.

Розглянемо коротко основні терміни, поняття, визначення цієї системи.

Семестровий диференційований залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу з певної дисципліни на підставі результатів виконання ним усіх видів запланованої навчальної роботи протягом семестру: аудиторної роботи під час лекційних, практичних, семінарських, лабораторних занять тощо та самостійної роботи при виконанні індивідуальних завдань (розрахунково-графічних робіт, рефератів тощо).

Семестровий диференційований залік не передбачає обов'язкову присутність студента і виставляється за умови, що студент виконав усі попередні види навчальної роботи, визначені робочою навчальною програмою дисципліни, та отримав позитивні (за національною шкалою) підсумкові модульні рейтингові оцінки за кожен з модулів.

При цьому викладач для уточнення окремих позицій має право провести зі студентом додаткову контрольну роботу, співбесіду, експрес-контроль тощо.

Кредитно-модульна система – це модель організації навчального процесу, яка ґрунтується на поєднанні двох складових: модульної технології навчання та кредитів (залікових одиниць) і охоплює зміст, форми та засоби навчального процесу, форми контролю якості знань та вмінь і навчальної діяльності студента в процесі аудиторної та самостійної роботи. Кредитно-модульна система має за мету поставити студента перед необхідністю регулярної навчальної роботи протягом усього семестру з розрахунком на майбутній професійний успіх.

Навчальний модуль – це логічно завершена, відносно самостійна, цілісна частина навчального курсу, сукупність теоретичних та практичних завдань відповідного змісту та структури з розробленою системою навчально-методичного та індивідуально-технологічного забезпечення, необхідним компонентом якого є відповідні форми рейтингового контролю.

Кредит (залікова одиниця) – це уніфікована одиниця вимірювання виконаної студентом аудиторної та самостійної навчальної роботи (навчального навантаження), що відповідає 36 годинам робочого часу.

Рейтинг (рейтингова оцінка) – це кількісна оцінка досягнень студента за багатобальною шкалою в процесі виконання ним заздалегідь визначеної сукупності навчальних завдань.

Рейтингова система оцінювання (PCO) – це система визначення якості виконаної студентом усіх видів аудиторної та самостійної навчальної роботи та рівня набутих ним знань та вмінь шляхом оцінювання в балах результатів цієї роботи під час поточного, модульного (проміжного) та семестрового (підсумкового) контролю, з наступним переведенням оцінки в балах у оцінки за традиційною національною шкалою та шкалою ECTS.

PCO передбачає використання поточної, контрольної, підсумко-

вої, підсумкової семестрової модульних рейтингових оцінок, а також підсумкової семестрової рейтингової оцінки.

Поточна модульна рейтингова оцінка складається з балів, які студент отримує за певну навчальну діяльність протягом засвоєння даного модуля – виконання та захист індивідуальних завдань (розрахунково-графічних робіт, рефератів, домашніх завдань тощо), лабораторних робіт, виступи на семінарських та практичних заняттях тощо.

Контрольна модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання модульної контрольної роботи з даного модуля.

Підсумкова модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) як сума поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок з даного модуля.

Підсумкова семестрова модульна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) як сума підсумкових модульних рейтингових оцінок, отриманих за засвоєння всіх модулів.

Екзаменаційна рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання екзаменаційних завдань.

Залікова рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка визначається як сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної (залікової – у випадку диференційованого заліку) рейтингових оцінок (в балах, за національною шкалою та за шкалою ECTS).

Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до додатку до диплому фахівця.

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах.

Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи у балах оцінкам за національною шкалою наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Відповідність рейтингових оцінок за види навчальної роботи

Оцінка у балах			Оцінка за національною шкалою
Виконання та захист лабораторної роботи	Виконання та захист домашнього завдання	Виконання модульної контрольної роботи	
8	8	8	Відмінно
7	7	7	Добре
5-6	5-6	5-6	Задовільно
менше 5	менше 5	менше 5	Незадовільно

Якщо студент виконав та захистив лабораторні роботи, домашнє завдання з позитивними (за національною шкалою) оцінками у встановлені терміни, то до його поточної модульної рейтингової оцінки додаються по одному додатковому заохочувальному балу за кожен такий вид навчальної роботи: модуль № 1 – до трьох балів, модуль № 2 – до п'яти балів.

Ще один бал може бути доданий до підсумкової модульної рейтингової оцінки модуля № 2, якщо студент взяв участь (доповідь, повідомлення) у роботі щорічної студентської або іншої науково-технічної конференції.

Якщо студент виконав та захистив домашнє завдання поза встановлений термін з неповажних причин, то максимальна величина рейтингової оцінки в балах, яку може отримати студент за результатами захисту, дорівнює 16 (оцінці «Добре» за національною шкалою), тобто зменшується на два бали.

Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

Якщо студент успішно (з позитивними за національною шкалою оцінками) виконав передбачені в даному модулі всі види навчальної роботи, то від допускається до модульного контролю з цього модуля.

Модульний контроль здійснюється в комісії, яку очолює завідувач кафедри, шляхом виконання студентом модульної контрольної роботи тривалістю до двох академічних годин.

Сума поточної та контрольної модульної рейтингових оцінок становить підсумкову модульну рейтингову оцінку. Відповідність підсумкових модульних рейтингових оцінок у балах оцінкам за національною шкалою наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Відповідність підсумкових модульних рейтингових оцінок

Модуль № 1	Модуль № 2	Оцінка за національною шкалою
31-35	49-54	Відмінно
27-30	40-48	Добре
21-26	32-39	Задовільно
менше 21	менше 32	Незадовільно

Модуль зараховується студенту, якщо він під час модульного контролю отримав позитивну (за національною шкалою) контрольну модульну рейтингову оцінку та позитивну підсумкову модульну рейтингову оцінку.

Якщо студент виконував навчальну роботу протягом семестру з порушенням встановлених термінів і не отримав (отримав мало) заохочувальних додаткових балів, то наявність у нього навіть позитивних (за національною шкалою) рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи та позитивної контрольної модульної рейтингової оцінки не гарантує, що його підсумкова модульна рейтингова оцінка буде позитивною.

У цьому випадку студент повинен виконати додаткове індивідуальне завдання за узгодженою з викладачем темою і захистити його з позитивною (за національною шкалою) оцінкою, яка має бути додана до поточної модульної рейтингової оцінки.

У випадку відсутності студента на модульному контролі з будь-

яких причин (через недопуск, хворобу тощо), проти його прізвища у колонці «Контрольна модульна рейтингова оцінка» відомості модульного контролю робиться запис «Не з'явився», а у колонці «Підсумкова модульна рейтингова оцінка» – «Не атестований».

При цьому студент вважається таким, що не має академічної заборгованості, якщо він має допуск до модульного контролю і не з'явився на нього з поважних причин, підтверджених документально. У протилежних випадках студент вважається таким, що має академічну заборгованість.

Питання подальшого проходження студентом модульного контролю у цих випадках вирішується в установленому порядку.

У випадку отримання незадовільної контрольної модульної рейтингової оцінки студент повинен повторно пройти модульний контроль в установленому порядку.

При повторному проходженні модульного контролю максимальна величина контрольної модульної рейтингової оцінки в балах, яку може отримати студент, дорівнює семи (оцінці «Добре» за національною шкалою), тобто зменшується на один бал.

Перескладання позитивної підсумкової модульної рейтингової оцінки з метою її підвищення не дозволяється.

Сума підсумкових модульних рейтингових оцінок у балах становить підсумкову семестрову модульну рейтингову оцінку, яка переходить в оцінку за національною шкалою. Відповідність підсумкових семестрових модульних рейтингових оцінок у балах оцінкам за національною шкалою така:

Оцінка в балах 90 – 100, за національною шкалою – відмінно,

Оцінка в балах 74 – 89, за національною шкалою – добре,

Оцінка в балах 60 – 73, за національною шкалою – задовільно,

Оцінка в балах менше 60, за національною шкалою – незадовільно.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та за шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки сту-

дента.

Перескладання позитивної підсумкової семестрової рейтингової оцінки з метою її підвищення не дозволяється.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента, наприклад, так: 92 / Відм. / A, 87 / Добре / B, 79 / Добре / C, 68 / Задов. / D, 61 / Задов. / E тощо.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть основні напрями вищої технічної освіти.
2. Поясніть різницю між класичними та технічними університетами.
3. Поясніть суть ступеневої вищої освіти в Україні.
4. Назвіть основні види аудиторних занять у ВНЗ.
5. Назвіть основні форми контролю знань студентів.

РОЗДІЛ 4 НАУКОВА СКЛАДОВА ФАХОВОЇ ОСВІТИ

4.1. Основні поняття

Наука – найчастіше визначається як процес творчої діяльності по отриманню нового знання, а також результат цієї діяльності у вигляді цілісної системи знань, сформульованих на основі певних принципів.

Основне завдання науки – виявлення об'єктивних законів дійсності, тому критеріями науковості, які відрізняють науку від інших форм пізнання є об'єктивність, системність, орієнтація на передбачення, доказовість, обґрунтованість та достовірність результатів.

За предметом і методом пізнання розрізняють науки про природу – природничі науки; науки про суспільство – суспільні; науки, пов'язані зі створенням та дослідженням технічних засобів – технічні науки. Окрема і важлива роль належить математиці, яку ще шанобливо називають королевою наук.

За співвідношенням із практикою виділяють фундаментальні науки (наукові дослідження, які не мають прямої практичної орієнтації і зосереджені на пошуку основних законів природи) і прикладні науки (націлені на безпосереднє практичне використання наукових результатів).

При цьому прикладна наука не може існувати без фундаментальної, з якої черпає знання та ідеї. В свою чергу, фундаментальна наука опирається на інструменти, створені прикладною наукою.

Поняття «наука» невіддільне від понять «інформація» та «інформаційні технології». Термін «інформація» (*informatio*-лат.) складається з префікса «*in-*» («в-, на-, при-») і дієслова «*formo*» («надаю форму, створюю»). В латинській мові слово «*informatio*» мало декілька значень: виклад фактів, подій; поняття; просвіта.

З середини XX століття термін «інформація» став загальнонау-

ковим, але до цих пір загальноприйнятого визначення інформації не існує. В залежності від галузі використання термін «інформація» має багато визначень, від побутового «повідомлення» до «міри неоднорідності розподілу матерії та енергії у просторі та у часі, міри змін, якими супроводжуються всі процеси, що протікають у світі» за В.М. Глушковым.

Інформаційні технології – найчастіше визначаються як сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, обробки, зберігання, розповсюдження, відображення і використання інформації. Якщо збирання інформації здійснюється шляхом вимірювання, то мова йде про **інформаційно-вимірювальні технології**, які на сьогодні є основним інструментом та рушійною силою науково-технічного прогресу.

Інформаційно-вимірювальні технології можна визначити також як галузь знань про методи та засоби вимірювання, яка забезпечує отримання кількісної та якісної інформації про властивості, характеристики і стан фізичних об'єктів. Ключовим поняттям в цьому визначенні є термін «вимірювання».

Власне, за влучним висловом Д.І. Менделєєва – «наука починається тоді, коли починають вимірювати».

4.2. Фізична величина та її вимірювання

Предметом вимірювання є фізична величина. **Фізична величина** – це властивість групи об'єктів, спільна в якісному значенні, і окрема – в кількісному значенні для кожного об'єкту цієї групи.

Об'єкти взагалі характеризуються певною (значною) сукупністю властивостей, серед яких можна виділити три групи узагальнюючих ознак: еквівалентності, порядку та адитивності.

Еквівалентність – властивість, яка є або відсутня. (наприклад, хвіст).

Порядок – однорідна для групи об'єктів властивість, яка кількіс-

но різна для різних представників групи (хвіст більший або менший).

Адитивність – властивість, яка допускає арифметичні дії (хвіст 15 см).

Властивості об'єктів у відношенні еквівалентності, порядку і адитивності є фізичними величинами, які можна вимірювати.

Розрізняють істинне значення фізичної величини, яке ідеально відтворює в кількісному відношенні відповідну властивість, та дійсне, яке знайдене експериментально і може бути використане як істинне.

Процедура вимірювання в Україні регламентується Державними стандартами України (ДСТУ).

Зокрема, ДСТУ 2681 – 94 визначає вимірювання як відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів. (Порівняйте з попереднім стандартом ГОСТ 16263 – 70, введеним в дію в 1970 році, в якому вимірювання визначається як знаходження фізичної величини досліdnим шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів).

В ролі спеціальних технічних засобів виступають засоби вимірювання. Згідно з ДСТУ 2681 – 94 засіб вимірювання це технічний засіб, який має нормовані метрологічні характеристики і реалізує процедуру вимірювання. При цьому засіб вимірювання, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації, ДСТУ 2681 – 94 визначає як вимірювальний прилад.

Результатом вимірювання є значення фізичної величини (середнє арифметичне або показ засобу вимірювання).

Якщо при вимірюванні фізичної величини X отримано сукупність значень (вибірка) $X_1, X_2, \dots, X_n$, то результат вимірювання (середнє арифметичне n результатів) визначиться формулою

$$X_c = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i.$$

Розсіяння (розкид значень) результатів n вимірювань

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_C)^2}.$$

Середнє квадратичне відхилення (с.к.в.) середнього арифметичного (результату вимірювання) визначається наступною формулою

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_C)^2}.$$

Розсіяння результатів і с.к.в. визначається в тих же одиницях, що і фізична величина, яку вимірюють.

Точність отриманого значення оцінюється похибкою ΔX , для визначення якої користуються різними методами. Найчастіше (особливо в студентській практиці) використовують так звані довірчі межі, які визначають інтервал на осі можливих значень фізичної величини, в якому істинне її значення знаходиться із заданою ймовірністю.

Визначення довірчих меж ΔX випадкової складової результату вимірювання провадиться для вибраної довірчої ймовірності P (звичай приймають, що $P = 0.95$). Якщо фізична величина формується під дією 3-х і більше незалежних факторів, жоден з яких не домінує, то приймають гіпотезу про нормальний закон розподілу фізичної величини. В цьому випадку після обчислення середнього квадратичного відхилення та перевірки гіпотези про нормальність вибірки довірчі межі визначають за формулою

$$\Delta X = \pm 2 \cdot \sigma.$$

Якщо число вимірювань менше 30, то довірчі межі визначають за формулою

$$\Delta X = \pm t_p \cdot \sigma,$$

де t_p – коефіцієнт Стюдента (Госсета).

Наприклад, якщо число вимірювань 10, то $t_p = 2.23$.

При вимірюваннях не варто забувати про мінімально необхідне число вимірювань, яке можна визначити за формулою

$$n_{\min} = \frac{2}{1 - P},$$

де P – значення довірчої ймовірності.

Крім вимірювання джерелом інформації можуть бути інформаційні процедури контролю, діагностики, ідентифікації та підрахунку.

Контроль – інформаційна процедура встановлення відповідності між заданим і виміряним значеннями фізичної величини.

Діагностика – інформаційна процедура встановлення наявності чи відсутності певних ознак (якості).

Ідентифікація – інформаційна процедура виявлення і аналізу особливостей (близька до діагностики).

Підрахунок – інформаційна процедура визначення числового значення якісно однотипних об'єктів даної сукупності.

Сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностики, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації ДСТУ 2681 – 94 визначає як вимірювальну інформаційну систему.

4.3. Інформаційно-вимірювальні системи

Основні ознаки науково-технічного прогресу, як поступального руху науки і техніки, можна сформулювати у вигляді двох аксіом.

Аксіома 1. Постійною домінантою будь-якого виробництва незалежно від суспільно-економічної формації є поліпшення якості продукції, що, крім досконалих технологій, вимагає адекватних засобів контролю.

Таким чином, технічний розвиток (отже, і життєвий рівень) суспільства визначається не тільки наявністю досконалих технологій отримання нових речовин, матеріалів та виробів, але й відповідних методів і засобів контролю цих технологій, тобто інформаційно-вимірювальних технологій.

Аксіома 2. Стан технологічного суспільства визначається розвитком високих технологій.

При цьому суттєвою відмінністю сучасного етапу науково-технічного прогресу є та обставина, що в технологічно розвинених країнах значна частка операцій контролю в високих технологіях здійснюється за допомогою засобів формування і аналізу зображень, серед яких особливе місце належить комп'ютеризованим телевізійним інформаційно-вимірювальним системам (ТІВС). За допомогою ТІВС інформація про структуру, стан та властивості об'єктів різної природи, яка міститься в їх випроміненні, перетворюється в зображення та аналізується.

Загальна методика застосування ТІВС полягає в формуванні зображення об'єкта, перетворенні його в цифровий код та використанні алгоритмів, які забезпечують необхідну точність вимірювання енергетичних і геометричних параметрів.

При цьому зображення може існувати у вигляді розподілу освітленості (яскравості), отриманої виборкою відліків з прив'язкою до координат світлоелектричного перетворювача (СЕР) телевізійної камери, сукупності електричних сигналів чи матриці цифрових кодів.

Значення відліків характеризують освітленість елемента розкладу (пікселя), а їх координати визначають геометричні характеристики зображення.

З точки зору наукових та технологічних досліджень ТІВС викликає особливу цікавість як технічний засіб з потенційно високим

просторовим розрізненням. В більшості випадків приймають, що лінійне розрізнення ТІВС визначається розміром пікселя. При цьому розміри пікселя визначаються типом СЕП і можуть бути в діапазоні від одиниць до десятків мікрон. Ця обставина разом з малою тривалістю формування сигналу всієї матриці ПЗЗ є принциповою особливістю ТІВС, яка вже зараз відкриває перед ними широкі перспективи впровадження в наукові дослідження та в технологічну практику.

ТІВС надають унікальну можливість провадити вимірювання геометричних, динамічних та енергетичних параметрів об'єктів в реальному масштабі часу з високим просторовим розрізненням шляхом аналізу як власного випромінювання, так і того, що відбилося або пройшло через об'єкт.

Концепція застосування ТІВС для дослідження геометричних, динамічних та енергетичних параметрів об'єктів базується на припущенні про СЕП як про упорядковану сукупність ідентичних і незалежних мікроперетворювачів випромінювання. Реально вимога ідентичності забезпечується програмовою корекцією, а вимога незалежності сусідніх піксел виконується при роботі СЕП в діапазоні лінійності.

ТІВС широко використовуються для охорони, в наукових дослідженнях, в промислових технологіях, в екології, в медичній діагностиці, в астрономії та в космічному матеріалознавстві, на транспорті, в криміналістичній експертизі, в біотехнології, в мікроелектроніці, в військовій справі тощо.

На базі телевізійної системотехніки, зокрема, виникли відеомікроскопія та телевізійна пірометрія, без яких досягнення багатьох галузей науки і техніки були б значно скромнішими.

Протягом багатьох років світлова мікроскопія була основним інструментом представників широкого спектру природничих та технічних наук, таких як фізика, матеріалознавство, метрологія, приладобудування, біологія тощо. Поєднання світлової мікроскопії з телевізійною технікою започаткувало новий напрям інформаційно-вимірювальної техніки, який дістав назву телевізійної мікроскопії.

В англomовній літературі часто використовується термін *videomikroskopy* – вивчення мікрозображень телевізійними методами. На нашу думку, ця назва не досить вдала, бо механічно поєднує два слова, які є відповідниками в двох різних мовах *video* (лат.), *skopeo* (гр.) – дивитися.

Відеомікроскопом або телевізійним мікроскопом називається прилад, в якому збільшене зображення об'єкту формується на мішені матриці ПЗЗ і спостерігається оператором на екрані монітора чи вводиться для обробки і аналізу в комп'ютер.

Застосування телевізійного мікроскопу дозволяє досліджувати об'єкти, які за своїми розмірами є проміжними між об'єктами, що спостерігаються за допомогою традиційного оптичного і електронного мікроскопів.

Телевізійна мікроскопія дозволяє не тільки підвищити роздільну здатність і розрізняти такі об'єкти, які не розрізняє око людини, але і перетворювати зображення, досягаючи великої чіткості його деталей завдяки аналоговій та цифровій обробці зображення. Отже, з'явилась можливість досліджувати об'єкти, розміри яких значно менші від розмірів традиційних для світлової мікроскопії об'єктів та, на відміну від електронної мікроскопії, проводити такі дослідження з живими препаратами.

Одна з найважливіших проблем, які постали перед дослідниками мікрозображень, є вимірювання різноманітних параметрів, зокрема, площі, периметру, характеристик потоку випромінювання фрагментів зображень. В традиційній мікроскопії користуються шкалами, окуляр-мікрометрами, що може займати багато часу. В той же час телевізійна апаратура в поєднанні з сучасними засобами обчислювальної техніки знімає цю проблему навіть у випадку великої кількості різноманітних об'єктів.

До переваг телевізійної мікроскопії в порівнянні зі звичайною світловою мікроскопією можна також віднести й можливість запису і зберігання зображень на комп'ютерних дисках. Це дозволяє повторно аналізувати отримані результати, зіставляючи їх з результатами

отриманими пізніше.

Завдяки телевізійній мікроскопії стало можливим вивчення об'єктів в ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектра.

Телевізійна мікроскопія є основним інструментом сучасної біотехнології, що пояснюється великим інтересом до вирішення проблем, пов'язаних з процесами, які проходять в живій клітині.

Надзвичайно перспективною виявилася ідея використання телевізійних засобів для вимірювання високих температур. Слід відзначити, що термінологія цього розділу пірометрії на сьогодні ще остаточно не склалася. Наприклад, в США зазвичай використовується термін «*Imaging pyrometer*». Однак термін «телевізійний пірометр» є більш точним, оскільки він містить всі суттєві ознаки і дозволяє дистанціюватися від пірометричних приладів з оптико-механічним розгортанням, в яких також формується зображення (*image*).

Телевізійна пірометрія має загальну з традиційною пірометриєю випромінювання теоретичну базу і в той же час завдяки особливостям формування сигналу дозволяє вирішувати сучасні наукові та технологічні задачі на якісно новому рівні.

Якщо для порівняння різних пірометричних приладів ввести показник

$$\frac{N}{\Delta \cdot \tau},$$

де N – формат вибірки, Δ – лінійний розмір пікселя, τ – час формування вибірки (кадру), то виявиться, що серед усіх типів пірометрів випромінювання найбільше значення цей показник матиме для телевізійного пірометра.

Взагалі, в пірометрії можна забезпечити розрізнення понад лінійний розмір пікселя та отримати вибірку будь-якого формату, але тільки телевізійний пірометр може забезпечити вимірювання температури в найбільшій кількості точок з найвищим просторовим розрізненням протягом найменшого часу.

Телевізійні пірометри на сьогодні широко застосовуються в промислових технологіях, наприклад, в чорній та кольоровій металургії, в прокатному виробництві, виробництві дроту, формуванні заготовок методом розливки, при вакуумному напиленні та електричному зварюванні, при дослідженні процесів локального нагріву та високотемпературного руйнування тощо.

Велика кількість практично важливих застосувань засобів пірометрії випромінювання пов'язана з різними металургійними виробництвами. Власне, в історичному аспекті та своїй появі пірометрія зобов'язана саме потребам металургії. Температура рідких металів і сплавів – важливий технологічний параметр в металургійному та ливарному виробництвах. Температурний режим плавки обумовлює фізико-хімічні властивості металу, вміст неметалічних включень, газів, що має особливе значення при виробництві спеціальних сплавів. Відхилення температури плавки від оптимальної на $\pm 20^{\circ}\text{C}$, а в деяких випадках і на $\pm 5^{\circ}\text{M}$ може суттєво вплинути на якість металу.

Контроль температурного режиму плавки дозволяє зменшити брак, скоротити тривалість плавки, зменшити витрати енергоносіїв, продовжити термін експлуатації обладнання та зменшити ризик появи аварійних ситуацій.

Вибір технічного засобу для вимірювання температури обумовлюється вимогами щодо контролю даної ланки технологічного циклу. Якщо достатньо вимірювати температуру в одній точці, то задача може бути вирішена за допомогою термопари чи традиційного пірометра, а застосування порівняно складних і дорогих засобів з формуванням та аналізом зображень є недоцільним. Такою задачею в металургії є, наприклад, вимірювання температури струменя рідкого металу, що випускається з плавильної печі або розливається з ковша безпосередньо у форму чи у накопичувач, який використовується перед розливкою в великі форми.

Дещо більшими видаються перспективи застосування ТІВС для контролю процесу розливу заготовок, ефективність та безаварійність

якого безпосередньо залежить від вирішення проблеми контролю та регулювання температури. При цьому неперервний розлив заготовок значних розмірів при високих $(600...1400)^{\circ}\text{C}$ потребує вимірювання температури в кількох зонах по периметру заготовки з розрізненням біля 20 мм, що може бути реалізоване засобами телевізійної пірометрії.

В прокатному виробництві контроль температури з наступним регулюванням режимів роботи валків забезпечує задану товщину листа прокату. Контроль провадиться, як правило, перед прокаткою і здійснюється за допомогою об'єктивних пірометрів. Така задача може бути покладена на ТП і при цьому з'являється можливість більш детально аналізувати розподіл температури на поверхні листа прокату.

При виробництві дроту головною вимогою є дотримання заданого значення діаметру. При цьому контроль провадиться вибірково, що не виключає можливого пропуску некондиційної продукції. Певним чином на якість дроту впливає температурний режим на виході з філь'єр. Приймається, що необхідний режим забезпечується підтриманням температури розплаву, що не виключає можливості його порушення саме на етапі формування дротини. Отже, в цьому випадку телевізійна пірометрія надає значно більші можливості щодо постійного і одночасного контролю обох параметрів – температури дроту на виході з філь'єри та його діаметру.

Особливі вимоги до контролю температури формуються потребами електронно-променевих та лазерних технологій. В принципі, для цих потреб можливе застосування приладів з оптико-механічним розгортанням чи навіть об'єктивних пірометрів, де в якості приймача використовується фоторезистор або фотодіод. Але, якщо температурні поля мають складну форму, малі розміри, значні поверхневі градієнти та дуже динамічний характер, тобто потребують одночасного аналізу в сотнях і тисячах точок, розташованих по довільній траєкторії, то ефективний контроль параметрів вказаних технологій можливий тільки за умови формування і аналізу зобра-

ження температурного поля в реальному масштабі часу і з високим просторовим розрізненням. Найбільш повно цим вимогам відповідають телевізійні пірометри.

В сімействі електронно-променевих технологій особливе місце належить зонній плавці (зонному переплавленню). Справа в тому, що зонна плавка як один з методів перекристалізації речовини знаходить сьогодні широке застосування в наукових дослідженнях, в технології очищення кристалів, металів, напівпровідників, органічних речовин та при створенні матеріалів з заданим розподілом домішок і вважається однією із найбільш перспективних технологій отримання матеріалів із заданими властивостями, в тому числі надчистих напівпровідників, які є основою сучасної мікроелектроніки та інших важливих галузей науки і техніки.

Загальний термін «зонна плавка» означає сукупність методів, які дозволяють перерозподіляти розчинні домішки в кристалічних речовинах і для яких спільним є повільне переміщення вузької зони розплаву вздовж твердого зразка, в результаті чого досягається перерозподіл домішок. Розплавлена зона має дві поверхні розділу між твердою та рідкою фазами – першу, що плавиться і другу, що твердне. На першій поверхні тверда речовина плавиться і змішується з рідкою. Процеси, які відбуваються на другій поверхні розділу, власне і визначають суть плавки внаслідок того, що концентрації домішок в рідкій та твердій фазі неоднакові.

Для створення розплавленої зони застосовують різні методи нагріву: індукційний, електронно-променевий, оптичний, резистивний. Кожен з методів має свої особливості, переваги та недоліки. Найбільш ефективним на сьогодні вважається електронно-променевий нагрів. В цьому методі геометрія камери та структура поля забезпечують взаємодію електронного пучка з поверхнею кристала в точці фокуса. При цьому кінетична енергія електронного пучка перетворюється в теплову. За рахунок теплопровідності виникає зона розплаву, яка утримується силами поверхневого натягу та переміщується вздовж зразка, що досягається переміщенням зразка

або джерела електронів разом із системою фокусування. Швидкість переміщення регулюється в залежності від матеріалу, його чистоти та потужності електронного пучка.

Електронно-променевий нагрів характеризується найбільшим к.к.д. (70 – 80) %, малою споживаною потужністю, що дуже важливо при використанні на борту космічної станції тривалого функціонування, високою питомою концентрацією потужності, можливістю створення вузької та регульованої в процесі плавки зони розплаву, простотою конструкції. Метод забезпечує найбільшу стерильність процесу та найвищий ступінь очистки.

Зонна плавка може проводитись як в тиглі (контейнері), так і безтигельним методом. Матеріали з температурою плавлення ТП більшою 1500 К (наприклад, для кремнію ТП=1685 К) допускають тільки безтигельну зонну плавку, оскільки в рідкій фазі вони хімічно активні.

На сьогодні зонна плавка сформувалась в потужну і розгалужену галузь виробництва матеріалів з заданими властивостями. Безперервно розвивається теоретична база, вдосконалюється технологія, розширюється сфера застосування, зростає обсяг виробництва, але актуальною і до цього часу залишається проблема виявлення закономірностей формування температурного поля і проблема його контролю. Головною причиною такого положення є особливості технології зонної плавки, які виключають можливість використання найбільш точних контактних технічних засобів вимірювання температури. До речі, свого часу сам автор методу зонної плавки Пфанн В. відзначив, що «головною перешкодою на шляху досягнення досконалої кристалічної будови при зонній плавці треба вважати незадовільний контроль температури в процесі плавки».

Дослідження характеристик отриманих зонною плавкою кристалів, які провадилися різними методами, виявили значні розходження з очікуваними оцінками. Було висловлено припущення, що причиною цього є значні поверхневі градієнти температури розплаву, які не можуть бути виявлені традиційними пірометрами.

Очевидно, що належна якість продукції може бути забезпечена тільки при дотриманні технологічних вимог щодо найважливішого параметру плавки – температури зони розплаву, що крім досконалої технології плавки вимагає адекватних методів і технічних засобів контролю. Такі методи і технічні засоби повинні забезпечити вимірювання температури зони розплаву на рівні сучасних вимог протягом всього циклу плавки, і в першу чергу, забезпечити необхідну точність вимірювання цього параметру в усьому діапазоні його зміни.

По-друге, такі методи і технічні засоби повинні створити умови для накопичення експериментального матеріалу щодо перебігу плавки, який буде використаний для розробки як методології контролю плавки, так і вдосконалення самої технології плавки.

Впровадження телевізійних пірометрів в контроль температурних режимів електронно-променевої технології безтигельної зонної плавки, дозволило вирішити проблему контролю її параметрів та суттєво підвищити якісні показники напівпровідникового кремнію.

Телевізійний пірометр є також найбільш досконалим інструментом контролю температурних режимів в технології лазерної обробки.

Поняття лазерної обробки матеріалів визначає сукупність технологічних процесів термічної обробки поверхні, зварювання, різання, утворення отворів. Термічна обробка застосовується для зміцнення поверхні за рахунок локального швидкого нагріву з наступним охолодженням, що приводить до збільшення твердості поверхневої структури. Шляхом лазерного зміцнення можна в кілька разів підвищити зносостійкість інструментів та термін експлуатації важливих вузлів в хімічному машинобудуванні, нафтовидобувній промисловості, на автомобільному та залізничному транспорті, в літакобудуванні тощо.

Характер взаємодії лазерного випромінювання з речовиною визначається співвідношенням між відбитою компонентою та тією, що поглинається, а також концентрацією потужності на одиницю поверхні. Практично до 10^4 Вт/см^2 поглинання супроводжується

підвищенню температури, при 10^5 Вт/см^2 досягається температура плавлення більшості речовин. Подальше збільшення концентрації потужності веде до розвитку локальних вибухових процесів.

Визначальним фактором перебігу процесів лазерної обробки матеріалів є температурне поле в зоні впливу лазерного випромінювання. Очевидно, що результат застосування будь-якого методу лазерної обробки матеріалів залежить від дотримання заданих параметрів теплового режиму – розподілу та динаміки температурного поля.

Ця обставина вимагає як адекватних моделей розрахунку, так і досконалої методології контролю температурного поля в зоні впливу лазерного випромінювання.

Теоретичне моделювання процесів лазерної обробки матеріалів базується на диференціальних рівняннях теплопровідності, коректність розв'язку яких залежить від достовірності крайових умов, тобто значень температурного поля при заданих аргументах. Відомі методи завдання крайових умов базуються на певних припущеннях або на емпіричних залежностях, встановлених для подібних задач. Останні, в свою чергу, отримані для інтегральних характеристик температурного поля, без врахування його розподілу в зоні впливу лазерного випромінювання, отже є джерелом похибок, які складно оцінити.

Існуючі методи технологічного контролю процесу лазерної обробки матеріалів також передбачають вимірювання тільки середніх значень температури.

Отже, в даному випадку повністю адекватними будуть методи та засоби телевізійної пірометрії, які дозволять провадити ефективний контроль в процесі обробки, визначити необхідні параметри для теоретичного моделювання, а в цілому сприятимуть вдосконаленню методології лазерної обробки матеріалів.

4.4. Інформаційні технології екологічного моніторингу

Однією з болючих екологічних проблем, і в першу чергу, мегаполісів, є високий рівень забруднення атмосфери сумішшю різноманітних викидів та газів. Зокрема, для Києва величезної гостроти набула сьогодні проблема викидів ТЕЦ-5, Трипільської ТЕС, сміттєспалювального заводу «Енергія» та інших енергетичних об'єктів. Розширення міської забудови привело до того, що за певних метеоумов частина шкідливих викидів може випасти на житлові райони та зони відпочинку, тому проблема контролю забрудненості міського повітря викидами енергетичних об'єктів є актуальною і потребує комплексного підходу при виборі інструментальної бази.

Існуючі схеми екологічного моніторингу атмосфери базуються переважно на математичних моделях розповсюдження забруднювачів, а результати розрахунку співставляються з результатами вимірювань, отриманих в мережі розташованих за певною схемою контрольних точок.

Однак, ефективність таких схем екологічного моніторингу мегаполісу не може вважатися задовільною через низьку достовірність розрахункових моделей, що залежить від точності завдання параметрів атмосфери, серед яких важливу роль відіграють дані про швидкість і напрям вітру в точці розташування джерела викидів. Основна причина цього в тому, що стан атмосфери та її стабільність у часі і просторі є складними, динамічними функціями висоти, тому моделювання поширення забруднень, яке базується на даних метеостанцій для фіксованих значень висоти, пов'язане з похибками, особливо при значній нестабільності атмосфери в ближній до джерела викидів зоні. В той же час телевізійні системи, які при достатньому контрасті викидів дозволяють в реальному часі отримувати інформацію про динаміку атмосфери на виході з труби і вздовж траси димового шлейфу, можуть забезпечити зменшення похибки моделювання, обумовленої нестабільністю атмосфери.

Застосування телевізійних систем перспективне також і з точки

зору можливості компенсації додаткової похибки моделювання, яка виникає внаслідок того, що кожне потужне джерело викидів фактично є об'ємним, а не точковим. Справа в тому, що з метеостанцій неможливо отримати дані про динаміку атмосфери в межах об'ємного джерела забруднення. Отже, при значній нестабільності атмосфери в ближній до джерела викидів зоні похибки моделювання зростають. Існуючими методами і засобами цю похибку неможливо ні зменшити, ні навіть оцінити. А телевізійна вимірювальна система, формуючи мегапксельну вибірку зображення димового шлейфу, дозволяє отримувати інформацію про динаміку атмосфери в ближній зоні в реальному часі.

ТІВС сьогодні успішно застосовуються також при вирішенні інших екологічних задач, зокрема, для визначення площі та динаміки поширення нафтових забруднень акваторій, контролю берегової ерозії, руху мілин, виявлення аномалій стану рослинного покриву тощо.

При розробці розосереджених систем моніторингу довкілля традиційним підходом є побудова класичної «клієнт-серверної» мережі. В такій архітектурі вузли збирання та первинної обробки інформації («польові вузли») розташовані безпосередньо на місцях встановлення пристроїв вимірювання екологічних параметрів. Інформація з таких вузлів передається виділеним каналом зв'язку (GSM, радіоканал, телефонна лінія тощо) на сервери єдиного дата-центру для подальшої обробки, систематизації, накопичення статистичних даних та структурування їх для представлення в прогнозах та аналітичних матеріалах.

Серед принципових архітектурних недоліків такої схеми потрібно відмітити наступні:

- Центральний сервер є так званою «єдиною точкою відмови» – ланкою системи, відмова якої або втрата зв'язку з якою виключає всю систему цілком, приводячи до втрати актуальності накопичених даних, а при тривалій відмові – до втрати накопичених даних взагалі.

- Оновлення програмного та мікро-програмного забезпечення на польових вузлах здійснюється або шляхом ручного обслуговування кожного встановленого вузла мобільним персоналом або викликає тривалі ефекти перевантаження каналів зв'язку, особливо помітні при використанні технологій підключення, яким притаманна асиметрія швидкості прийому та передачі.
- Логістичні аспекти організації індивідуальних каналів зв'язку від кожного польового вузла до центрального серверу – зокрема, собівартість засобів такого зв'язку може бути невиправдано високою при врахуванні планованого обсягу даних у порівнянні з технологічними можливостями обраних засобів зв'язку.

При розробці архітектурних засад та проектуванні автоматизованої інформаційно-аналітичної системи моніторингу (AIACM) можна використати низку технологій в рамках концепції територіально-розосереджених однорангових мереж. Зокрема,

- Відійти від гомогенності апаратно-програмного забезпечення польових вузлів в умовах, коли доцільним видається їх розташування на територіях, географічні та інфраструктурні особливості яких дозволяють безпосередній зв'язок між польовими вузлами без участі центрального серверу.
- Диверсифікувати апаратне забезпечення таким чином, щоб польові вузли мали можливість автоматичної адаптивної організації в кластерно-ієрархічні структури при збереженні рівноправності доступу до ресурсів каналів зв'язку між такими структурами.
- Уніфікувати програмне забезпечення польових вузлів таким чином, щоб підключення інформаційно-аналітичного центру або кількох центрів обробки можливо було здійснювати в будь-якому місці території, яку охоплює покриття AIACM.
- Уніфікувати програмно-технічні засоби та протоколи обміну даними в мережі AIACM з врахуванням можливості підключення споживачів екологічних даних як безпосередньо до інформаційно-аналітичного центру так і на території покриття

засобів зв'язку польових вузлів.

Низка таких та технологічно споріднених рішень дозволить уникнути всіх перерахованих вище недоліків сучасних практик побудови AIACM. Зокрема, з'явиться можливість не тільки організувати дублюючі центри обробки інформації для уникнення «єдиної точки відмови» а і можливість організовувати такі центри у вигляді пересувних лабораторій, мобільних оперативних командних пунктів, освітньо-презентаційних пунктів надання екологічної інформації населенню тощо з довільною диверсифікацією функцій центру при збереженні уніфікації представлення та обміну даними.

Завдяки гетерогенності технічно-програмного забезпечення польових вузлів стане можливим досягнути помітної економії при розгортанні логістичного забезпечення каналів зв'язку шляхом зменшення їх загальної кількості при одночасному адаптивному плануванні навантаження на польові вузли, які будуть відігравати роль ретрансляторів.

Використання програмних технологій однорангових мереж дозволить також а) здійснювати оновлення програмного та мікропрограмного забезпечення на польових вузлах без перевантаження центрального серверу, а завдяки принципу обміну даними кожного вузла з кожним сусіднім — витрачаючи значно менше часу; б) використовувати резервну інформаційну ємність сусідніх польових вузлів та кластерних структур для тимчасового збереження накопичених даних у випадках локального підвищення їх обсягу (наприклад, при місцевих надзвичайних ситуаціях), що також прискорить доступ до цих даних для мобільних оперативних командних пунктів.

В цілому, застосування архітектурних засад територіально-розосереджених однорангових мереж при побудові інформаційних технологій в складі AIACM дозволить вивести наукові, практичні та технологічні компоненти і практики моніторингу навколишнього природного середовища на рівень, що значно перевищує не тільки вітчизняні аналоги, але і зарубіжні.

4.5. Студентська наукова робота

Важливим компонентом самостійної роботи студентів є наукова робота. Іноді проведення наукового дослідження сприймається студентом як незвичайне та виняткове явище. Але достатньо побувати на конференціях студентського науково-технічного товариства, щоб переконатися в масовості та в доступності такого виду самостійної роботи студентів. Що стосується користі, принесеної студенту науково-дослідницькою роботою, то вона очевидна і для першокурсника.

Наукова робота сприяє технічному зростанню. Особливо цінними стають ті роботи, що проводяться спільно з викладачами по кафедральній тематиці науково-дослідницьких робіт та в студентських лабораторіях (конструкторських бюро).

Наукові дослідження можуть проводитися студентами в різноманітних формах. Звичайно, дослідження, які проводяться студентом, не відразу стають темою доповіді на конференції. На перших порах він вивчає додаткову літературу по вибраній темі, робить перші кроки в науці. Після цього приходять перші результати, з якими росте і впевненість в своїх силах. При проведенні наукових досліджень студент навчається критично сприймати прочитане, вчиться ставити запитання та знаходити відповіді на них, опановує методику проведення наукового експерименту.

Навчальним планом фаху передбачається вивчення дисципліни «Основи наукових досліджень». Дисципліна знайомить студентів з методологією наукових досліджень та з науковою роботою. Студенти виконують елементарні наукові дослідження, наприклад, у вигляді фрагментів лабораторних робіт. Завершуються дисципліни виконанням і захистом самостійного наукового дослідження, тема якого визначається індивідуальним завданням кафедри.

Студентам, які успішно займаються науковими дослідженнями і відмінно встигають з усіх предметів, деканатом може бути надане право навчатися по індивідуальному графіку.

Контрольні запитання та завдання

1. В чому полягає основне завдання науки?
3. Дайте визначення інформаційно-вимірювальних технологій.
4. Поясніть різницю між істинним та дійсним значеннями фізичної величини.
5. Що таке засіб вимірювання?
6. Наведіть приклади застосування телевізійних інформаційно – вимірювальних систем в наукових дослідженнях та в технологічній практиці.

РОЗДІЛ 5 АНАЛІТИЧНІ ПРИЛАДИ, СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ

5.1. Загальні поняття

Аналіз параметрів різноманітних речовин здійснюється за допомогою спеціальних засобів вимірювання-аналітичних приладів (АП), серед яких розрізняють аналізатори (автоматичні та напіваавтоматичні), а також індикатори.

Аналізатор-вимірювальний прилад, призначений для аналізу складу або властивостей речовини, яка аналізується.

Автоматичний аналізатор-засіб вимірювання, в якому всі операції здійснюються автоматично (відбір проби, її аналіз, фіксація результатів аналізу та утилізація проби, що пройшла аналіз).

Напіваавтоматичний аналізатор-засіб вимірювання, в якому автоматично здійснюється більша частина операцій аналізу (наприклад, не автоматизовані операції вводу та виводу проби).

Індикатор (визначник, сигналізатор) – аналізатор, що виробляє інформацію про якісний склад речовини, яка аналізується (наприклад, про наявність або відсутність деякого компонента; про досягнення певного значення концентрації речовини).

В аналітичних екологічних приладах і системах використовуються вимірювальні перетворювачі - засоби вимірювання, призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, яка зручна для передачі, подальшого перетворення, обробки і (або) зберігання.

Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) – вимірювальний перетворювач, до якого підведена величина, що вимірюється (перший у вимірювальному колі).

Вторинний вимірювальний перетворювач (ВВП) – вимірювальний перетворювач, що стоїть у вимірювальному колі за ПВП.

Зразковий засіб вимірювання (ЗЗВ) – міра, вимірювальний

прилад, вимірювальний перетворювач, що використовується для перевірки по ньому інших (як робочих, так і зразкових меншої точності) засобів вимірювання та затверджений як зразковий.

Вимірювальна аналітична система (ВАС) – сукупність засобів вимірювання (мір, вимірювальних аналітичних приладів, вимірювальних перетворювачів) і допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку, що призначена для вироблення сигналу вимірювальної інформації в формі, яка зручна для автоматичної обробки, передачі і (або) використання в автоматичних системах керування. ВАС використовується в наукових дослідженнях, при проведенні контролю якості та в метрологічних установах для визначення метрологічних характеристик засобів вимірювання.

Прилади, призначені для аналізу газоподібних середовищ-газоаналізатори – є найбільш поширеною групою аналізаторів, вони першими стали застосовуватися для контролю горіння у промислових котлах.

Бінарна суміш – суміш газів, або рідин, що складається із 2-х компонентів. Аналіз бінарної суміші можливий за умов, що компоненти її відрізняються один від другого якими-небудь фізичними або фізико-хімічними властивостями.

Багатокомпонентна суміш – суміш газів або рідин, яка складається із 3-х і більше компонентів.

Псевдобінарна суміш – багатокомпонентна суміш, в якій наявні компоненти суттєво відрізняються по фізичним або фізико-хімічним властивостям від компонента, який визначається. Аналіз псевдобінарної суміші аналогічний аналізу бінарної суміші.

При проведенні екологічного моніторингу довкілля застосовують фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи аналізу.

Фізичні методи аналізу базуються на вимірюванні фізичних величин, які притаманні речовині, що аналізується, наприклад, вимірювання густини, в'язкості, теплопровідності, магнітної сприйнятливості, показника заломлення, коефіцієнта поглинання тощо.

Фізико-хімічні базуються на хімічних перетвореннях речовини і вимірюванні фізичних величин, що супроводжують ці перетворення, наприклад, температури або потоку випромінювання і т.п.

Хімічні базуються на хімічних перетвореннях і вимірюванні складу речовин (кількісний аналіз), або отриманні інформації про те, з яких речовин складається об'єкт, що досліджується (якісний аналіз).

Якісний склад суміші дає інформацію про те, які компоненти входять в суміш. Кількісний склад суміші – дає інформацію про кількість компонентів, що входять в суміш. Кількісний склад характеризується концентрацією (вмістом) окремих компонентів. Концентрація-значення, яке показує відносну кількість компонента, що визначається в суміші. Розрізняють масову концентрацію C_m , об'ємну концентрацію C і мольну концентрацію, які визначаються як відношення маси, об'єму, або кількості речовини даного компонента відповідно до маси, об'єму або кількості речовини всієї суміші.

Масова концентрація задається числом грамів речовини в 1 л, числом грамів речовини в 1 м³, числом міліграмів речовини в 1 л, або у 1м³, числом грамів речовини у 100 г суміші.

Об'ємна концентрація задається числом мілілітрів речовини у 100 мл суміші, числом мілілітрів речовини у 1 л, числом мілілітрів речовини у 1м³. Малі об'ємні концентрації задаються в ppm (parts per million) – мільйонні долі:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1\,000\,000} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^{-4} \text{ об.}\%$$

Дуже малі концентрації визначаються в мільярдних долях – ppb (parts per billion)

$$1 \text{ ppb} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} = \frac{1}{10^{-9}} = 10^{-7} \text{ об.}\%$$

Результат вимірювання завжди містить похибки – методичну та інструментальну.

Методична похибка – складова похибки вимірювання, що зумовлена неадекватністю об'єкта вимірювання та його моделі, прийнятою при вимірюванні. Методична похибка визначається недосконалістю методу вимірювання, який покладено в основу роботи АП.

В залежності від умов функціонування похибки поділяються на основну та додаткову. Основна похибка – похибка, що виникає при вимірюванні параметрів вхідної величини у нормальних умовах функціонування. Нормальні умови функціонування – умови, за яких значення впливових неінформативних величин знаходяться у межах установлених норм. Наприклад, температура повітря $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$; відносна вологість $(30...80)\%$; відхилення напруги живлення від номінальної $\pm 2\%$; частота змінного струму живлення $(50 \pm 0,5)$ Гц.

Додаткова похибка – похибка, яка додатково виникає під час його використання в умовах відхилення хоча б однієї із величин від нормального значення, або її виходу за границі нормальної зони значень.

Інструментальна похибка – складова похибки вимірювання, що обумовлена властивостями засобів вимірювальної техніки. Ця похибка складається із похибки власне АП та похибки від взаємодії АП із об'єктом. Інструментальна похибка має декілька складових, які обумовлені недосконалістю конструкції, технології виготовлення, старінням матеріалів, внутрішніми та зовнішніми дестабілізуючими факторами.

5.2. Адсорбційні аналітичні прилади

Адсорбція (від лат. *ad* – на, *sorbeo* – поглинаю) – переважне концентрування молекул газу або розчиненої в рідині речовини (адсорбата) на поверхні рідини, а також розчиненої у рідині речовини

на межі її розділу із газовою фазою.

Явище адсорбції пов'язано з тим, що сили міжмолекулярної взаємодії на межі розділу фаз не скомпенсовані і граничний шар має вільну поверхневу енергію. В результаті притягнення поверхнею розділу фаз молекул адсорбата, що знаходяться поблизу поверхні, вільна поверхнева енергія зменшується.

В залежності від характеру взаємодії молекул адсорбата та адсорбента розрізняють фізичну адсорбцію та хемосорбцію. Фізична адсорбція обумовлена силами міжмолекулярної взаємодії і не супроводжується суттєвими змінами електронної структури молекул адсорбата. Фізична адсорбція може бути як моношаровою, так і полімолекулярною (багатошаровою).

При адсорбції електролітів із їх розчинів звичайно виникає подвійний електричний шар. Якщо рідкий адсорбат змочує поруватий адсорбент, то в порах останнього може відбуватися капілярна конденсація. При фізичній адсорбції молекули, що адсорбували, мають поверхневу рухливість.

При хемосорбції між атомами (молекулами) адсорбента та адсорбата утворюється хімічний зв'язок, тому хемосорбцію можна розглядати як хімічну реакцію, область протікання якої обмежена поверхневим шаром. В деяких випадках на одній поверхні можуть відбуватися обидва типи адсорбції одночасно.

Хемосорбція при низьких температурах протікає повільно, швидкість її зростає з підвищенням температури подібно швидкості хімічних реакцій (активована адсорбція). Процес адсорбції супроводжується виділенням тепла. Теплота фізичної адсорбції дорівнює (1...5) ккал/моль для простих молекул та (10...20) ккал/моль для складних молекул. Теплота хемосорбції порівняна з теплотою хімічних реакцій (10...100) ккал/моль.

Хемосорбція активних газів на поверхні оксидів напівпровідникових металів та халькогенідів змінює їх поверхневу провідність, завдяки чому змінюється електричний опір. Зміна провідності в напівпровідникових елементах обумовлена зміною концентрації

електронів в зоні провідності (або дірок в валентній зоні) завдяки обміну зарядами з адсорбованими частинами газової фази.

Отже, матеріали на основі напівпровідникових чутливих елементів (НПЧЕ) перспективні для виготовлення газоаналізаторів. НПЧЕ характеризуються рядом переваг: висока чутливість, мала потужність, що споживається, велика швидкодія, малі габарити (долі мм), простота, економічність.

При цьому перетворення вхідної величини – концентрації компонента суміші – здійснюється безпосередньо в електричний сигнал.

В залежності від технології виготовлення НПЧЕ діляться на 2 групи: керамічні і плівкові (тонко – та товстоплівкові).

В керамічних НПЧЕ використовуються оксиди металів: SnO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , CuO , InO_3 , TiO_2 . Порошок оксиду метала змішують із зв'язуючим матеріалом (целюлоза, алкід) до створення пасти, а потім наносять між двома дрітряними електродами і випалюють на повітрі при температурі (800...1000)°C. При цьому створюється пориста структура, що необхідно для збільшення поверхні, яка контактує безпосередньо із газовим середовищем. Електроди виготовляють у вигляді спіралі із чистої платини, паладію, сплавів паладій-іридій, іридій-платина, родій-платина.

Підбираючи оксиди відповідних металів, можна створити селективні НПЧЕ. Наприклад, на основі оксидів ZrO_2 , CoO , TiO_2 створені керамічні чутливі елементи для аналізу концентрації молекулярного кисню в газових сумішах, на основі Cu_2O , CuO – для окису вуглецю, на основі MnO_2 – для вуглекислого газу, на основі V_2O_5 – для двоокису сірки, на основі NiO – для закису азоту.

Плівкові НПЧЕ в залежності від товщини плівки чутливого матеріалу бувають товстоплівковими (товщина плівки > 20 мкм) і тонкоплівковими (товщина плівки < 20 мкм).

Плівкові НПЧЕ складаються із діелектричної підкладки, плівки чутливого матеріалу і електродів. Виготовляють плівкові НПЧЕ із тих самих матеріалів, що і керамічні, змінюється в основному технологія формування плівки чутливого елементу і електродів. Для електродів

використовують паладій, платину, золото, срібло, мідь, нікель, оксид рутенію. Всі ці матеріали використовуються у вигляді паст. Для діелектричної підкладки використовують оксид алюмінію. Товсто-плівкова технологія дозволяє поєднати процеси виготовлення НПЧЕ і електричної схеми.

При виготовленні тонкоплівкових НПЧЕ застосовують технології, що характерні для мікроелектроніки, вакуумне напилення, фотолітографію, осадження плівок оксидів металів. Використання такого НПЧЕ зменшує його габаритні розміри та споживаєму потужність. Основними матеріалами для виготовлення НПЧЕ є двооксид олова та монооксид цинку. Плівки із двооксиду олова характеризуються високою хімічною стабільністю, механічною міцністю, термостійкістю, високою адгезією до скла.

5.3. Абсорбційні аналітичні прилади

Абсорбційний (від лат. *absorptio* – об’ємне поглинання) оптичний метод аналізу базується на поглинанні випромінювання атомами і молекулами речовин. Будь – яка речовина має характерний для неї спектр поглинання, що і використовується в абсорбційному методі.

В залежності від виду речовин, що поглинають випромінювання, а також від способу трансформування надлишкової енергії збудження розрізняють кілька методів.

1. Атомно-абсорбційний метод аналізу, який базується на вимірюванні поглинання випромінювання атомами речовини, яка аналізується.

2. Молекулярний абсорбційний метод аналізу, який базується на вимірюванні поглинання випромінювання молекулами із складними іонами речовин.

3. Турбідиметричний метод аналізу, який базується на вимірюванні поглинання випромінювання частинками речовини, що зависли

у середовищі.

4. Нефелометричний метод аналізу, який базується на вимірюванні розсіювання випромінювання частинками речовини, що зависли в середовищі.

5. Люмінісцентний метод аналізу, який базується на вимірюванні випромінювання, що виникає в результаті виділення надлишку енергії збудженими молекулами речовини.

Абсорбційні аналізатори знайшли широке застосування як при якісному, так і при кількісному аналізі складу речовин, а також при проведенні різноманітних наукових досліджень і при вирішенні аналітичних задач в різних галузях виробництва.

Такий широкий спектр застосувань абсорбційних аналізаторів пояснюється рядом привабливих характеристик:

- висока селективність вимірювання компонентів складних сумішей;
- висока чутливість вимірювання;
- можливість проводити аналіз параметрів речовин в реальному масштабі часу;
- простота аналізу широкої гами речовин від атомів і молекул до складних сумішей.

Абсорбційні аналізатори застосовуються в широкому спектральному діапазоні, який простягається від ультрафіолетового $\lambda=(12 \div 380)$ нм, охоплює видимий діапазон $\lambda=(380 \div 760)$ нм та доходить до далекого інфрачервоного діапазону $\lambda=(760 \div 10^6)$ нм.

Ультрафіолетові абсорбційні аналізатори дозволяють аналізувати ароматичні та гетероциклічні з'єднання, ацетилен і т.п., а із неорганічних – хлор, фосген, двоокис сірки, двоокис азоту, карбоніл нікелю, ртуть, озон тощо.

Інфрачервоні абсорбційні аналізатори дозволяють аналізувати значно більше речовин ніж ультрафіолетові абсорбційні аналізатори, тому що практично все речовини, які містять у молекулі два та більше типів атомів мають спектр поглинання в ІЧ-області.

Абсорбційні аналізатори, як правило, складаються із випромі-

нювача, оптичної системи випромінювача, камери аналізу, яка містить кювету із речовиною, що аналізується, системи підготовки проби, пристрою модуляції потоку випромінювання, пристрою для виділення необхідного спектрального інтервалу випромінювання, який в своєму складі містить диспергуючий елемент, фотоприймача, попереднього підсилювача, системи відображення вимірювальної інформації.

За такою схемою, наприклад, побудований комплекс 306АС01, який призначений для неперервного вимірювання концентрації оксиду азоту (NO), двооксиду азоту (NO_2), двооксиду сірки (SO_2), оксиду вуглецю (CO), двооксиду вуглецю (CO_2), метану (CH_4). Основною сферою використання приладу є екологічний моніторинг шкідливих газових викидів в атмосферу, а також контроль відвідних газів у технологічних процесах з метою забезпечення оптимального горіння палива або ефективної роботи систем газової очистки в енергетиці, авіабудуванні, хімічному будівництві та інших видах промисловості. В області технології спалювання різних видів палива комплекс 306АС01 дозволяє істотно знизити енергетичні витрати.

5.4. Люмінесцентні аналітичні прилади

Відомо, що світло має квантову природу та енергія кванту випромінювання визначається наступним співвідношенням:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

де $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с – постійна Планка;

ν – частота випромінювання;

c – швидкість світла;

λ – довжина хвилі випромінювання.

При поглинанні електромагнітного випромінювання молекулою її енергія збільшується на величину енергії кванту E , що поглинається. При цьому молекула може переходити із нижніх на більш високі енергетичні рівні. Можливий також перехід із високих рівнів на нижні, що супроводжується випромінюванням.

Люмінесценція – це нерівноважне випромінювання збуджених частинок, яке визначається як надлишок над тепловим випромінюванням і має тривалість більшу ($10 - 11$) с.

В залежності від тривалості процесу випромінювання люмінесценції розрізняють флюоресценцію (тривалість випромінювання $\sim 10^{-9}$ с) і фосфоресценцію (тривалість випромінювання $> 10^{-6}$ с з моменту припинення збудження).

В залежності від роду збудження люмінесценцію поділяють на фотолюмінесценцію, катодолюмінісценцію, радіолюмінесценцію, хемілюмінесценцію, триболюмінесценцію.

Фотолюмінісценція – випромінювання, що виникає при опромінюванні тіла стороннім джерелом світла, особливо ультрафіолетовим.

Катодолюмінісценція – люмінесценція, яка збуджується електронним пучком (наприклад, катодним пучком).

Радіолюмінісценція – люмінесценція, яка збуджується α -частинками радіоактивних променів (наприклад, свічення порошків та фарб на циферблатах).

Рентгенолюмінесценція – люмінесценція, яка збуджується рентгенівським випромінюванням.

Хемілюмінесценція – люмінесценція, в якій джерелом енергії збудження є енергія хімічної реакції. Її різновидом є біолюмінесценція, яка виникає у живих організмів (наприклад, світлячків) при окисленні особливих речовин.

Триболюмінесценція – люмінесценція, яка збуджується тертям речовин.

Важливою характеристикою фотолюмінісценції є квантовий вихід – відношення числа фотонів, які випромінюються у всьому спектрі люмінесценції, до числа поглинутих фотонів при монохрома-

тичному збудженні.

При збільшенні концентрації речовини інтенсивність люмінесценції зменшується та при концентраціях ($10^{-4} \dots 10^{-3}$) г/моль настає концентраційний бар'єр – повне гасіння люмінесценції.

Методи люмінесцентного аналізу реалізуються шляхом подачі на об'єкт світлового потоку необхідного спектрального складу і потужності, завдяки чому відбувається збудження молекул речовини, яка аналізується. Після збудження молекул відбувається їх перехід на основний енергетичний рівень з утворенням люмінесцентного випромінювання, інтенсивність якого пропорційна концентрації речовини.

До основних методів люмінесцентного аналізу можна віднести такі:

- а) люміноскопичні методи аналізу,
- б) люмінографічні методи аналізу,
- в) люмінометричні методи аналізу.

Люміноскопичні методи аналізу – методи аналізу, які застосовують візуальний якісний аналіз, або технічний контроль продукції. Цей вид аналізу за допомогою фотоапарата перетворюється в люмінографічний аналіз, коли треба в результаті проведених випробувань добути об'єктивний документ.

Люміноскопичні методи аналізу можуть застосовуватися для контролю якості картоплі та овочів, що зберігаються, а також для виявлення на ранніх стадіях вірусних захворювань. Наприклад, підморожена картопля виявляється по слабому білувато-блакитному світінню підморожених місць на фоні однорідного жовтого або сіро-коричневого світіння здорової частини.

По кольору флуоресценції можна розрізнити свіже непошкоджене і старе пошкоджене насіння пшениці і жита.

Косий зріз життєздатного насіння вівса має синювате світіння, а нежиттєздатне – має другі кольори світіння. Життєздатні розрізані зерна кукурудзи флуоресціюють яскравим блакитно-фіолетовим світлом, а нежиттєздатні – жовтувато-білим, коричневим, темно-сірим і

жовтувато-зеленим світлом, що залежить від вологості насіння.

Життєздатне насіння льону-довгунця флуоресціює яскраво-блакитним, а льону олійного – яскраво жовтим або яскраво-зеленим. Нежиттєздатне насіння світиться яскраво-білим або червоним світлом.

Зрізи життєздатного насіння коноплі флуоресціюють золотисто-жовтим світлом, а нежиттєздатного – коричневим або сірим світлом.

Зовнішній шар в зерні пшениці світиться більш інтенсивним синім світлом, ніж зерно в цілому. Збільшення вологості борошна може привести до переходу синього світіння в яскраво – блакитне, а добре висушене борошно флуоресціює жовтим кольором.

Колонії грибків і бактерій в борошні можуть також флуоресціювати. Спороносні палички дають флуоресценцію червоного кольору, а кишкові – зеленого кольору.

Молоко здорових корів флуоресціює жовто-коричневим кольором, якщо $pH < 4$, при $pH > 8$ флуоресценція зникає.

В птахівництві досліджують якість курей, що несуть яйце, по характеру люмінесценції яєць. Виявлено, що є залежність між типом флуоресценції яєць і несучістю курей. Здатність до несучості курей можна проводити в ранньому віці курей по флуоресценції яйця, знесеного за перший місяць. Бактерії *Pseudomonas fluorescens* виникають на внутрішній стороні яєчної шкарлупи, а через (1 – 8) днів проникають в білок і тоді білок починає флуоресціювати.

Заражені м'ясо і риба також флуоресціюють, що дає можливість визначити початок пошкодження тоді, коли інші методи (наприклад, органолептичний) не дають результатів.

Можна підібрати такі хімічні реагенти, які при їх введенні в невеликій кількості в розчин, зумовлюють появу фотолюмінісценції розчину, якщо він не мав такої раніше, або зникнення фотолюмінісценції, яку розчин мав перед цим. Такі реагенти називаються флюоресцентними індикаторами.

Люмінесцентний аналіз застосовується для експресного визначення сортності та ступеня окислення вугілля, а також в геології при

розвідувальних роботах на місці і в польових умовах. Згідно з методикою визначення сортності вугілля спостерігають колір люмінесценції фільтрувальної стрічки, просоченої розчинами вугілля.

Люмінесцентний метод дефектоскопії дозволяє легко виявити тріщини на поверхні різного роду металевих виробів. Оброблені деталі після шліфування або полірування занурюються в розчин з люмінесцентним барвником. На поверхню великих деталей цей розчин наносять пензликом. Розчин має здатність проникати глибоко у мікротріщини і після видалення його з поверхні деталі, він зберігається у мікротріщинах. Далі деталь підсушують у струмені підігрітого повітря, що сприяє виходу люмінесцентного розчину з мікротріщин на поверхню деталі. Після цього деталь досліджується в світлі люмінесцентної ртутної лампи.

Поряд з рентгенівським та магнітним методами люмінесцентний метод дефектоскопії застосовується для заводського контролю деталей. Люмінесцентний метод використовують і в дефектоскопії виробів із пластмас, немагнітних матеріалів, що неможливо зробити іншими методами.

Люмінографічні методи аналізу застосовують тоді, коли необхідно отримати документ (фотографію) досліджуваного об'єкту. Люмінографія є менш чутливим методом аналізу, ніж люміноскопія, де використовується надвисока чутливість людського ока. Люмінографія широко застосовується в судовій експертизі при встановленні автентичності документів, їх походження, підробках і т.п.

5.5. Люмінометричні методи аналізу

Люмінометричні методи аналізу пов'язані з фотометрією (спектрофотометрією). Люмінометричні методи аналізу широко застосовується у гумовій промисловості, де проводять кількісну оцінку інгредієнтів світлих гумових сумішей на основі природного каучуку.

Люмінометричні методи застосовується при аналізі мінеральних масел в енергетиці та хімічній промисловості. По кольору флуоресценції можна розпізнати чисті масла різних модифікацій.

Люмінесцентний метод застосовується для визначення вмісту невеликих кількостей нафтових і кам'яновугільних масел в різних середовищах, наприклад, у воді, в рідкому кисні, в продукції хімічної промисловості.

Люмінометричні методи використовуються в неорганічній хімії для визначення мінімальних концентрації більшості елементів періодичної системи елементів Менделєєва. Наприклад, для елементів першої групи періодичної системи елементів, зокрема, для визначення концентрації літію в розчинах гірських порід. Для цього використовують 8-оксихінолін, який з літій створює з'єднання, що флуоресціює зеленим світлом. Чутливість методу 0,0000005 мг літію в 5 мл розчину.

Для елементів II групи, наприклад, для берилію, використовують реактив з моріну – продукту рослинного походження. Флуоресценція має яскраво – зелений колір.

Цинк і кадмій в нейтральному розчині з 8-оксихіноліном флуоресціюють світло-жовтим світлом, що дозволяє визначити концентрації до 0,1 мг в 50 мл розчину.

Для елементів III групи, наприклад, бору з люмінесцентним реактивом бензоїном в 85 % спиртовому лужному розчині можна отримати чутливість – 0,0000001 бору у 5 мл. (Флуоресценція синього кольору).

Використання родаміну як люмінесцентного реактиву для вимірювання концентрації галію *Ga* дає чутливість 0,0000001 у 5 мл розчину.

Рідкісноземельні елементи дають флуоресценцію в УФ частині спектру. Спектр флуоресценції гадолінію *Gd* має вузькі смуги в районі $\lambda=311$ нм, солі церію *Ce* – широку смугу в області $\lambda=(330 \div 402)$ нм. Спектри флуоресценції європію *Eu* та тербію *Tb* мають ряд характерних смуг, для солей європію – червоного кольору,

для солей тербію – зеленого, жовто зеленого. Чутливість вимірювання в розчині до 10–8 г/мл.

Германій в розчині з реактивом – резацетофеноном в концентрованих кислотах (сірчана або фосфорна) дає яскраву жовто-зелену флуоресценцію розчинів.

Цирконій з реактивом – 3-оксифлавоном дає флуоресценцію – зелену смугу.

Олово в мінералах, сплавах і шовку визначають використовуючи реактив – морін, при цьому таке з'єднання дає флуоресценцію синьо-зеленого кольору.

Миш'як визначають за допомогою уранілнітрата, при цьому осад дає флуоресценцію жовто-зеленим світлом.

Спиртовий розчин дігідрокрідіна при взаємодії з озоном повітря окислюється в акридін, для якого характерна яскрава флуоресценція. Інтенсивність флуоресценції пропорційна концентрації створеного при цьому акрідіна, відповідно і озону, що вступив в реакцію. Чутливість $\sim 0,02 \text{ мг/м}^3$.

Люмінометричні методи застосовуються також в біології і органічній хімії. Ряд ароматичних з'єднань, які можуть діяти як збудники раку, флуоресціюють. Наприклад, в парафіновому маслі є смуга $\lambda=403,5 \text{ нм}$, яка виникає вже при концентрації $10^{-3} \%$, а при концентраціях $C > 5 \cdot 10^{-3} \%$ з'являється смуга $\lambda=432 \text{ нм}$.

Естрогені речовини – статеві гормони – флуоресціюють в короткохвильовій частині видимого світла.

Вітамін В2 (рібофлавін) в нейтральному водному розчині та у спирті флуоресціює жовто-зеленим світлом ($\lambda_{\text{max}}=535 \text{ нм}$). Адреналін в крові також визначається люмінесцентним методом. У лужному розчині адреналін флуоресціює жовто-зеленим світлом.

Хемілюмінесцентні методи аналізу можна застосувати для вимірювання концентрації озону, при цьому допоміжним газом є етилен високої чистоти. Хемілюмінесцентні методи при вимірюванні концентрації O_3 озону мають найвищу чутливість та селективність порівняно з калориметричними, кулонометричними та ін.

Яскрава люмінесценція спостерігається у хемілюмінесцентних аналітичних реакціях перекису водню, що спонукало біохіміків використати ці реакції для спостереження наявності слідів перекису водню у біологічних об'єктах. Хемілюмінесценція в аналітичних реакціях з перекисом водню була використана в текстильній промисловості при виробництвах тканини із ацетатного шовку. Хемілюмінесцентна реакція з люміналом дозволила виявити наявність перекису водню, що обумовлювало руйнування волокна.

В судово-хімічній практиці для виявлення слідів крові сприскують поверхню розчином гідрозина 3-амінофталієвої кислоти у розбавленому розчині перекису натрію, який містить перекис водню. Кров взаємодіє із перекисом водню, в результаті чого спостерігається яскраве світіння.

Застосування хемілюмінесцентних методів дає можливість вимірювати відносну концентрацію атомів водню у полум'ї, якщо ввести у полум'я мідь. При цьому реєструється яскрава смуга випромінювання CuH , інтенсивність якої при $\lambda=4280\text{ Å}$ пропорційна концентрації атомів водню.

В якості джерел випромінювання люмінесцентних аналізаторів найчастіше використовуються теплові джерела, газорозрядні лампи, лазери.

Типовим джерелом теплового випромінювання є лампи з вольфрамовою ниткою при робочій температурі $T=(2200\div 3000)\text{ К}$. Останнім часом для продовження строку служби використовують галогенні лампи розжарювання, в колби яких додають галогени (йод або бром).

Лазери, для яких є характерними висока монохроматичність, когерентність, потужність, також використовуються як джерела збудження люмінесценції.

5.6. Хроматографічні аналізатори

Хроматографічний метод аналізу дозволяє вирішити одну із найактуальніших задач – аналіз багатокomпонентних сумішей речовин. В хроматографічному методі суміш речовин, що має бути проаналізована, подається у шар нерухомої фази – сорбенту і разом з рухомою фазою переміщується вздовж всього шару сорбенту. Кожен із компонентів суміші взаємодіє з сорбентом нерухомої фази. При цьому відбуваються процеси сорбції і десорбції, які для кожного із компонентів суміші мають різну швидкість, в результаті чого забезпечується висока ефективність розділення багатокomпонентної суміші речовин.

Хроматографічний аналізатор – пристрій, принцип дії якого базується на розділенні складної багатокomпонентної суміші на окремі компоненти в процесах сорбції і десорбції компонентів при русі суміші вздовж сорбенту, і на подальшому визначенні концентрації кожного із компонентів.

Хроматографічний метод аналізу був запропонований у 1903 р. російським ботаніком М.С. Цветом для розділення та аналізу рослинних пігментів. З 60-х років минулого століття методи газової хроматографії успішно застосовуються у фізико-хімічних дослідженнях речовин. На сьогодні хроматографічні методи аналізу знайшли широке застосування у хімії органічних та неорганічних речовин у біохімії, в хімічній, нафтохімічній, харчовій, фармацевтичній, нафтопереробній, газовій промисловості.

Перспективним є застосування методів та засобів газової хроматографії для ідентифікації і вимірювання мікроконцентрацій шкідливих речовин у повітрі, які здійснюються із високою селективністю та точністю. Мінімальний вміст шкідливих речовин у повітрі, що визначається за допомогою хроматографічних аналізаторів: акрилонітрил – 4 мкг; аліфатичні аміни (первинні, вторинні, третинні) – 10 мкг; ацетон – 0,05 мкг; бензол – 0,01 мкг; 1,2 – діхлоретен – 0,05 мкг; діціан – 0,05 мкг; ізопентан – 4 мкг; ізопропілбензол – 0,1 мкг;

ксилол – 0,05 мкг; метафос та інші фосфорорганічні пестициди – 10^{-4} мкг; діоксин сірки – 0,1 %; стирол – 5 мкг; толуол – 0,05 мкг; трихлорметафос – 0,01 мкг; діоксин вуглецю – 1,2 мкг; фталофос – 0,1 мкг; циклогексан – 0,05 мкг; етилбензол – 0,05 мкг.

Застосування методів хроматографії у різноманітних аналітичних вимірюваннях пояснюється наступним. Хроматографія дозволяє розділяти та аналізувати будь-які газоподібні і рідкі речовини, що недоступно іншим аналітичним методам.

За допомогою хроматографії можна аналізувати як малу, так і велику кількість суміші. Хроматографічними методами можна аналізувати речовини із температурою кипіння до 500°C. Хроматографічні методи аналізу дозволяють визначити концентрації речовин від 10^{-6} %.

Сучасні хроматографічні аналізатори характеризуються блочною конструкцією, широким набором детекторів та наявністю найрізноманітніших додаткових пристроїв. Конструктивно ці хроматографи виконано у вигляді моноблоку, в якому розташовані системи газового і електричного живлення, термостат, система охолодження, випарник для насадочних або капілярних колонок, контролер керування температурними режимами, витратами газів, дискретними каналами тощо.

Процеси аналізу, ідентифікація і кількісна обробка результатів виконуються за допомогою сучасної мікропроцесорної техніки та систем автоматичної обробки результатів вимірювання.

За допомогою хроматографічних аналізаторів проводять аналіз складних багатокомпонентних сумішей органічних і неорганічних з'єднань, екологічний контроль об'єктів навколишнього середовища (повітря, вода, ґрунт) та промислових викидів; аналіз параметрів речовин у хімічній, нафтохімічній, газовій, харчовій промисловості (у тому числі при сертифікації харчових продуктів), медицині, біології, судово-медичній експертизі тощо.

5.7. Електрохімічні аналізатори

Електрохімічні методи застосовуються як для аналізу газових середовищ, так і для аналізу рідинних середовищ у різноманітних галузях промисловості. Електрохімічні методи аналізу поділяються на кондуктометричні, потенціометричні, полярографічні та кулонометричні.

При протіканні постійного струму через електроліт закон, що діє у провідниках першого роду, втрачає силу. Це пов'язано з тим, що продукти електролізу, що виділяються під дією струму, який проходить через електроліт, призводять до фізичних та хімічних змін на електродах. При цьому виникає нова різниця потенціалів, це явище називається поляризацією.

Залежність струму від напруги не є прямою, а має форму кривої – крива поляризації. В основу полярографічного методу покладена залежність між процесом поляризації електроду та складом розчину електроліту. Для того, щоб ця крива відображала тільки процеси, що протікають на одному із електродів (індикаторному), то другий електрод (допоміжний або порівняльний) повинен мати такі властивості, щоб його потенціал не змінювався при проходженні струму.

При вивченні поляризаційних кривих можна вирішувати аналітичні задачі – встановлювати природу цих речовин та їх концентрацію у розчині.

Кондуктометричний метод аналізу базується на вимірюванні електропровідності електролітів. При вимірюванні параметрів газових середовищ компонент, що визначається, попередньо поглинається у відповідному розчині, а потім вимірюється зміна електропровідності розчину. Кондуктометричні методи та засоби конструктивно прості і тому широко застосовуються у лабораторній та виробничій практиці для визначення вмісту солей, що розчинені в воді.

Розчини речовин, що проводять електричний струм, називаються електролітами. В електролітах перенос електричного струму здійснюється за допомогою позитивно заряджених катіонів та

негативно заряджених аніонів, на які дисоціює речовина у розчинах. Іони катіона або аніона можуть бути від одновалентних до семивалентних, тобто вони можуть нести від одного до семи позитивних або негативних електричних зарядів. Розрізняють слабкі і сильні електроліти.

Слабкі електроліти – більшість органічних і частина неорганічних кислот та основ, наприклад, оцтова кислота, фосфорні кислоти, аміак.

Сильні електроліти – сірчана кислота, соляна кислота, гідроокиси натрію і калію, різноманітні солі. Ці речовини дисоціюють майже повністю, при повній дисоціації молекул ефективна концентрація окремих іонів дорівнює концентрації відповідної речовини, що розчинена у розчині.

У металевих провідників електричні заряди переносяться електронами, а в електролітах – іонами, що розчинені в речовині, позитивні і негативні іони при зіткненні із електродами розряджаються та виділяються на них у вигляді атомів, а електрод набуває потенціал, який залежить від кількості іонів, що виділилися на електродах. Для підтримки сталої величини струму на електроди повинна подаватися напруга, при цьому виникає поляризація електродів.

Якщо пропускати через електроліт змінний струм, то на електроді в один півперіод буде виділятися визначена кількість іонів, котрі в наступний півперіод знову розчиняться і при великій частоті і малій густині струму не будуть здійснювати поляризацію електродів. Тому опір електроліту можна вимірювати змінним струмом. Якщо рідина є частиною електричного кола, то вона поводить себе як електричний опір, а струм, що протікає крізь цю рідину, пропорційний вмісту іонів в ній. Отже, стовпчик рідини можна прийняти за електричний провідник, довжина якого визначається відстанню між електродами, а поперечний перетин – площею електродів.

Електропровідність розчинів задають в мікросименсах, що є мірою концентрації дисоційованої речовини ($1 \text{ сименс} = 1/\text{Ом} = 1\,000\,000 \text{ мкСм}$).

У технічній практиці для розрахунку електропровідності вводять відносну величину провідності, котра дорівнює провідності речовини у долях провідності розчину $NaCl$ такої ж концентрації (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Значення відносної електропровідності речовин, розчинених у воді

Речовина	$NaCl$	Na_2CO_3	$MgSO_4$	Na_2SO_4	Na_3PO_4	$CaSO_4$	$NaOH$
Відносна електропровідність	1,0	1,12	0,91	0,83	1,0	0,81	2,8

Наприклад, для розчину, який містить: 2 мг $NaCl$; 4 мг Na_2SO_4 ; 3 мг Na_3PO_4 та 6 мг $NaOH$ у 1 л води, повну електропровідність розраховують так:

2 мг $NaCl$ /л відповідає	$1 \times 2,00 = 2,00$ мг $NaCl$ /л
4 мг Na_2SO_4 /л відповідає	$4 \times 0,83 = 3,32$ мг $NaCl$ /л
3 мг Na_3PO_4 /л відповідає	$3 \times 1,00 = 3,00$ мг $NaCl$ /л
6 мг $NaOH$ /л відповідає	$6 \times 2,80 = 16,8$ мг $NaCl$ /л

Отже, загальна провідність розчину відповідає електропровідності 25,12 мг $NaCl$ /л. Прилад, градуйований на провідність розчину $NaCl$, покаже електропровідність 25,12 мг $NaCl$ /л, а згідно із хімічним аналізом розчин містить тільки 2 мг $NaCl$ /л.

Концентрацію одної речовини розчину можна визначити тільки у тому випадку, якщо електропровідність решти речовин значно нижча, або якщо їх концентрація залишається сталою та не викликає зміни провідності. Електропровідність розчинів буде характеристикою одного компонента, що вимірюється, і в тому випадку, коли концентрація окремих компонентів розчинів міняється пропорційно концентрації окремого компонента.

Недоліки кондуктометричного методу:

– невибірковість вимірювання, оскільки електропровідність розчину визначається сумою всіх іонів, що знаходяться в розчині (тому кондуктометричний метод аналізу застосовується в основному для аналізу бінарних або псевдобінарних газових сумішей);

– суттєва залежність електропровідності розчинів електролітів від температури ((0,5–2,5)%/град, а в окремих випадках до 7 %/град в залежності від електроліту, концентрації розчину і області температур).

5.8. Потенціометричні методи аналізу

Потенціометричні методи аналізу базуються на визначені концентрації іонів шляхом вимірювання електрорушійної сили елемента. При зіткненні двох металів, металу із розчином, двох розчинів і т.п. між ними створюється різниця потенціалів. Для потенціометрії найважливішим є потенціал, що виникає між металом та розчином.

Прямі методи вимірювання – різниця потенціалів на електродах показує безпосередньо концентрацію іонів. Непрямі вимірювання (потенціометричні титрування) – витрата титруючого реагенту відповідає концентрації речовини, що визначається.

Нернст у 1889 році ввів так звану пружність розчинення, яка проявляється в тому, що занурені у розчин своїх іонів електроди із неблагородних металів частково розчиняються, віддаючи у розчин більшу, або меншу кількість катіонів, а самі електроди при цьому заряджаються негативно.

У електродів із благородних металів здійснюється зворотній процес, при якому частина катіонів із розчину осаджується на електроді та електрод отримує позитивний заряд.

Вимірювання концентрації водневих іонів необхідно у багатьох галузях промисловості: хімічній, харчовій, паперовій, текстильній, шкіряній, фармакологічній, у медицині, біології тощо.

В теорії дисоціації оперують поняттям іонний добуток. Зокрема, для води іонний добуток $K_B=10^{-14}$, а концентрації іонів $[H^+]$ та іонів $[OH^-]$ дорівнюють між собою, отже $[H^+]=10^{-7}$, $[OH^-] = 10^{-7}$.

Кислоти – це такі речовини, які у водному розчині відщеплюють іони водню $[H^+]$, а основи – речовини, що відщеплюють гідроксильні іони $[OH^-]$. Якщо підвищується концентрація кислот, то концентрація іонів $[OH^-]$ зменшується, тому що добуток $[H^+][OH^-]$ залишається постійним. У лужних розчинах число іонів $[OH^-]$ із зростанням концентрації зростає, а враховуючи сталість добутку $[H^+][OH^-]$, концентрацію іонів $[OH^-]$ можна також виразити через концентрацію іонів $[H^+]$.

Концентрація водневих іонів $[H^+]$ є мірою як кислотності, так і лужності, а також характеризує нейтральні розчини. Для визначення концентрації водневих іонів Серенсен у 1907 р ввів величину pH , яку визначив як від'ємний логарифм концентрації водневих іонів.

$$pH = -\log [H^+].$$

Величина pH є мірою концентрації водневих грам-іонів, що містяться у 1 л розчину.

Концентрація водневих іонів у дистильованій воді дорівнює 10^{-7} водневих грам-іонів у 1 л і такою ж є концентрація іонів $[OH^-]$. Дистильована вода має $pH = 7$. Розчини із $pH > 7$ є лужними.

Для вимірювання pH необхідний стандартний розчин. Національні бюро стандартів використовують багато стандартних розчинів, хоча у різних державах набір стандартних розчинів трохи відрізняється. Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії із всіх доступних стандартних розчинів радить використовувати п'ять розчинів, що визначають шкалу pH . Склади та значення pH цих стандартних розчинів приведено у табл. 5.2.

Приведені стандартні розчини мають такий склад:

A – гідротартрат калію;

B – гідрофталат калію, $c=0,05$ моль/кг розчину;

C – дігідрофосфат калію, $c=0,025$ моль/кг розчину і гідрофосфат натрію $c=0,025$ моль/кг розчину;

D – дігідрофосфат калію $c=0,08695$ моль/кг розчину і гідрофосфат натрію $c=0,03043$ моль/кг розчину;

E – $Na_2B_4O_7$, $c=0,01$ моль/кг розчину;

F – дігідроцитрат калію, $c=0,05$ моль/кг розчину;

Іноді до вказаних розчинів додають інші, наприклад,

G – гідрокарбонат натрію $c=0,025$ моль/кг розчину і карбонат натрію $c=0,025$ моль/кг розчину.

I – $Ca(OH)_2$ насичений при $t=25^\circ C$.

Таблиця 5.2 – Значення pH стандартних розчинів

	A	B	C	D	E	F	G	I
0	–	3,003	6,984	7,534	9,464	3,863	10,317	13,423
5	–	3,999	6,951	7,500	9,395	3,840	10,241	13,207
10	–	3,998	6,923	7,472	9,332	3,82	10,179	13,003
15	–	3,999	6,900	7,448	9,276	3,802	10,118	12,81
20	–	4,002	6,881	7,429	9,225	3,788	10,062	12,627
25	3,557	4,008	6,865	7,413	9,180	3,776	10,012	12,424
30	3,552	4,015	6,853	7,400	9,139	3,766	9,966	12,289
35	3,549	4,024	6,844	7,389	9,102	3,758	9,925	12,133
40	3,547	4,035	6,838	7,380	9,068	3,753	9,899	11,841
50	3,549	4,060	6,833	7,367	9,011	3,749	9,828	11,574
55	3,554	4,075	6,834	–	8,985	–	–	11,449
60	3,560	4,091	6,836	–	8,962	–	–	–
70	3,580	4,126	6,845	–	8,921	–	–	–
80	3,609	4,164	6,859	–	8,885	–	–	–
90	3,650	4,205	6,877	–	8,85	–	–	–
95	3,647	4,227	6,886	–	8,833	–	–	–

5.9. Теплові газоаналізатори

Теплові газоаналізатори в залежності від величини, яка вимірюється, поділяються на газоаналізатори теплопровідності (термокондуктометричні та термохімічні) та термосорбційні.

Термокондуктометричні газоаналізатори (від лат. *conductor* – провідник) – це газоаналізатори, принцип дії яких базується на залежності теплопровідності суміші, що аналізується, від концентрації компонента, що визначається. Цей метод є одним із найбільш розповсюджених (його запропоновано у 1880 р.) У 1920 р. було створено перший промисловий термокондуктометричний газоаналізатор (ТКГ), що використовувався для вимірювання двоокису вуглецю в газах.

Теплопровідність газів – процес передачі теплоти, що здійснюється при зіткненні між собою молекул та атомів, які мають різну кінетичну енергію (температуру). Цей вид передачі тепла по своїй природі суттєво відрізняється від конвекції, яка базується на передачі теплоти при переміщенні має газу під впливом вертикального температурного градієнту, або при механічному перемішуванні.

Гази із великою молекулярною вагою (наприклад, бром або органічні газові сполуки) мають низьку теплопровідність, а гази із малою молекулярною вагою (водень, метан, гелій) – високу теплопровідність.

Якщо газова суміш бінарна та її компоненти мають різну теплопровідність, то вимірюючи зміну теплопровідності суміші, можна визначити концентрацію одного із компонентів. Аналіз багатоконпонентної суміші можливий в тому випадку, якщо теплопровідності невизначаємих компонентів незначно відрізняються між собою та суттєво відрізняються від теплопровідності компонента, що досліджується.

ТКГ характеризуються наступними перевагами:

- 1) простота конструкції;
- 2) висока чутливість вимірювання;
- 3) широкий динамічний діапазон;

4) висока надійність;

5) великий термін роботи та можливість роботи у складних умовах експлуатації та в агресивних середовищах.

Перетворення неелектричної величини – концентрації компоненту газової суміші в електричний опір здійснюється чутливим елементом (ЧЕ) газоаналізатору – провідником або напівпровідником, який розміщений у середовищі газу та нагрівається струмом. Температура провідника ЧЕ (при умові що струм у провіднику не змінюється) буде мінятися тільки за рахунок тепловіддачі від провідника, котра здійснюється в основному за рахунок теплопровідності газової суміші. Вимірювання зводиться до порівняння теплопровідності газової суміші до і після поглинання.

Принцип дії термохімічних газоаналізаторів (ТХГ) базується на вимірюванні корисного теплового ефекту хімічної реакції компонента газової суміші, який визначається.

Найбільше розповсюдження отримали ТХГ, в яких використовується реакція окислення компонента, який визначається. В ТХГ першого типу каталітичне окислення компонента здійснюється на твердому гранульованому каталізаторі при проходженні крізь нього газової суміші. Корисний тепловий ефект каталітичного окислення вимірюється в потоці за допомогою термометра опору або термобатареї.

В ТХГ другого типу каталітичне окислення компоненту здійснюється на нагрітій активній нитці, яка є одночасно чутливим елементом – плечем вимірювального мосту.

ТХГ першого типу застосовується для вимірювання малих концентрацій $-(0,01...0,1)$ мг/л (г/м^3), а ТХГ другого типу – для вимірювання великих концентрацій.

Термосорбційні газоаналізатори використовуються для аналізу деяких рідин, а також газів, хемосорбція яких протікає достатньо швидко і супроводжується виділенням тепла. Термосорбційний метод застосовується для вимірювання концентрації двоокису азоту, сірчаного ангідриду, хлору, аміаку, двоокису вуглецю та інших газів.

5.10. Магнітні газоаналізатори

Магнітні властивості газів характеризуються величинами об'ємної сприйнятливості та питомої магнітної сприйнятливості. Об'ємна магнітна сприйнятливість характеризується інтенсивністю намагнічування газу при даній напруженості магнітного поля.

Питома магнітна сприйнятливість діаманітних речовин не залежить від агрегатного стану речовини та зовнішніх умов — температури та тиску, а об'ємна магнітна сприйнятливість залежить від густини, а отже, від температури та тиску газу.

Відомо, що концентрація кисню визначає магнітну сприйнятливість газової суміші практично незалежно від вмісту інших компонентів. Цей факт дозволяє використовувати магнітні властивості кисню для селективного вимірювання його концентрації в складних газових сумішах.

Магнітні газоаналізатори застосовують в наступних областях:

- контроль чистоти кисню;
- контроль наявності домішок кисню в азоті, аргоні та др. газах;
- контроль вмісту кисню в атмосфері герметичних кабін підводних човнів, літаків, космічних кораблів тощо;
- контроль вмісту кисню у суміші газів з метою запобігання вибуху, наприклад, контроль домішок кисню в горючих газах, в інертних газах, що захищають горючі та вибухові речовини у хімічному виробництві;
- контроль проходження процесів горіння у топках, печах та двигунах внутрішнього згорання по вмісту кисню в газоподібних продуктах горіння;
- в металургії для визначення вмісту кисню в газах, що відходять з печей, а також в повітрі, що збагачено киснем і подається для дуття, в атмосфері печей термічної обробки металів тощо;
- в хімічній промисловості для контролю багатьох процесів, при виробництвах сірчаної кислоти, аміаку тощо;
- в медицині для дослідження активності засвоєння кисню

легенями;

– в біології для дослідження процесів дихання тварин і рослин.

Найбільш поширеними на сьогодні є магнітоmechanічні газоаналізатори та термомагнітні газоаналізатори.

Принцип дії магнітоmechanічних газоаналізаторів базується на вимірюванні сил, які діють на тіло, розташоване в магнітному полі і оточене газовою сумішшю, що містить кисень.

В залежності від магнітних властивостей зразка він з більшою або меншою силою втягується в поле (парамагнітне тіло) або виштовхується з нього (діамагнітне тіло).

Магнітоєфузійні газоаналізатори є різновидом магнітоmechanічних, тому іноді їх називають магнітоmechanічними безроторними. Принцип дії магнітоєфузійних газоаналізаторів базується на вимірюванні інтенсивності витікання (єфузії) газової суміші із сопла в постійному магнітному полі, яка залежить від концентрації парамагнітного газу (наприклад, кисню).

Витіканню газу через магнітний наконечник перешкоджає ефект втягування в магнітне поле аналізуємої газової суміші, яка через наявність в ній кисню має більш високу магнітну сприйнятливість ніж порівняльний газ. В той же час в геометрично подібному немагнітному наконечнику порівняльний газ витікає безперешкодно.

Опір витіканню газу через магнітний наконечник за рахунок втягування в магнітне поле кисню викликає перепад тиску, а відповідно і витрат порівняльного газу через термоанемометр, пропорційно концентрації парамагнітного кисню.

Магнітоєфузійні газоаналізатори вимагають високоточної стабілізації витрат суміші і порівняльного газу, а також стабілізації температури і напруги струму живлення і забезпечують вимірювання концентрації кисню в діапазонах вимірювання: 0...5; 0...10; 0...50; 15...45 % з похибкою, яка не перевищує 5 % від діапазону вимірювання.

Термомагнітний метод аналізу використовує явище термомагнітної конвекції у неоднорідному магнітному полі при наявності в

ньому температурного градієнту та базується на залежності магнітної сприйнятливості від концентрації компонента, який визначається.

Принцип дії термомагнітного газоаналізатору полягає в тому, що суміш, яка пропускається горизонтально у неоднорідному магнітному полі крізь робочу камеру, і яка містить кисень, буде зміщуватися у бік полюсних наконечників.

Перевагами термомагнітного газоаналізатора є простота схемного і конструктивного вирішення, стійкість до впливу зовнішніх полів, достатньо висока чутливість.

Недоліками є обмежена селективність вимірювання, нелінійність функції перетворення, мала швидкодія.

5.11 Газоаналітичні системи

На протязі останніх років в аналітичному приладобудуванні розвинувся новий клас газоаналітичної апаратури – газоаналітичні системи. Газоаналітична система (ГАС) – комплексний багатоканальний засіб вимірювання, що дозволяє одночасно вимірювати концентрації багатьох газів в технологічних процесах, викидах димових труб, транспортних засобах, навколишній атмосфері за допомогою окремих газоаналізаторів (первинних вимірювальних перетворювачів), функціонально з'єднаних між собою по заданій структурній схемі з використанням спеціалізованих електронних пристроїв обробки вимірювальної інформації.

ГАС утворюють особливий клас комплексних засобів вимірювальної техніки і відрізняються від інших вимірювальних систем великою складністю і багатофункціональністю. Це пояснюється тим, що багатоконпонентні газові суміші, які є об'єктом вимірювання, характеризуються мінімальною апріорною інформацією. Процес отримання інформації від об'єктів такого роду фактично має характер наукових досліджень.

У ГАС виконуються наступні операції:

- забір газової проби, очистка проби від пилу, механічних домішок і вологи;
- регулювання (стабілізація) витрат і тиску газової проби;
- розподіл газових потоків по вимірювальним каналам;
- первинні перетворення в вимірювальних каналах;
- квантування вимірювальних каналів по рівню і часу;
- математична обробка вимірювальної інформації;
- зберігання, архівація і видача вимірювальної інформації.

Техніко-економічні показники ГАС – точність, швидкодія, чутливість, надійність, економічність, тривалість роботи.

5.12. Технолого-екологічні газоаналітичні комплекси

Основою функціонування багатьох промислових та енергетичних технологій є матеріальний і тепловий баланси, що лежать в основі виробничих процесів, які перетворюють сировину в готову продукцію. В свою чергу алгоритм перетворення визначається технологічними характеристиками процесу: температурою, тиском, якістю сировини, тривалістю процесу тощо.

Отже, між параметрами технологічного процесу і повнотою переробки (згорання) сировини в кінцевий продукт існує складний взаємозв'язок, який визначається певними закономірностями. Димові (промислові) гази, що виникають в ході технологічних процесів по переробці сировини, також являються продуктом, отже, існують закономірності їх утворення.

Визначивши ці закономірності для кожного конкретного виробничого процесу, отримаємо можливість розрахувати викиди димових газів по поточним технологічним параметрам роботи промислового підприємства.

Такі параметричні екологічні системи моніторингу (ПЕСМ) з'явилися, коли загострились проблеми контролю забруднення атмосфери промисловими газами.

Теоретичною основою роботи ПЕСМ є математичні моделі джерел викидів, за якими розраховують концентрації димових газів і рівні їх викидів в залежності від параметрів технологічних процесів. В свою чергу, параметри технологічних процесів (тиск, витрати сировини, температура) контролюються відповідними сенсорами. Схема параметричної системи екологічного моніторингу представлена на рис. 5.1

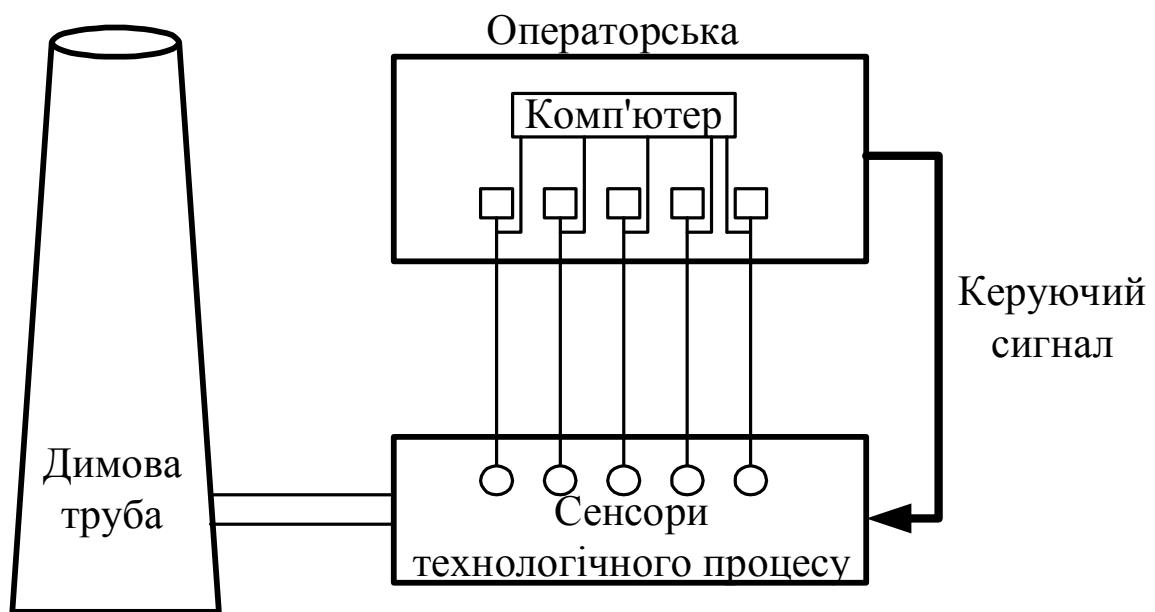


Рисунок 5.1 – Схема параметричної системи екологічного моніторингу

Таким чином, математична модель являє собою віртуальну заміну реального вимірювального процесу рівня викидів димових газів. Необхідні для розрахунків дані вибираються з існуючих систем керування виробничим процесом. Ефективна робота ПЕСМ можлива тільки за наявності відповідного програмного забезпечення.

Для роботи ПЕСМ складаються тепловий і матеріальний баланси, що лежать в основі функціонування виробничого циклу. Розрахункові ПЕСМ функціонують на більшості підприємств України. На основі їх роботи на промислових підприємствах складаються відомості про гранично допустимі викиди токсичних газів і здійснювались відповідні екологічні платежі. Однак з часом,

особливо в останні роки, зношеність основної виробничої інфраструктури привела до того, що більшість технологічних процесів мають ті чи інші відхилення від проектних значень. Часта зміна сировинної бази, різні види енергоносіїв, простої, відсутність своєчасних регламентних і ремонтних робіт також впливають на технологічні процеси. Все це приводить до того, що розрахункові математичні моделі виробничих процесів не можуть вже адекватно відображати технологічні цикли і застосування їх для розрахунку викидів промислових газів приводить до значних похибок, що, в свою чергу, приводить до необґрунтованого рівня екологічних платежів для підприємств.

Законодавець в 2000р. вніс відповідні зміни до основних природоохоронних законів «Про охорону довкілля» і «Про охорону атмосферного повітря», в яких чітко оговорено, що рівні викидів визначаються по результатам вимірювання «фактичних викидів».

Таким чином, на зміну параметричній моделі екологічного моніторингу приходить газоаналітична система екологічного моніторингу (ГСЕМ). Типова ГСЕМ складається з комплекту автоматичних стаціонарних газоаналізаторів для виміру концентрацій пилу та димових газів (оксиду вуглецю, двоокису сірки, оксидів азоту, метану) з системою відбору і підготовки проби, сенсорів-вимірювачів температури, тиску і інших параметрів димового потоку. Важливою складовою ГСЕМ є наявність витратоміра димового потоку (див. рис.5.2). Такі системи знайшли найбільше розповсюдження в Західній Європі, США і Японії (західна класифікація таких систем-GEMS). Слід зауважити, що в більшості країн нормуються не концентрації димових газів, а масові викиди цих газів. Тому наявність в складі ГСЕМ витратомірів є обов'язковою.

Застосування ГСЕМ тільки для екологічного моніторингу викидів димових газів приводить до додаткових фінансових витрат підприємств і погіршення їх економічного стану. Тому актуальним є питання розробки і створення таких ГСЕМ, які мають розширені функціональні можливості, наприклад, за рахунок створення дворівневої ієрархії функціонування. При цьому до рівня екологічно-

го моніторингу додається рівень технологічного моніторингу димових газів, що виникають в ході технологічних процесів, і відповідного керування цими процесами за результатами технологічного моніторингу. При цьому оптимізується технологічний процес, знижується споживання сировини і енергоносіїв, поліпшуються економічні показники підприємств.

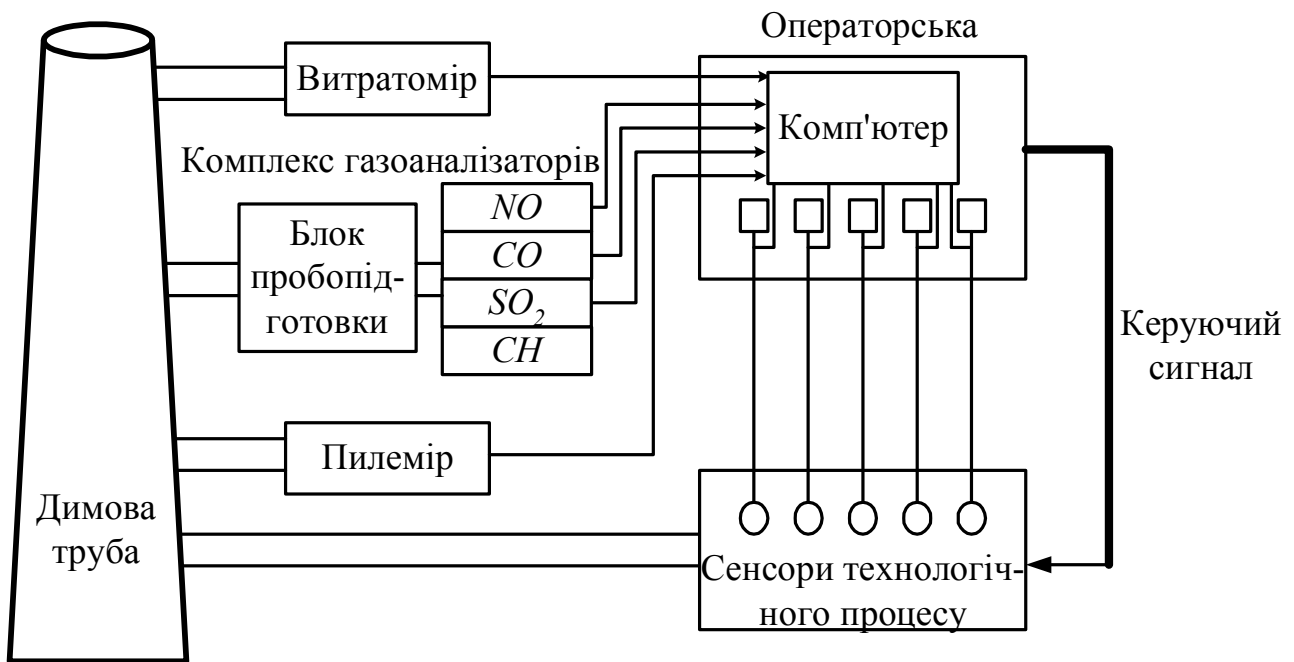


Рисунок 5.2 – Структура газоаналітичної системи екологічного моніторингу

На початку 2000 р. АТ «Украналіт» була розроблена і впроваджена в промислову експлуатацію на сміттєспалювальному заводі «Енергія» (м. Київ) дворівнева система екологічного і технологічного моніторингу та оптимізації процесів горіння з застосуванням сучасних газоаналізаторів і комп'ютерних технологій обробки вимірювальної інформації.

Перший рівень системи представляє собою чотири комплекти газоаналітичних технологічних комплексів ТК-1 на кожному з 4-х котлоагрегатів, де спалюється сміття. Комплекс ТК-1 складається з високочутливого газоаналізатора 151 ЭХ02, що вимірює концентрацію кисню у зоні виходу продуктів горіння кожного котла.

Окрім того, до складу ТК-1 входить багатоканальний газоаналізатор 325 ФА01, який вимірює концентрації оксиду і двооксиду вуглецю, сумарних вуглеводнів на вихідному газоході котла. До складу ТК-1 входить також система пробовідбору і очистки газів, мікропроцесорний пристрій. Газоаналізатори і периферійне обладнання розміщені в герметичній шафі з автоматизованою системою терморегуляції. Шафа кріпиться до зовнішньої стінки котлоагрегату. Вимірювальна інформація з газоаналізаторів 151ЭХ01 і 325ФА01 обробляється за допомогою мікропроцесора і по спеціальному кабелю передається на пульт керування, розташований у диспетчерській.

Контроль кисню в енергетичних установках, що спалюють різні види палива, визначається необхідністю забезпечення оптимального співвідношення «паливо/повітря» в процесі горіння. Якщо згоряння повне, то його продукти складаються тільки з інертних компонентів, тобто нездатних до подальшого окислення газів. Це, як правило, водяний пар, двоокис вуглецю і надлишок кисню повітря. Присутність оксиду вуглецю в відхідних газах викликає дуже великі втрати енергоносіїв з хімічним недопалюванням.

Із всіх елементів, які мають здатність вступати в хімічні реакції з киснем, найбільш важливим є вуглець, що входить як основна складова в усі види палива. При цьому кожен кілограм вуглецю при спалюванні виділяє 34000 кДж.

При недостатності кисню окислювання вуглецю є неповним і кінцевим продуктом буде оксид вуглецю. Таким чином, наявність оксиду вуглецю в димових газах свідчить про неефективність використання енергоресурсів. Якщо процес спалювання не відповідає оптимальним технологічним умовам, то в продуктах згоряння з'являються горючі компоненти – водень, метан.

Для технологічного контролю складу димових газів застосовано багатоканальний газоаналізатор 325 ФА01, який автоматично вимірює концентрацію оксиду і двооксиду вуглецю та метану на вихідному газоході кожного з котлоагрегатів.

Газоаналізатор має в своєму складі мікропроцесорний пристрій, що керує роботою газоаналізатора, визначає час до метрологічного контролю, діагностує технічний стан приладу.

Таким чином, комплекс ТК-1 дозволяє в реальному часі вимірювати склад газів фактично в зоні горіння і за результатами вимірювання корегувати співвідношення «повітря/паливо» для оптимізації процесів горіння, зменшення споживання палива, мінімізації токсичних викидів в атмосферу.

Створені комплекси дозволяють цілодобово в безперервному режимі вести як екологічний моніторинг заводу, який є одним з найбільш небезпечних промислових об'єктів в м. Києві, так і керувати технологічним процесом за рахунок зміни співвідношення «паливо/повітря» по результатам газоаналітичних вимірювань в зоні горіння.

Розроблена системи рекомендована для впровадження на інших енергетичних об'єктах (ТЕЦ, котельні), де спалюються значні обсяги палива і на яких потрібно поліпшити к.к.д. та знизити рівні шкідливих викидів в довкілля.

Другий рівень системи являє собою екологічний комплекс ЕК-1, який встановлено на вихідних газоходах після пилових електрофільтрів. Основу комплексу складає газоаналізатор «СПЕКТР 4», в якому вперше впроваджена багатоходова оптична кювета для вимірювання концентрації оксиду вуглецю, двоокису сірки, оксидів азоту у широкому діапазоні вимірюваних концентрацій. Така оптична схема дозволяє досягти високої чутливості і незначної похибки вимірювань, реалізувати принцип багатоканальності вимірювання концентрацій газів в одному приладі. Впровадження системи дозволило оптимізувати процес горіння, знизити витрати палива, зменшити викиди токсичних газів на (10 – 15) %, збільшити кількість сміття, що спалюється, на питому одиницю палива.

Комп'ютерна обробка вимірювальної інформації дозволила проводити архівацію результатів вимірювання і тим самим відслідковувати відхилення від технологічного процесу за результатами

газоаналітичного контролю.

При застосуванні ТК-1 і ЕК-1 підвищується к.к.д. котлоагрегатів, знижується вартість комплексних еколого-технологічних і ремонтно-налагоджувальних робіт, автоматизується процес керування, зменшуються шкідливі викиди в атмосферу.

5.13. Автоматичні стаціонарні станції

Автоматична стаціонарна станція (пост) являє собою інформаційно-вимірювальну систему, призначену для автоматичного безперервного контролю й спостереження за станом приземної атмосфери міст і великих промислових центрів.

Як приклад можна навести пост «АТМОСФЕРА-10», створений співробітниками АТ «Украналіт» (див. рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Пост «АТМОСФЕРА-10»

Пост «АТМОСФЕРА-10» оснащений сучасними автоматичними газоаналізаторами на загальнопоширені забруднюючі речовини, такі як оксиди азоту, двооксид сірки, оксид вуглецю, а також вимірювачем метеопараметрів: температури, відносної вологості навколишнього повітря, атмосферного тиску, швидкості і напрямку вітру.

Пост оснащений також пневматичними установками, які забезпечують ручний відбір проб повітря для визначення за стандартними методикам масових концентрацій пилю, бенз(а)пирену, свинцю, формальдегіду.

Пост «АТМОСФЕРА-10» призначений для використання в автоматизованих системах екологічного моніторингу атмосфери у складі Державної системи моніторингу довкілля і може також використовуватись автономно різними підприємствами та відомствами.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке первинний вимірювальний перетворювач?
2. Як визначаються масова та об'ємна концентрації речовини?
3. Які методи аналізу застосовують при проведенні екологічного моніторингу довкілля?
4. Поясніть фізичну природу адсорбції та абсорбції.
5. Наведіть приклади застосування люміноскопичних методів аналізу.
6. Поясніть принцип дії хроматографічного аналізатору.
7. Дайте визначення газоаналітичної системи.
8. Які основні операції виконуються у ГАС?
9. Поясніть різницю між параметричною та газоаналітичною системами екологічного моніторингу.

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

6.1. Екологічний моніторинг в системі охорони довкілля

Екологічний моніторинг включає неперервний контроль змін вибраних параметрів екосистеми, їх співставлення і порівняння із значеннями, які вважаються сприятливими для еволюційного розвитку, а також накопичення цих даних.

Основні *задачі екологічного моніторингу*: спостереження за станом біосфери, оцінка і прогноз її стану, визначення ступеня антропогенного впливу на навколишнє середовище, виявлення факторів і джерел впливу. В кінцевому випадку метою моніторингу навколишнього середовища є оптимізація відносин людини з природою, екологічна орієнтація господарської діяльності.

Екологічний моніторинг як сукупність методів та засобів постійного контролю стану довкілля, це, по-перше, головне джерело достовірної інформації про стан довкілля.

По-друге, екологічний моніторинг, точніше його результати – це практично найбільш ефективний інструмент впливу на суспільну свідомість.

Залежно від призначення здійснюється загальний (стандартний), оперативний (кризовий) та фоновий (науковий) моніторинг навколишнього природного середовища.

Фоновий екомоніторинг довкілля – це багаторічні комплексні дослідження спеціально визначених об'єктів природоохоронних зон з метою оцінки й прогнозування зміни стану екосистем, віддалених від об'єктів промислової та господарської діяльності, або одержання інформації для визначення середньостатистичного (фонового) рівня забруднення довкілля в антропогенних умовах.

Загальний (стандартний) моніторинг навколишнього середовища – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які

дають змогу на основі оцінки і прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях.

Оперативний (кризовий) моніторинг навколишнього природного середовища – це спостереження спеціальних показників у цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій із шкідливими екологічними наслідками, щоб забезпечити оперативне реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створити безпечні умови для населення.

Фоновий (науковий) моніторинг навколишнього середовища – це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими навколишнього середовища, а також за характером, складом, кругообігом та міграцією забруднювальних речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери в цілому. Цей моніторинг здійснюється у природних і біосферних заповідниках, на інших територіях, що охороняються, на базових станціях.

Комплекс екологічного моніторингу має такі підсистеми: геосферний, геохімічний і біологічний.

Геосферний моніторинг. Передбачає оцінку стану і прогнозування змін в літосфері (геологічне середовище, мінерально-сировинні ресурси), геофізсфері (гравітаційні, магнітні, радіаційні, сейсмічні та інші поля), геоморфосфері (рельєф і його порушення геодинамічними процесами – зсувами, ерозією, карстами, осипанням тощо), гідросфері (водні ресурси, водоспоживання і водовідведення, несприятливі гідрологічні явища, рівень забруднення поверхневих і підземних вод), атмосфері (стан повітряного басейну та його забруднення, транскордонний перенос, розподіл тепла і вологи, зміни клімату).

Геохімічний моніторинг. Включає дослідження й інвентаризацію джерел забруднення, встановлення об'ємів викидів і скидів, вивчення хімічного складу повітря, опадів, ґрунтів, наземної і водної рослинності, поверхневих і підземних вод, донних відкладів та ін.

Біологічний моніторинг. Основою його є вивчення стану рослинності (фітосфера) за візуальними симптомами пошкодження листя, розвитку епіфічних лишайників на деревах, динаміки змін видів рослин і структури рослинних угруповань під впливом природних і антропогенних факторів.

Європейською Економічною комісією ООН у рамках Конвенції з трансграничного переносу атмосферних забруднень в 1985 р. прийнято рішення про створення Міжнародної спільної програми оцінки впливу забруднення на біосферу. Основою цієї програми є моніторинг лісів, що здійснюється в 24 європейських країнах, а також у США і Канаді.

Фактично – це комплексна система перманентних спостережень за станом лісових екосистем і впливаючими на них факторами, в першу чергу техногенними. Найповніше ця концепція розроблена Міжнародною спільною програмою з моніторингу лісів, яка здійснюється в рамках Конвенції ООН з проблем переносу атмосферних забруднень на далекі відстані. У широкому значенні моніторинг лісів включає в оцінку впливу на ліс, крім забруднення атмосфери, також пожежі, роль шкідників, хвороби дерев та промислове використання лісу. В такому розумінні моніторинг виконує функції контролю і управління лісовими ресурсами. Об'єднання цих напрямів в єдину систему дозволяє повніше оцінювати стан лісів як біологічного компонента біосфери і як відновлювального природного ресурсу.

6.2. Забруднення атмосфери та його джерела

Атмосферне повітря забруднюється шляхом привнесення в нього або утворення в ньому забруднювальних речовин у концентраціях, що перевищують нормативи якості або рівня природного вмісту. Забруднювальні речовини – домішки в атмосферному повітрі, які чинять при певних концентраціях несприятливий вплив на здоров'я людини, рослинний і тваринний світ та інші компоненти навколиш-

нього природного середовища або спричиняють збитки матеріальним цінностям.

До наслідків антропогенного впливу на атмосферу належать:

- підвищення концентрації CO та CO_2 ;
- надходження до атмосфери сполук сірки;
- надходження фреонів, сполук азоту, хлору і фтору;
- надходження додаткового тепла в атмосферу.

Основні антропогенні джерела забруднення атмосфери:

- теплове та енергетичне устаткування;
- промислові підприємства;
- сільське господарство;
- транспорт.

До атмосфери надходять газоподібні речовини. Під час перебування в атмосфері їхні температура, властивості й стан можуть істотно змінюватися. Ці зміни проявляються у вигляді випадання в осад важких фракцій, розпаду на компоненти, хімічних і фотохімічних реакцій. Внаслідок цього в атмосфері можуть утворюватися компоненти, властивості й поведінка яких не завжди відповідатиме вихідним даним.

Україна відзначається значним забрудненням атмосфери, особливо в промислово розвинених областях. Деяке зменшення викидів в атмосферу України, що спостерігається останнього десятиріччя, зумовлене припиненням або істотним зниженням обсягів роботи багатьох промислових підприємств.

Чорна металургія. Процеси виплавки чавуну і переробки його на сталь супроводжуються викидом в атмосферу різних газів. Викид пилюки в розрахунку на 1 т придатного чавуну складає 4,5 кг, сірчистого газу – 2,7 кг, марганцю – від 0,1 до 0,6 кг. Разом із доменним газом в атмосферу в невеликих кількостях викидається також з'єднання миш'яку, фосфору, сурми, свинцю, ртуті та рідких металів, ціанистий водень і смолисті речовини. Більшість сучасних заводів чорної металургії мають цехи коксування вугілля і відділення переробки коксового газу. Коксохімічні виробництва забруднюють

атмосферне повітря пилом і сумішшю летких сполучень. У деяких випадках, наприклад, коли порушується режим роботи, в атмосферу викидається значна кількість неочищеного коксового газу. Промислові аварії в цій галузі приводять до загострення екологічної ситуації в регіоні.

Кольорова металургія. Шкідливі речовини утворюються при виробництві глинозему, алюмінію, міді, свинцю, олова, цинку, нікелю й інших металів у печах, на устаткуванні для подрібнення та розмолу, у конвертерах, місцях навантаження, вивантаження і пересилки матеріалів, у сушильних агрегатах, на відкритих складах. В основному підприємства кольорової металургії забруднюють атмосферне повітря сірчастим ангідридом (75 % сумарного викиду в атмосферу), окисом вуглецю (10,5 %) і пилом (10,4 %).

Хімічна і нафтохімічна промисловість. Викиди в атмосферу в хімічній промисловості відбуваються при виробництві кислот, гумовотехнічних виробів, фосфору, пластичних мас, барвників і миючих засобів, штучного каучуку, мінеральних добрив, розчинників, крекінгу нафти. Вирішення екологічної проблеми у галузі ускладнено експлуатацією фізично застарілого обладнання. Слід зазначити, що в останні роки викиди в атмосферу забруднювальних речовин підприємствами галузі різко знизилися. Однак відбулося це не тому, що були проведені ефективні природоохоронні заходи, а через спад виробництва.

Підприємства нафтопереробної промисловості забруднюють атмосферу викидами вуглеводнів (23 % від сумарного викиду), сірчастого газу (16,6 %), оксиду вуглецю (7,3 %), оксидів азоту (2 %). Особливу екологічну небезпеку становить розробка родовищ нафти і газу з підвищеним вмістом сірководню.

Промисловість будівельних матеріалів. Виробництво цементу та інших в'язких, стінових матеріалів, азбестоцементних виробів, будівельного і технічного скла супроводжується викидами в атмосферу пилу і завислих речовин (57,1 % від сумарного викиду), оксиду вуглецю (21,4 %), сірчастого ангідриду (10,8 %) та оксидів азоту

(9 %). Навколо заводів, що виробляють цемент, азбест та інші будівельні матеріали, утворилися зони з підвищеним утриманням в повітрі бензопірена, пилу, у тому числі цементного, та інших шкідливих речовин.

Деревообробна та целюлозно-паперова промисловість. Характерними забруднювальними речовинами, що виробляються цими підприємствами, є тверді речовини (29,8 % сумарного викиду в атмосферу), оксид вуглецю (28,2 %), сірчастий ангідрид (26,7 %), оксид азоту (7,9 %), толуол (1 %), сірководень (0,9 %), ацетон (0,5 %), ксилол (0,45 %), бутилацетат (0,4 %), етилацетат (0,4 %), метилмеркаптан (0,2 %), формальдегід (0,1 %).

В сільській місцевості джерелом забруднення атмосферного повітря є тваринницькі та птахівницькі господарства, м'ясопереробні та молокопереробні підприємства. Над територіями, які примикають до приміщень, де утримуються тварини та птиця, в атмосферному повітрі розповсюджуються на значні відстані аміак, сірководень та інші гази з неприємним запахом. У рослинницьких господарствах атмосферне повітря забруднюється мінеральними добривами, пестицидами при протравлюванні полів та насіння на складах.

6.3. Розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі

Щорічно в повітряний басейн міст з викидами промислових підприємств і транспорту надходять тисячі тонн різних шкідливих речовин. Залежно від кількісної і якісної характеристики промислових викидів, їхньої періодичності, висоти, на якій вони здійснюються, а також від кліматичних умов, що визначають перенос, розсіювання викидів і багатьох інших факторів, формується рівень забруднення атмосфери. Адекватна оцінка поточного забруднення атмосфери потребує як досконалих інструментальних засобів, так і надійних методик розрахунку концентрацій шкідливих речовин в атмосферно-

му повітрі.

Після того, як домішки попадають у повітря, характер їхнього переміщення й дисперсії визначається їх власними фізичними властивостями й властивостями атмосфери, у яких вони перебувають. Викиди проникають в атмосферу з певною швидкістю й температурою, які звичайно відрізняються від відповідних характеристик навколишнього середовища. Рух викидів має вертикальну складову, обумовлену початковою вертикальною швидкістю потоку й різницею температур. Цей вертикальний підйом викидів називають підйомом шлейфа. Він приводить до зміни ефективної висоти H точки викиду. На шлях поширення викиду впливають також зміни потоків поблизу таких перешкод, як будинки та спорудження.

Рух потоку під дією вітру протягом і після підйому шлейфу називається переносом.

Турбулентний рух атмосфери викликає довільний рух викиду, що приводить до його поширення в горизонтальному й вертикальному напрямках. Цей процес називається атмосферною дифузією.

Комбінація переносу й дифузії називається атмосферною дисперсією. Моделі, що описують ці процеси, називають моделями атмосферного переносу – дифузії або моделями атмосферної дисперсії.

Незважаючи на видиму простоту задачі, на сьогодні немає скільки-небудь загальноприйнятої моделі поширення домішок в атмосфері, що це об'єктивно обумовлено складністю й розмаїтістю процесів. Тому існує багато моделей всіляких типів. Головною ознакою моделі є її емпіричний або теоретичний характер. Взагалі, в усіх моделях присутні обидві ознаки, але в одних – це найпростіші й не занадто обґрунтовані припущення при задовільній відповідності експериментальним даним, а в інших - фундаментальні рівняння теорії дифузії в турбулентних середовищах зі складним математичним апаратом і величезним об'ємом обчислень.

Фундаментальні теоретичні моделі використовуються тільки для наукових цілей, вони дозволяють якісно пояснити деякі ефекти.

В емпіричних моделях найчастіше фізика процесів майже не враховується або сильно спотворюється. Емпіричні моделі використовують прості формули, які при реалізації не викликають ніяких труднощів.

Єдиною, прийнятою на державному рівні в Україні методикою для розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств, є «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств» (Методика ОНД-86).

Методика ОНД-86 обов'язкова для відомств і організацій України, що здійснюють розробки, проектування і будівництво промислових підприємств, нормування шкідливих викидів в атмосферу, експертизу і узгодження атмосфероохоронних заходів.

Методика є емпіричною, застосовується для аналізу квазістаціонарних процесів, коли характерні часи викидів токсичних речовин перевищують характерні часи переміщення повітряних мас в деякій області простору і дозволяє розрахувати розподіл концентрацій шкідливих речовин при максимально несприятливому стані атмосфери. Розрахунками визначаються разові концентрації, що відносяться до 30-хвилинного інтервалу усереднення.

Розрахунки проводяться для приземного шару, (2 м від поверхні) на відстані не більше 100 км від джерела викидів.

Джерела викидів кваліфікуються на високі ($H \geq 50$ м), середні ($H = (10-50)$ м), низькі ($H = (2-10)$ м), наземні ($H \leq 2$ м).

Для розрахунків використовується параметри джерела, умови виходу газоповітряної суміші з труби, метеопараметри та характеристики рельєфу.

Параметри джерела:

M – маса викидів забруднювача за 1 сек, г/сек; (для розрахунків приймають середнє за 30 хв.);

H – висота джерела викидів, м;

D – діаметр джерела, м;

ω_0 – швидкість газоповітряної суміші на виході джерела, м/с;

T_2 – температура газоповітряної суміші, °С;

T_e – температура повітря, °С;

ΔT – різниця температур, °С.

V_1 – витрати газоповітряної суміші, м³/с;

Після виходу з труби враховуються:

n, m – умови виходу газоповітряної суміші з джерела;

$$m = m[\omega_0, D, H, \Delta T];$$

$$n = n[\omega_0, D, H, \Delta T, V_1];$$

A – температурна стратифікація атмосфери; $A = 140 \dots 250$;

(для України (50...52° пн.ш.): $A = 180$, до 50° пн.ш.: $A = 200$)

η – вплив рельєфу місцевості (приймається на підставі картографічного матеріалу в радіусі до 2 км від джерела, при перепаді 50 м/1 км, $\eta \approx 1$);

F – безрозмірний коефіцієнт, який враховує швидкість осадження забруднювача в атмосфері (ступінь очистки викидів);

а) для газоподібних та дрібнодисперсних аерозолей (пил, зола), для яких швидкість упорядкованого осадження практично нульова, $F = 1$;

б) при коефіцієнті очистки 90 % $F = 2$; при 75% і менше – $F = 3$.

На першому етапі розраховується небезпечна швидкість вітру U_m , максимальна концентрація забруднювача C_m та відстань X_m від джерела, на якій досягається максимальна концентрація забруднювача.

Небезпечною називається така швидкість вітру U_m , при якій за даних метеоумов та заданих параметрів джерела викидів досягається максимальне значення приземної концентрації C_m . Величина U_m визначається, зазвичай, на висоті 10 м від поверхні землі

$$U_m = 0,5 \quad \text{при} \quad 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \leq 0,5;$$

$$U_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad \text{при} \quad 0,5 < 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \leq 2.$$

Значення максимальної концентрації забруднювача при викидах одиночного джерела з круглим вічком визначається по формулі:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot t \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3;$$

де $V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0$ – витрати газоповітряної суміші, м³/с;

D – діаметр джерела, м;

ω_0 – швидкість газоповітряної суміші на виході джерела, м/с;

Якщо розглядається джерело з квадратним вічком, то D – довжина сторони квадрата.

Відстань від одиночного джерела, на якій приземна концентрація досягає максимального значення, при небезпечній швидкості вітру визначається по формулі:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} dH.$$

Якщо швидкість вітру $U \neq U_m$, то **максимальне значення приземної концентрації** визначається по формулі:

$$C_{mi} = r \cdot C_m, \text{ мг/м}^3,$$

де r – коефіцієнт, який є функцією відношення $\left(\frac{U}{U_m}\right)$.

Відстань від джерела, на якій досягається максимальна приземна концентрація при $U \neq U_m$ визначається по формулі

$$X_{mi} = p \cdot X_m,$$

де p – коефіцієнт, який є функцією відношення $\left(\frac{U}{U_m}\right)$.

Методика ОНД86 дозволяє розрахувати **розподіл приземної концентрації вздовж осі факела на відстані X від джерела: C_{xm} при швидкості вітру U_m та C_{xmi} при швидкості вітру $U \neq U_m$:**

$$\begin{aligned} C_{xm} &= S_1 \cdot C_m, \text{ мг/м}^3 && \text{при } U = U_m; \\ C_{xmi} &= S_1 \cdot C_{mi}, \text{ мг/м}^3 && \text{при } U \neq U_m, \end{aligned}$$

де S_1 – коефіцієнт, який є функцією відношення $\left(\frac{X}{X_m}\right)$.

Методика ОНД86 дозволяє розрахувати **розподіл приземної концентрації забруднювача C_y на відстані Y перпендикулярно до осі факела**

$$\begin{aligned} C_{xy} &= S_2 \cdot C_{xm}, \text{ мг/м}^3 && \text{при } U = U_m; \\ C_{xyi} &= S_2 \cdot C_{xmi}, \text{ мг/м}^3 && \text{при } U \neq U_m, \end{aligned}$$

де S_2 – коефіцієнт, який є функцією відношення $\left(\frac{Y}{X}\right)$,

C_{xmi}, C_{xm} – концентрація вздовж осі факела.

Методика ОНД86 дозволяє розрахувати **розподіл концентрації забруднювача C_Z по висоті Z над поверхнею**

$$C_Z = C_{mi} \cdot S_2 \cdot S_Z, \text{ мг/м}^3,$$

де S_Z – коефіцієнт, який є функцією відношення $\left(\frac{X}{X_m}\right)$;

C_{mi} – максимальне значення приземної концентрації при $U \neq U_m$.

Приземна концентрація шкідливих речовин c (мг/м³) у будь-якій точці місцевості при наявності N джерел визначається як сума концентрації речовин від окремих джерел при заданих напрямку й швидкості вітру

$$c = c_1 + c_2 + \dots + c_N ,$$

де $c_1, c_2, \dots, c_N$ – концентрації шкідливої речовини відповідно від першого, другого, N -го джерел, розташованих з навітряної сторони при даному напрямі вітру.

6.4. Регіональні системи екологічного моніторингу

В 80-х роках минулого століття на основі даних базової мережі спостережень за забрудненням навколишнього природного середовища державної гідрометеорологічної служби була створена Загальнодержавна служба спостережень і контролю довкілля, яка тепер працює на базі Центральної геофізичної обсерваторії. Сьогодні в Україні існує досить розгалужена структурна система екологічного моніторингу стану навколишнього природного середовища.

Розподіл функцій моніторингу по різних відомствам, які організаційно не зв'язані між собою, призводить до дублювання зусиль, знижує ефективність усієї системи моніторингу й ускладнює доступ до необхідної інформації як для громадян, так і для державних організацій. Тому в Україні було прийняте рішення про створення Державної системи моніторингу довкілля (ДСМД), яка повинна об'єднати можливості і зусилля численних служб для вирішення задач комплексного спостереження, оцінки і прогнозу стану довкілля в Україні.

ДСМД – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля,

прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Оцінка стану атмосферного повітря здійснюється у 53 містах різних областей України на 162 стаціонарних постах спостережень за забрудненням та на двох станціях транскордонного моніторингу: «Світязь» (Волинська обл.) та «Рава-Руська» (Львівська обл.).

Спостереження за хімічним складом опадів та снігового покриву проводиться на 48 метеостанціях. До забруднювачів, найпоширеніших на території України, які формують забруднення ґрунтів та водних об'єктів, належать іони сульфатів, хлору, амонію, гідрокарбонатів, нітратів, кальцію, натрію, калію та магнію. Проводяться також спостереження за кислотністю опадів, зокрема, в місті Києві на 2 метеостанціях (в аеропорту «Жуляни» і на проспекті Науки).

Спостереження за хімічним складом та якістю поверхневих вод України проводяться на 139 водних об'єктах (річки, водоймища, озера) у 215 пунктах. Контроль стану води у Дніпрі в районі Києва здійснюється на 3 пунктах.

Обстеження забруднення ґрунтів пестицидами, нітратами, промисловими токсикантами (свинець, мідь, кадмій та інше) проводиться вибірково в різних областях України.

Після аварії на ЧАЕС в Україні особлива увага приділяється спостереженням за радіаційним забрудненням атмосферного повітря, поверхневих вод і опадів, яке здійснюється на 178 пунктах мережі.

За даними, які надходять в Центральну геофізичну обсерваторію з регіональних управлінь екології, щорічно розробляється «Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні».

Структурною основою побудови ДСМД є регіональна територіально розподілена комп'ютерна мережа (див. рис. 6.1). ДСМД України об'єднує регіональні системи моніторингу довкілля (РСМД), які, в свою чергу, повинні об'єднати системи моніторингу довкілля міст (СМДМ). Основу РСМД і СМДМ складають проблемно орієнтовані комплекси контролю забруднень (ПОКК). До складу ПОКК

В цілому, сумарний екологічний показник забруднення атмосферного повітря населених пунктів є функцією багатьох факторів, найбільш вагомими з яких є обсяг викидів забруднювачів від пересувних джерел, переважно автотранспорту, середньорічний (середньодобовий) вміст забруднювачів в повітрі зон житлової забудови населених пунктів, обсяг викидів забруднювачів із стаціонарних джерел, локальне забруднення атмосферного повітря при прогнозованих екологічних кризових катастрофах, забруднення атмосферного повітря при непрогнозованих екологічних (техногенних) кризових катастрофах, таких як Чорнобильська аварія.

6.5. Перспективи фаху «Прилади і системи екологічного моніторингу»

25 лютого 2013 р. опубліковано Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку проведення моніторингу навколишнього природного середовища підприємствами, установами та організаціями, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища та положення про автоматизовану інформаційно-аналітичну систему моніторингу навколишнього природного середовища та забезпечення доступу до екологічної інформації».

Проект врахує процеси, які спостерігаються в останні роки та які триватимуть: зростання обсягів екологічної інформації, яка передається, збільшення кількості датчиків-передавачів і користувачів-отримувачів екологічної інформації, погіршення умов роботи інфраструктурних і структурних елементів економіки, пов'язане з глобальними змінами клімату.

З аналізу Проекту випливає висновок не тільки про зростання ролі фаху, але і про своєчасність розробки нового стандарту, оскільки з наведеного в Додатку переліку дисциплін видно, що певну частину ОПП безпосередньо орієнтовано на задачі Проекту. Тобто, вже

сьогодні вимоги стандарту передбачають підготовку кадрів для забезпечення моніторингу навколишнього середовища підприємствами, установами і організаціями та підвищення ролі дисциплін, орієнтованих на розроблення та експлуатацію ефективних приладів для контролю параметрів довкілля.

По-друге, чільне місце в цьому документі відведено інформаційно-аналітичним системам моніторингу (ІАСМ), які можуть забезпечувати інформаційну технологію спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, обсяги викидів та використаної енергії, прогнозування змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень. В документі конкретизовано, що ІАСМ формується шляхом розвитку інформаційної інфраструктури відповідно до сучасних вимог на основі новітніх наукових досягнень та автоматизованих геоінформаційних технологій.

Перспективним варіантом побудови ІАСМ є використання архітектурних принципів однорангових мереж. В цьому варіанті алгоритмічне забезпечення ІАСМ модифікується таким чином, щоб у випадку збоїв каналу зв'язку постів спостереження із серверним вузлом пакети збереженої інформації передавалися за допомогою оверлейної маршрутизації на інші вузли мережі відповідно до метрики локальності. При цьому жодний з каналів зв'язку системи не буде навантажений в режимі повного насичення, що в цілому підвищує стабільність каналу зв'язку при зменшенні витрат на виготовлення апаратури та програмного забезпечення.

Крім того, розробникам та системним інтеграторам рішень моніторингу параметрів довкілля надається можливість переносити значну частину інформаційно-комунікаційної інфраструктури підприємства на платформу територіально розосереджених однорангових мереж, що дозволить зменшити енергоспоживання та матеріальні витрати на утримання окремих серверних ферм. Елементи такого рішення розглядаються при вивченні базових дисциплін «Інформатика та програмування», «Новітні інформаційно-вимірювальні техноло-

гії», «Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем», а в подальшому магістерських дисциплін «Архітектура комп'ютерних мереж» та «Геоінформаційні технології екологічного моніторингу».

Особливої актуальності ІАСМ з використанням архітектурних особливостей однорангових мереж набуває при врахуванні процесів, що спостерігаються останні десять років, і які будуть продовжуватись: зростання кількості інформації, що передається, зростання кількості датчиків-передавачів інформації, зростання кількості користувачів-отримувачів інформації, погіршення умов роботи інфраструктурних та структурних елементів народного господарства, пов'язане зі змінами клімату.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвати основні задачі екологічного моніторингу.
2. Що таке фоновий (науковий) моніторинг?
3. Які підсистеми включає комплекс екологічного моніторингу?
4. Що таке забруднювальні речовини?
5. Назвати основні антропогенні джерела забруднення атмосфери
6. Які параметри джерел використовується для розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин?
7. Які умови виходу газоповітряної суміші з труби використовується для розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин?
8. Яка швидкість вітру називається небезпечною?

РОЗДІЛ 7 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

7.1. Основні поняття

Система одиниць. В основі Міжнародної системи фізичних одиниць покладено наступні 7 незалежних одиниць (назва, одиниця, позначення):

Сила струму (ампер) А; **довжина** (метр) м; **сила світла** (кандела) кд; **маса** (кілограм) кг; **температура** (градус Кельвіна) К; **час** (секунда) с; **кількість речовини** (моль) моль.

Інші одиниці похідні та є комбінацією вищеназваних. В електроніці поширені такі фізичні одиниці:

Ємність (фарад) Ф (А·с/В); **заряд** (кулон) Кл (А·с); **енергія** (джоуль) Дж (Н·м); **сила** (ньютон) Н (кг·м/с); **частота** (герц) Гц (1/с); **освітленість** (люкс) лк (лм/м²); **індуктивність** (генрі) Гн (В·с/А); **світловий потік** (люмен) лм (кд·с); **магнітний потік** (вебер) Вб (В·с); **густина магнітного потоку** (тесла) Тл (Вб/м²); **потенціал** (вольт) В (Вт/А); **потужність** (ват) Вт (Дж/с); **опір** (ом) Ом (В/А).

Множники. На практиці використовуються величини, які кратні фундаментальним одиницям величин (приведені: приставка, позначення, множник): тера Т (1 000 000 000 000); гіга Г (1 000 000 000); мега М (1 000 000); кіло к (1 000); санті с (0,01); мілі м (0,001); мікро мк (0,000 001); нано н (0,000 000 001); піко п (0,000 000 000 001).

Вимірювання кутів. Використовують градусну та радіанну одиниці. Радіан це кут між двома радіусами круга, які обмежують дугу, довжина якої дорівнює радіусу, $1 \text{ рад} = 360/6,28 = 57,3^\circ$.

Провідники та ізолятори. У металах електричний струм є впорядкованим рухом вільних електронів. Матеріали, в яких достатньо велика кількість вільних електронів, легко пропускають їх направлений потік, називають провідниками. Матеріали, в яких мало або їх

зовсім немає, називаються ізоляторами. Прикладами провідників є такі метали як мідь, алюміній, золото, срібло. В електроніці використовуються константан, ніхром, вольфрам. Різноманітні пластмаси та керамічні матеріали є ізоляторами такі як: бакеліт, скло, поліестер, поліетилен, поліпропілен, порселем, тефлон.

Електричний струм, напруга, опір. Здатність джерела енергії забезпечувати задане значення електричного струму у провіднику, визначається його електрорушійною силою (е.р.с.). Якщо е.р.с. діє на ділянці кола, то виникає різниця потенціалів, яка вимірюється у вольтах (В). Різниця потенціалів з'являється на кожній ділянці замкнутого кола при протіканні електричного струму. Сила струму прямо пропорційна діючій е.р.с. Сила струму також залежить від фізичних характеристик провідників (його довжини, площі поперечного перетину) та матеріалу, із якого він виготовлений. Сила струму у провіднику зворотно пропорційна його опору.

Енергія, робота, потужність. Енергія – це робота, яка виконана за певний час. Одиниця енергії джоуль. Потужність – це енергія електричного струму, яка виділена за 1 с, та дорівнює добутку струму на напругу. Одиниця потужності ват – це добуток 1 А на 1 В.

Постійний та змінний струм. Постійним називається струм, який не змінює свого напрямку за деякий інтервал часу. При цьому його амплітуда може істотно змінюватися. Постійний струм є наслідком дії постійної е.р.с. Постійний струм однонаправлений, а змінний струм двонаправлений. Він спочатку протікає в одному напрямі, а потім – у протилежному. Змінний струм обумовлений змінною е.р.с.

Змінні струми обумовлюють змінну різницю потенціалів (змінна напруга на елементах електричного кола). Змінна складова напруги або струму додається до постійної складової. В результаті відповідна крива може бути уніполярною або біполярною, але завжди вона асиметрична.

Форми імпульсів напруги або струму. В електронній техніці використовуються сигнали, які змінюються у часі по різних законах. Це можуть бути синусоїда, симетричний прямокутний сигнал –

меандр, трикутний сигнал, пилоподібний, нерегулярна послідовність прямокутних імпульсів. Такі сигнали можуть бути або тільки позитивними, або тільки негативними, або змінними, повторюються або не повторюються.

Частота та період коливань. Частотою повторення сигналів називається кількість циклів за одиницю часу. Одиниця частоти – герц (Гц). Якщо один повний цикл зміни сигналу відбувається за 1 с, то говорять, що цей сигнал має частоту 1 Гц. Якщо у проміжок часу 1 с відбувається 50 циклів сигналу, тоді він має частоту 50 Гц. Періодом сигналу називається час проходження одного повного циклу. Період – величина зворотна частоті. Наприклад, частоти коливань (1, 10, 100) Гц мають відповідні періоди коливань (1; 0,1; 0,01) с, а частоти (1, 10, 100) кГц мають періоди (1000; 100; 10) мс.

Середнє, пікове, діюче значення електричного сигналу. Крива напруги, струму або потужності, яка періодично змінюється, характеризується наступними трьома величинами:

- амплітудою (піком) напруги за період;
- середнім значенням напруги, яке у разі симетричної щодо вісі часу кривої обчислюється за половину періоду;
- середньоквадратичним або діючим (ефективним) значенням напруги.

Діюче значення змінного струму або напруги чисельно дорівнює такому постійному струму або напрузі, яка за один період розсіює на опорі таку ж кількість тепла, як і змінний струм. Якщо дана крива несинусоїдальна, але може бути представлена як сума декількох синусоїдальних складових, які мають різні частоти, то квадрат діючого значення є сума квадратів діючих значень складових синусоїд. Якщо одне із значень синусоїдальної кривої прийняти за одиницю, то інші значення можна обчислити за допомогою перевідних коефіцієнтів. Середнє/амплітудне = 0,636. Діюче/амплітудне = 0,707.

Поняття децибел. Децибел (дБ) – широко поширена одиниця вимірювання підсилення або ослаблення сигналів різного роду. Децибел – це одна десята величини, яка називається бел та дорівнює

десятичному логарифму відношення вихідної $P_{вих}$ до вхідної $P_{вх}$ потужності. Тому коефіцієнт підсилення за потужністю виражається у белах та записується у наступному вигляді:

$$K_B = \lg \frac{P_{вих}}{P_{вх}}.$$

Коефіцієнт підсилення за потужністю, який виражено у децибелах, записується у наступному вигляді:

$$K_{дБ} = 10 \cdot \lg \frac{P_{вих}}{P_{вх}}.$$

Якщо потужність виражається через напругу (U^2 / R) та при умові, що вхідний та вихідний опори однакові, коефіцієнт підсилення за напругою можна записати таким чином:

$$K_{U дБ} = 20 \cdot \lg \frac{U_{вих}}{U_{вх}}.$$

Відповідно, коефіцієнт підсилення за струмом:

$$K_{I дБ} = 20 \cdot \lg \frac{I_{вих}}{I_{вх}}.$$

Ці співвідношення мають універсальний характер та використовуються у тих випадках, коли опори на вході та виході різні. Якщо вихідні напруга або струм більше, ніж вхідні величини, то K_B має позитивне значення. Ця ситуація характерна для підсилювачів. У разі атенуаторів вихідна величина менше за вхідну, при цьому величина K_B має негативне значення.

7.2. Компоненти радіоелектронної апаратури

7.2.1. Резистори

Резистори – радіоелектронні компоненти, за допомогою яких здійснюється регулювання та розподіл електричної енергії між електричними колами та елементами схем. Залежно від призначення резистора підрозділяють на дві групи:

1. Загального призначення (діапазон номіналів від 10 Ом до 10 МОм, номінальні потужності розсіювання від 0,062 до 100 Вт);

2 Спеціальні призначення, які підрозділяються на:

- високоомні резистори (від десятків мегаом до сотень тераом; робоча напруга від 100 до 400 В);

- високовольтні (опір до 10^{11} Ом, робоча напруга одиниці – десятки кіловольт);

- високочастотні (мають малі власні ємності та індуктивності);

- прецизійні (підвищена точність – допуск (0,001...1) %, стабільність, номінали від 0,1 Ом до 10 МОм), номінальна потужності розсіювання до 2 Вт).

Змінні резистори підрозділяються на підстроювальні та регульовані. Підстроювальні резистори розраховані на проведення підстроювання електричних режимів та мають велику зносостійкість (до 1000 циклів переміщення рухомої частини), а регульовані – для проведення багатократних регулювань (до 5000 циклів).

Провідний елемент резистору виконують у вигляді плівки, яка осідає на поверхню ізоляційної підстави, дроту або мікродроту, об'ємної конструкції. Залежно від матеріалу, який використовується для створення провідного елемента, резистори підрозділяються на дротяні, недротяні (вуглецеві, графіт, сажа, напівпровідникові), металофольговані.

Номінальний опір резистора, а також конденсаторів, повинен відповідати одному із шести рядів E6; E12; E24; E48; E96; E192. Значення опору знаходять шляхом помноження або розподілу на 10^n

(де n – ціле позитивне число або нуль) чисел номінальних величин, що входять до складу ряду. Їх кількість визначається цифрою, яка знаходиться після букви E (див. табл. 7.1).

Ряд відхилень, що допускаються, також нормовано. Допуски вказуються у відсотках відповідно до ряду $\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $\pm 2,0$; $\pm 5,0$; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 .

Таблиця 7.1 – Значення номіналів опору резисторів та конденсаторів для десяткового порядку рядів E6; E12; E24; E48; E96

Ряд	Значення номіналів для десяткового порядку											
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8						
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2
E24	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1
E48	1,00	1,05	1,10	1,15	1,21	1,27	1,33	1,40	1,47	1,54	1,62	1,69
	1,78	1,87	1,96	2,05	2,15	2,26	2,37	2,49	2,61	2,74	2,87	3,01
	3,16	3,32	3,48	3,65	3,83	4,02	4,22	4,42	4,64	4,87	5,11	5,36
	5,62	5,90	6,19	6,49	6,81	7,15	7,50	7,87	8,25	8,66	9,09	9,53
E96	1,00	1,02	1,05	1,07	1,10	1,13	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,30
	1,33	1,37	1,40	1,43	1,47	1,50	1,54	1,58	1,62	1,65	1,69	1,74
	1,78	1,82	1,87	1,91	1,96	2,00	2,05	2,10	2,15	2,21	2,26	2,32
	2,37	2,43	2,49	2,55	2,61	2,67	2,74	2,80	2,87	2,94	3,01	3,09
	3,16	3,24	3,32	3,40	3,48	3,57	3,65	3,74	3,83	3,92	4,02	4,12
	4,22	4,32	4,42	4,53	4,64	4,75	4,87	4,99	5,11	5,23	5,36	5,49
	5,62	5,76	5,90	6,04	6,19	6,34	6,49	6,65	6,81	6,98	7,15	7,32
	7,50	7,68	7,87	8,06	8,25	8,45	8,66	8,87	9,09	9,31	9,53	9,76

Середня потужність шумів резистору визначається за формулою Найквіста:

$$P_{III} = 4 \cdot K \cdot T \cdot \Delta f,$$

де $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К – постійна Больцмана;

T – абсолютна температура;

Δf – смуга частот, в якій вимірюється потужність, $\Delta f = f_2 - f_1$.

Діюче значення напруги шумів пов'язане із потужністю:

$$P_{ш} = U_{ш}^2 / R; \quad U_{ш}^2 = P_{ш} \cdot R = 4 \cdot K \cdot T \cdot R \cdot \Delta f;$$

$$U_{ш} = \sqrt{4 \cdot K \cdot T \cdot R \cdot \Delta f}.$$

При $T = 273$ К $U_{ш} = 0,127 \cdot \sqrt{R \cdot \Delta f}$, де R [кОм]; Δf [кГц]; $U_{ш}$ [мкВ].

Значення напруги теплових шумів має випадковий характер. Крім того, резистор має струмові шуми, що виникають при додавання до нього електричної напруги. Діюче значення цих шумів визначається за наступним співвідношенням:

$$U_{ш} \approx K_1 \cdot U \cdot \sqrt{R \cdot \lg \frac{f_2}{f_1}}.$$

де K_1 – постійний коефіцієнт для даного резистору;

U – постійна напруга на резисторі;

f_2 та f_1 – вища та нижча частота у смузі, в якій визначається шум.

Рівень струмових шумів оцінюють відношенням діючого значення змінної складової напруги на резисторі, яка зміряна у смузі частот $\Delta f = f_2 - f_1$, до значення постійного падіння напруги на резисторі U :

$$D = U_{ш} / U.$$

Значення шумів у недротяних резисторів залежно від групи та складає 1 мкВ/В (група А), 5 мкВ/В (ніяк не позначається). У регульованих резисторах 50 мкВ/В (типу СП). Приведені значення

шумів задаються для смуги частот від $f_1 = 60 \text{ Гц}$ до $f_2 = 6 \text{ кГц}$ (для двох декад). У дротяних резисторах $0,1 \text{ мкВ/В}$ на тих самих частотах.

При розрахунку сумарного шуму електричного кола, який має декілька резисторів, джерела шумів звичайно вважаються некорельованими, тому:

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_{T1}^2 + \dots + U_{Tn}^2 + U_{H1}^2 + \dots + U_{Hn}^2},$$

де $U_{T1} \dots U_{Tn}$ – напруга теплового шуму n -го резистору;

$U_{H1} \dots U_{Hn}$ – напруга струмового шуму n -го резистору.

У еквівалентну схему резистору окрім опору R входять конденсатор C та індуктивність L . Це обумовлено тим, що будь-який резистор, навіть той, який виконано у вигляді бруска, має певну індуктивність. Ємність з'являється між ділянками резистору, а також між резистором та навколишніми елементами. Індуктивність та ємність мають розподілений характер. Проте для спрощення даний факт зазвичай не враховують та використовують одну із еквівалентних схем, яка наведено на рис. 7.1.



Рисунок 7.1 – Еквівалентні схеми резисторів

На частоті f [Гц] імпеданс резистору розраховується за співвідношенням:

$$Z = \frac{(R + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{\frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C}; \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f.$$

Відносна частотна похибка γ резистору:

$$\gamma = \frac{Z - R}{R} \cdot 100 \%,$$

де Z – повний опір резистору на частоті f .

На практиці, як правило, значення L та C невідомі. Тому для деяких резисторів у технічних умовах приводять значення узагальненої постійної часу:

$$\tau_{\max} \approx \left| \tau_L^2 - \tau_C^2 + 2 \cdot \tau_L \cdot \tau_C - \omega^2 \cdot \tau_L^2 \cdot \tau_C^2 \right|;$$
$$\tau_L = L / R; \quad \tau_C = R \cdot C,$$

яка пов'язана із відотною частотною похибкою опору:

$$\gamma = 50 \cdot \omega^2 \cdot \tau_{\max}^2.$$

Частотні характеристики у недротяних резисторів значно кращі, ніж у дротяних. Так у високоомного дротяного резистору С5–15 $\tau_{\max} \approx 1$ мкс, а у резистору типу МЛТ $\tau_{\max} \approx 1,3 \cdot 10^{-8}$ с.

Основні параметри резисторів:

1. Номінальний опір.
2. Допустиме значення відхилення опору від номінальної величини.
3. Номінальні потужність розсіювання.
4. Гранична робоча напруга.
5. Температурний коефіцієнт опору: $TKO = \frac{\Delta R}{R \cdot \Delta t} \cdot 100\%$.
6. Рівень власних шумів D (мкВ/В).
7. Максимальна температура навколишнього середовища для номінальної потужності розсіювання.
8. Вологостійкість та термостійкість.

Маркування SMD резисторів

Габаритні розміри SMD резисторів приведені на рис. 7.2, а у табл. 7.2 приведені типорозміри SMD резисторів. SMD-резистори типорозміру 0402 не маркуються, резистори решти типорозміру маркуються різними способами, які залежать від типорозміру та допуску. Резистори із допуском 2 %, 5 % та 10 % всіх типорозмірів маркуються трьома цифрами, перші дві позначають мантису, а остання – показник степені 10 (порядок) для визначення номіналу резистору в Омах. При необхідності до значущих цифр додається буква R для позначення десяткової точки. Наприклад, маркування 513 означає, що резистор має номінал $51 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 51 \text{ кОм}$.

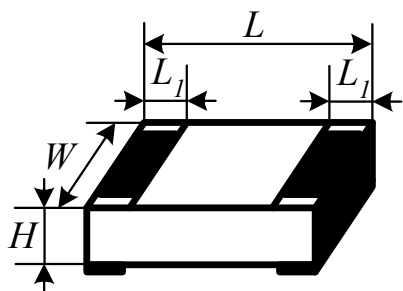


Рисунок 7.2 – Габаритні розміри SMD резисторів

Таблиця 7.2 – Типорозміри SMD резисторів

Типорозмір	Розміри, мм			
	L	W	H	L_1
0201	0,6	0,3	0,23	0,13
0402	1,0	0,5	0,35	0,25
0603	1,6	0,8	0,45	0,3
0805	2,0	1,2	0,4	0,4
1206	3,2	1,6	0,5	0,5
2010	5,0	2,5	0,55	0,5
2512	6,35	3,2	0,55	0,5

Резистори із допуском 1 % типорозміру від 0805 та вище маркуються чотирма цифрами, перші три позначають мантису, а остання – показник степені 10 (порядок) для завдання номіналу резистора в Омах. Буква R також служить для позначення десяткової точки. Наприклад, маркування 7501 означає, що резистор має номінал $750 \cdot 10^1 \text{ Ом} = 7,5 \text{ кОм}$.

Приклад. У колі підсилювального каскаду необхідно забезпечити струм 100 мкА ($\pm 10 \%$) за допомогою джерела живлення постійної

напруги 5 В. Необхідно вибрати номінал резистору та розрахувати його потужність.

Опір резистору розраховується за законом Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{100 \cdot 10^{-6}} = 50 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 50 \text{ кОм}.$$

Найближче до обчисленого значення опору (ряд E24) дорівнює 51 кОм. При цьому буде забезпечений струм $I = U / R = 5 / 51 \cdot 10^3 = 98 \text{ мкА}$, що відрізняється від необхідного значення на 2 %. При урахуванні точності опору $\pm 5 \%$, одержимо можливий діапазон зміни струму:

$$I_{\min} = \frac{U}{R + \Delta_R} = \frac{U}{R + \frac{\delta_R \cdot R}{100}} = \frac{U}{R \cdot \left(1 + \frac{\delta_R}{100}\right)} = \frac{5}{51 \cdot 10^3 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right)} = 93,4 \text{ мкА};$$

$$I_{\max} = \frac{U}{R - \Delta_R} = \frac{U}{R - \frac{\delta_R \cdot R}{100}} = \frac{U}{R \cdot \left(1 - \frac{\delta_R}{100}\right)} = \frac{5}{51 \cdot 10^3 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right)} = 103,2 \text{ мкА},$$

що задовольняє умовам поставленої задачі.

Розрахуємо потужність, яка розсівається на резисторі:

$$P_R = I^2 \cdot R = (98 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 51 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мВт}.$$

Набуте значення потужності достатньо мале, тому вибираємо найближче більше із ряду 0,125 Вт (0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0...). Вибираємо опір типу SMD – 0,125 – 51 кОм $\pm 5 \%$.

Зауваження. Максимальна потужність, яку розсіює резистор, залежить від температури навколишнього середовища. Із зростанням температури значення потужності, що розсіюється, знижується. Для

підвищення надійності резистору необхідно забезпечити достатньо великий запас за потужністю.

Колірне маркування резисторів. Резистори на основі вугільної та металооксидної плівки мають колірне маркування, яке характеризує їх номінальний опір та точність. Існує два методи маркування: по першому резистори маркуються чотирма кольоровими поясами; по другому – п'ятьма.

По першому методу: пояси 1 та 2 (позначають номінальне значення опору резистору): чорний 0, коричневий 1, червоний 2, оранжевий 3, жовтий 4, зелений 5, голубий 6, фіолетовий 7, сірий 8, білий 9; пояс 3 – (множник) сріблястий 0,01, золотий 0,1, чорний 1; коричневий 10, червоний 100; оранжевий 1 000, жовтий 10 000; зелений 100 000, голубий 1 000 000; пояс 4 – (точність $\pm$ %) червоний 2, золотий 5, сріблястий 10, без поясу 20.

По другому методу: пояси 1–3 – означають номінальне значення опору резистору; 4 – множник; 5 – точність.

Приклад. Резистор маркується чотирма колірними поясами у такій послідовності: червоний, фіолетовий, жовтий, золотий. Визначити параметри резистору.

Червоний пояс – 2, фіолетовий 7, множник – жовтий 10 000 (номінал $27 \times 10\,000 = 270$ кОм), точність золотий пояс 5 % серія E24. Номінал резистору $270 \text{ кОм} \pm 5 \%$.

Маркування резисторів за системою BS 1852.

Деякі тири резисторів маркуються за системою British Standard 1852. У цій системі положення децимальної точки визначається відповідною буквою множника R – 1, K – 1 000, M – 1 000 000; друга буква означає точність резистору, % : F $\pm$ 1; G $\pm$ 2; J $\pm$ 5; K $\pm$ 10; M $\pm$ 20.

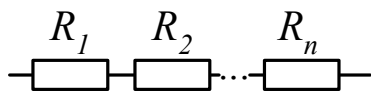
Приклад. Маркування резистору 5R6K означає $5,6 \text{ Ом} \pm 10 \%$.

Послідовне та паралельне з'єднання резисторів. При послідовному з'єднанні резисторів ($R_1, R_2, \dots, R_n$) загальний опір (R) дорівнює

сумі опорів резисторів. При паралельному з'єднанні загальна провідність (величина зворотна опору) дорівнює сумі провідностей опорів.

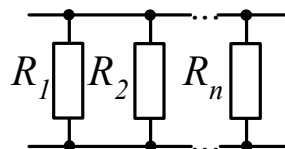
З'єднання резисторів:

– послідовне



$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

– паралельне



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

При $n = 2$
$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Дільник напруги. Резистори можуть використовуватись у складі дільника напруги, схема якого приведена на рис. 7.3, для отримання фіксованого значення напруги. В цьому випадку вихідна напруга пов'язана із вхідною наступним співвідношенням:

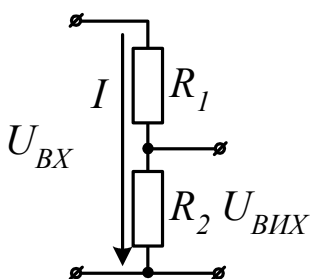


Рисунок 7.3 – Схема дільника напруги

$$U_{BX} = I \cdot (R_1 + R_2);$$

$$U_{BIX} = I \cdot R_2;$$

$$\frac{U_{BIX}}{U_{BX}} = \frac{I \cdot R_2}{I \cdot (R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2};$$

$$U_{BIX} = U_{BX} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Приклад. За допомогою резистивного дільника необхідно забезпечити на навантаженні опором 100 кОм величину напруги 1 В від джерела живлення постійної напруги 5 В.

Необхідний коефіцієнт відношення по напрузі:

$$K_{DU} = \frac{U_{BIX}}{U_{BX}} = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Опір резисторів повинен бути значно менший ніж 100 кОм. В цьому випадку при розрахунку дільника напруги опір навантаження можна не враховувати, тоді:

$$K_{DU} = \frac{U_{BHX}}{U_{BX}} = \frac{R_2}{R_2 + R_1}; \quad R_2 = K_D \cdot R_2 + K_D \cdot R_1;$$

$$R_1 = \frac{1 - K_{DU}}{K_{DU}} \cdot R_2 = \frac{1 - 0,2}{0,2} \cdot R_2 = 4 \cdot R_2.$$

Тому можна вибрати $R_2 = 1 \text{ кОм} \ll R_H = 100 \text{ кОм}$, $R_1 = 4 \cdot R_2 = 4 \text{ кОм}$. Опір R_1 одержимо шляхом послідовного з'єднання стандартних резисторів номіналом 1,8 кОм та 2,0 кОм. Слід пам'ятати, що дільник споживає струм від первинного джерела живлення, величина якого складає:

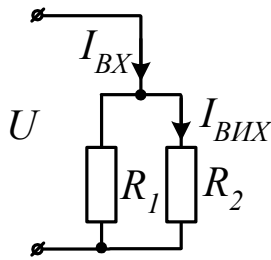
$$I = \frac{U_{BX}}{R_1 + R_2} = \frac{5}{(1 + 1,8 + 2,2) \cdot 10^3} = 1 \text{ мА}$$

і величина цього струму збільшується із зменшенням опору резисторів дільника.

Зауваження. Для отримання заданого значення напруги слід використовувати високоточні резистори. Недоліком простого резистивного дільника є те, що із зміною опору навантаження вихідна напруга дільника змінюється. Для зменшення впливу зміни навантаження на вихідну напругу необхідно вибирати значення резистору R_2 , зазвичай, у 10 разів менше ніж мінімальний опір навантаження. Із зменшенням опору резисторів зростає величина споживаного струму від джерела вхідної напруги. Величина цього струму не повинна перевищувати значення (1...10) мА.

Дільник струму. Резистори використовуються також для того, щоб задану частину від загального струму направити у плече дільни-

ка, схема дільника струму приведена на рис. 7.4.



$$I_{BX} = \frac{U}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} = U \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2};$$

$$I_{BIX} = \frac{U}{R_2} = U \cdot \frac{1}{R_2};$$

Рисунок 7.4 – Схема дільника струму

Вихідний струм I_{BIX} , який протікає через резистор R_2 , складає частину загального струму I_{BX} та визначається опором резисторів:

$$\frac{I_{BIX}}{I_{BX}} = \frac{U \cdot \frac{1}{R_2}}{U \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2};$$

$$I_{BIX} = I_{BX} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Приклад. Стрілка вимірювального приладу відкланяється на всю шкалу, якщо постійний струм у рухомій котушці дорівнює 1 мА. Активний опір обмотки котушки складає 100 Ом. Необхідно розрахувати опір шунта, щоб стрілка приладу максимально відхилилася при вхідному струмі 10 мА. Коефіцієнт відношення за струмом визначається за наступним співвідношенням:

$$K_{DI} = \frac{I_{BIX}}{I_{BX}} = \frac{1}{10} = 0,1;$$

$$K_{DI} = \frac{I_{BIX}}{I_{BX}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2};$$

$$K_{DI} \cdot R_1 + K_{DI} \cdot R_2 = R_1; \quad R_1 = \frac{K_{DI}}{1 - K_{DI}} \cdot R_2 = \frac{0,1}{1 - 0,1} \cdot 100 = 11,1 \text{ Ом}.$$

Необхідне значення опору резистору R_1 можна одержати шляхом послідовного з'єднання двох стандартних резисторів номіналом 9,1 Ом а 2 Ом. Резистор R_2 – внутрішній опір приладу.

Зауваження. Для забезпечення високої точності отриманих струмів необхідно використовувати високоточні резистори із точністю $\pm (0,05; 0,1; 1,0) \%$.

Закони Кірхгофа.

Перший закон (Закон струмів Кірхгофа) – алгебраїчна сума струмів у будь-якому вузлі будь-якого кола дорівнює нулю (значення струмів, що витікають із вузла, беруться із протилежним знаком):

$$\sum_{j=1}^n I_j = 0.$$

Другий закон (Закон напруги Кірхгофа) – алгебраїчна сума падінь напруги по будь-якому замкнутому контуру кола дорівнює алгебраїчній сумі діючих е.р.с. у цьому контурі. Якщо у контурі немає е.р.с., то сумарне падіння напруги дорівнює нулю:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m U_k = \sum_{k=1}^m I_k \cdot R_k.$$

Закони Кірхгофа справедливі для лінійних та нелінійних кіл при будь-якому характері зміни у часі струму та напруги.

Приклад. Джерело живлення дозволяє віддавати у навантаження струм 500 мА. Реально він віддає струм 300 мА для живлення підсилювача потужності, 50 мА – для живлення попереднього підсилювача та 20 мА для живлення індикаторного світлодіоду. Яка реально величина струму віддається джерелом живлення у навантаження? Яку величину струму джерело живлення могло б ще віддати у навантаження?

Вхідний струм від джерела живлення направлений до вузла, а всі інші від вузла, тому:

$$I_{BX} - I_1 - I_2 - I_3 = 0.$$

Величина струму, яка реально віддається джерелом живлення у навантаження дорівнює:

$$I_{BX \text{ реал}} = I_1 + I_2 + I_3 = 300 + 50 + 20 = 370 \text{ мА},$$

а величина струм, яке джерело живлення могло б ще віддати у навантаження:

$$I_{BX \text{ ном}} - I_{BX \text{ реал}} = 500 - 370 = 130 \text{ мА}.$$

Термістори та варистори. На практиці окрім лінійних використовують термозалежні (терморезистори) та нелінійні (варистори) резистори.

Терморезистори виконують або із металу, опір якого лінійно змінюється при зміні температури (мідь, платина), або на основі напівпровідників. Для цієї групи основною характеристикою є температурна. У напівпровідникових терморезисторах вона достатньо точно описується наступним рівнянням:

$$R(T) = R_1(T_0) \cdot e^{\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0}},$$

де $R_1(T_0)$ – номінальне значення опору при температурі T_0 (зазвичай $T_0 = 293 \text{ К}$);

B – постійний коефіцієнт для даного терморезистору.

Нелінійні резистори, опір яких залежить від напруги електричного поля, називаються **варисторами**. Як правило, їх виготовляють із карбиду кремнію. Нелінійність з'являється через явища, які спостерігаються на поверхнях зерен кристалу, з якого спресовано варистор (електронна емісія із гострих кутів та граней кристалу; збільшення електропровідності за рахунок пробіїв оксидних плівок, якими покривають зерна у сильних електричних полях). ВАХ варистору приведено на рис. 7.5.

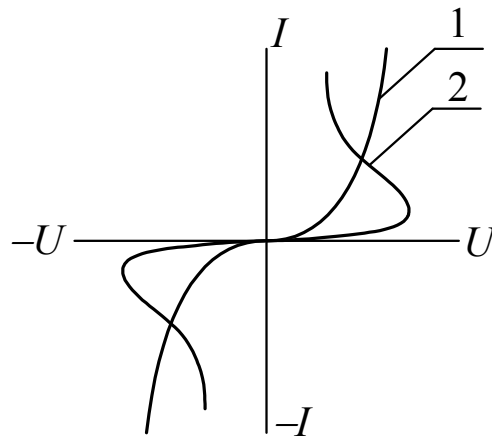


Рисунок 7.5 – Вольт-амперні характеристики варисторів
1 – варистор без ділянки із негативним диференціальним опором; 2 – негистор

Характеристика 2 має ділянку із негативним диференціальним опором. Варистори з таким ВАХ називають **негисторами**, їх вольт-амперна характеристика може бути апроксимована наступним рівнянням:

$$I = \frac{U}{R_0} \cdot e^{a\sqrt{U}},$$

де a – постійна нелінійності;

R_0 – початковий статичний опір, який зміряний при малій напруженості поля, значення його залежить від температури.

Умовно-графічне позначенні резисторів приведено на рис. 7.6.

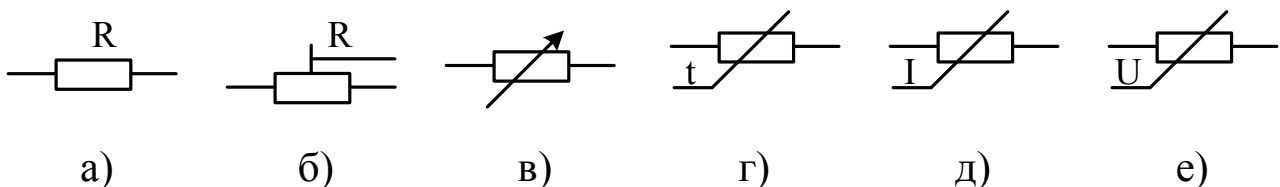


Рисунок 7.6 – Умовно-графічне позначенні резисторів
а) постійний; б) підстроювальний; в) змінний; г) терморезистор;
д) позистор; е) варистор

Терморезистори, які мають позитивний температурний коефіцієнт опору (ТКО), називаються **позисторами**. Їх зазвичай виготовляють із напівпровідникових твердих розчинів. Питомий опір таких матеріалів залежно від складу знаходиться у межах від 10 до 10^3 (Ом·см) та збільшується на два та більш порядку при збільшенні температури певного значення.

7.2.2. Конденсатори

За діелектриком, який використовується у конденсаторах постійної ємності, конденсатори можна підрозділити на п'ять груп:

- 1) із газоподібним діелектриком (повітряні, газонаповнені, вакуумні);
- 2) із рідким діелектриком;
- 3) із твердим неорганічним діелектриком (керамічні, склокерамічні, слюдяні);
- 4) із твердим органічним діелектриком (паперові, металопаперові, фторопластові);
- 5) із оксидним діелектриком (електролітичні; оксидно-напівпровідникові; оксидно-металеві), які виконують із використанням алюмінію, титану, ніобію, сплавів танталу та ніобію.

У конденсаторів розрізняють номінальне $C_{НОМ}$ та фактичне C_{Φ} значення ємності. Номінальна ємність вказується на його маркуванні у супровідній документації; фактично – це значення ємності, яке виміряне при заданій температурі та на певній частоті. Відхилення допустимої ємності зазвичай задається у відсотках:

$$\Delta C_{НОМ} = \frac{C_{\Phi} - C_{НОМ}}{C_{НОМ}} \cdot 100\%.$$

Зміна значення ємності залежить від температури та характери-

зується температурним коефіцієнтом ємності (ТКЄ), який визначається:

$$\alpha_C = ТКЄ = \frac{1}{C} \cdot \frac{dC}{dT}.$$

Залежно від матеріалу діелектрику ТКЄ може бути позитивним, нульовим або негативним. По допустимому відхиленню ТКЄ від номінального значення конденсатори підрозділяються на два класи: А та Б. У класі А відхилення у 2,0...2,5 рази менше ніж у класі Б. При необхідності одержати визначене ТКЄ застосовують послідовне, паралельне та змішане з'єднання конденсаторів із різними номіналами та різними ТКЄ:

при паралельному з'єднанні m конденсаторів ТКЄ одержаної результуючої ємності C $\alpha_C = \frac{C_1}{C} \alpha_{C1} + \frac{C_2}{C} \alpha_{C2} + \dots + \frac{C_m}{C} \alpha_{Cm}.$	при послідовному з'єднанні $\alpha_C = \frac{C}{C_1} \alpha_{C1} + \frac{C}{C_2} \alpha_{C2} + \dots + \frac{C}{C_m} \alpha_{Cm}.$
---	---

При підборі номіналів та ТКЄ, а також комбінуючи послідовне з'єднання, можна забезпечити нульове значення ТКЄ, що застосовується для створення вимірювальних конденсаторів.

Електричний опір конденсатору за змінним струмом визначається як відношення падіння напруги на конденсаторі до струму, який тече через нього, та виражається в омах (Ом). Опір конденсатору зворотно пропорційний величині ємності конденсатору та частоті змінного струму:

$$X_C = \frac{U_C}{I_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C},$$

де X_C – електричний опір конденсатору за змінним струмом, Ом;

f – частота змінного струму, Гц;

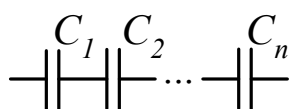
C – ємність конденсатору, Ф.

Фази напруги U_C та струму I_C , які зміщені щодо один одного на кут 90° , причому струм випереджає напругу.

Послідовне та паралельне з'єднання конденсаторів. При послідовному з'єднанні конденсаторів ($C_1, C_2, \dots, C_n$) зворотна величина загальної ємності (C) дорівнює сумі зворотних величин ємностей конденсаторів. При паралельному з'єднанні загальна ємність дорівнює сумі ємностей конденсаторів.

З'єднання конденсаторів:

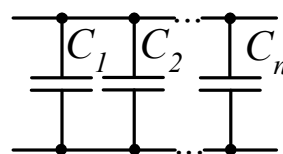
– послідовне



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

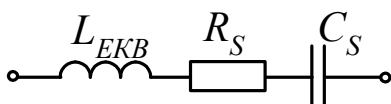
при $n = 2$ $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

– паралельне

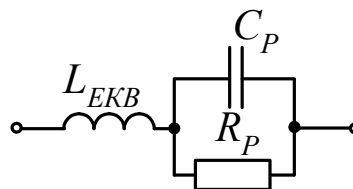


$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Спрощена еквівалентна схема конденсатора має ємність C , опір R та індуктивність L_{EKB} . Використовуються послідовне та послідовно-паралельне включення цих елементів (див. рис. 7.7). Індуктивність L_{EKB} утворена елементами конденсатору. Опір R характеризує втрати енергії та відображає той факт, що напруга та струм реального конденсатору зсунуті за фазою на кут $\varphi < 90^\circ$ у діапазоні частот, де індуктивністю L_{EKB} можна знехтувати.



а)



б)

Рисунок 7.7 – Еквівалентні схеми конденсаторів при послідовному (а) та послідовно-паралельному (б) включенні елементів

При використанні еквівалентної схеми (див. рис. 7.7, а) імпеданс конденсатору розраховується за наступним співвідношенням:

$$Z(\omega) = \sqrt{R_s^2 + \left(\omega \cdot L_{EKB} - \frac{1}{\omega \cdot C_s} \right)^2}.$$

З цього рівняння видно, що на частотах, вище f_0 , де $f_0 = \omega_0 / (2\pi)$ (ω_0 – резонансна частота, яка визначається із рівняння $\omega_0 \cdot L_{EKB} - \frac{1}{\omega_0 \cdot C_s} = 0$), конденсатор стає індуктивністю. Тому в електронних колах конденсатори прагнуть використовувати у тій смузі частот, в якій індуктивність L_{EKB} не має істотного впливу. У повітряних конденсаторів максимальна частота складає (2,5...3,6) МГц, слюдяних (150...200) МГц; паперових (50...80) МГц; керамічних дискових (200...2000) МГц; керамічних трубчастих (5...200) МГц.

Тангенс кута втрат характеризує електромагнітні втрати у конденсаторі та визначається як відношення його активною P до реактивної Q потужності:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{P}{Q} = \omega \cdot C_s \cdot R_s = \frac{1}{\omega \cdot C_p \cdot R_p}.$$

Значення $\operatorname{tg} \delta$ залежить від виду діелектрика, та може змінюватися із частотою та за часом, а також залежати від температури та напруженості електричного поля.

Для більшості конденсаторів полярність напруги не має значення. Електролітичні конденсатори можуть бути неполярними (К50–6), так і полярними. Це особливий тип конденсаторів, у якому в якості діелектрику використовується тонкий шар оксиду металу. Цей шар оксиду має вентильні властивості. Підключення напруги до них по-

винно здійснюватися із урахуванням вказаної на електродах полярності. Інакше конденсатор вийде із ладу.

Для електролітичних конденсаторів важливим параметром є струм витоку $I_{ВИТ}$:

$$I_{ВИТ} = K \cdot C_{НОМ} \cdot U_{НОМ} + m,$$

де $K = 10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-6}$ та $m = 0 \dots 10^{-2} \text{ мА}$ – коефіцієнти, який залежить від типу та ємності конденсатору;

$C_{НОМ}$ та $U_{НОМ}$ – номінальна ємність, мкФ, та напруга, В.

Струм витоку $I_{ВИТ}$ визначається через одну хвилину після подачі на конденсатор постійної напруги.

Основні параметри постійних конденсаторів:

1. Номінальне значення ємності конденсатору.
2. Допустиме відхилення дійсної ємності від номінального значення (%).
3. Тангенс кута втрат або добротність $Q = 1 / \operatorname{tg} \delta$.
4. Струм витоку (для електролітичних конденсаторів).
5. Опір ізоляції або постійна часу саморозряду. $R_{IZ} = U_0 / I_{ВИТ}$, де U_0 – постійна напруга, яка прикладена до конденсатора, при виникненні струму $I_{ВИТ}$.
6. Температурний коефіцієнт ємності.
7. Номінальна напруга.

Маркування конденсаторів. Маркування танталових конденсаторів типорозміру А та В складається із буквеного коду номінальної напруги відповідно до табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Маркування напруги танталових конденсаторів

Буква	G	J	A	C	E	V	T
Напруга, В	4	6,3	10	16	25	35	50

За ним має місце тризначний код номіналу ємності у пФ, в

якому остання цифра позначає кількість нулів у номіналі. Наприклад, маркування E105 позначає конденсатор ємністю 1 000 000 пФ = 1,0 мкФ із робочою напругою 25 В. Ємність та робоча напруга танталових SMD-конденсаторів розмірів C, D, E позначаються їх прямим записом, наприклад 47 6V – 47 мкФ 6 В.

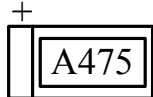
Маркування електролітичних SMD конденсаторів. Електролітичні конденсатори SMD часто маркуються їх ємністю та робочою напругою, наприклад 10 6V – 10 мкФ 6В. Іноді цей код використовується замість звичного, який складається із символу та 3 цифр. Символ вказує на робочу напругу, а 3 цифри (2 цифри та множник) визначають ємність у пФ. Маркування напруги електролітичних SMD конденсаторів наведено у табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Маркування напруги електролітичних SMD конденсаторів

Буква	E	G	J	A	C	D	E	V	H
Напруга, В	2,5	4	6,3	10	16	20	25	35	50

Приклад.

Зріз або смуга, яка вказує на позитивний вивід.

 A475 – 4,7 мкФ 10V 475 = $47 \cdot 10^5$ пФ = $4,7 \cdot 10^6$ пФ = 4,7 мкФ

Колірне маркування конденсаторів. На корпусі більшості конденсаторів приводяться їх параметри, але зустрічається і колірне маркування. Деякі конденсатори маркуються написом у два рядки: у першому вказується їх ємність (пФ, мкФ) та точність (K=10 %, M=20 %). У другому рядку приводиться допустима постійна напруга та код матеріалу діелектрику. Монолітні керамічні конденсатори маркуються кодом та трьома цифрами. Остання вказує на те, скільки нулів необхідно дописати до перших двох цифр, щоб одержати значення ємності у пікофарадах. Колірні пояси починаються із протилежного маркованого виводу конденсатору. Пояси 1 та 2 маркуються

наступними кольорами: чорний 0, коричневий 1, червоний 2, оранжевий 3, жовтий 4, зелений 5, голубий 6, фіолетовий 7, сірий 8, білий 9; пояс 3 (множник) – оранжевий 1 000, жовтий 10 000, зелений 100 000; пояс 4 (точність, %) – білий 10, чорний 20; пояс 5 (робоча постійна напруга, В) – червоний 250, жовтий 400.

Змінні та підстроювальні конденсатори виконуються із механічною або електричною змінною ємністю. У конденсаторів із механічно змінною ємністю одна група пластин або пластина переміщається щодо інших пластин або платини, які складають обкладинки конденсатору. При цьому може змінюватися взаємне перекриття пластин. При цьому можливо одержати лінійну або функціональну зміну ємності – залежно від переміщення рухомої частини. Найчастіше застосовують обертальний рух та одну обкладинку конденсатору виконують у вигляді ротору, а іншу – статору. Змінні конденсатори мають ручку, за допомогою якої обертається рухома частина (розраховані на довготривалу роботу). У підстроювальних конденсаторів рухома частина має шліц для її обертання викруткою, та конструкція рухомої частини спрощена (не розрахована на довготривалу роботу у режимі обертання). Умовно-графічне позначення конденсаторів приведено на рис. 7.8.

Для змінних та підстроювальних конденсаторів важливі максимальна $C_{\max}$ та мінімальна ємність $C_{\min}$, коефіцієнт перекриття за ємністю $K_C = C_{\max} / C_{\min}$, $\operatorname{tg} \delta$ та закон зміни ємності.

Окрім лінійних конденсаторів деяке поширення набули нелінійні конденсатори, у яких ємність залежить від напруженості електричного поля та відповідно статичне значення ємності $C = q / U$ (q – заряд ємності, U – напруга на ній) та диференційне значення $C_{\text{диф}} = dq / dU$ не рівні між собою. Нелінійні конденсатори, які виконано на основі сегнетоелектриків (керамічних діелектриків із спонтанною поляризацією), одержали назву варикондів. Нелінійні конденсатори на основі використання властивостей р-п-переходів називають варикапами.

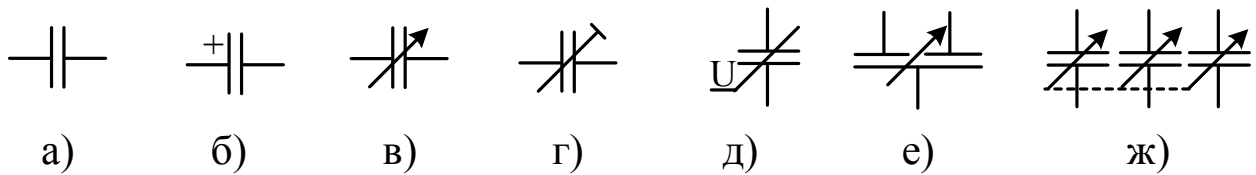


Рисунок 7.8 – Умовно-графічне позначенні конденсаторів

а – постійної ємності; б – електролітичний полярний;
в – змінної ємності; г – підстроювальний; д – вариконд;
е – диференціальний; ж – багатосекційний

Для керамічних матеріалів, які мають назву сегнетоелектрики (титанат барію, стронцію, кальцію та ін.) характерне високе значення відносної діелектричної проникності та її сильна залежність від напруженості електричного поля (див. рис. 7.9) та температури. Ємність конденсатору у таких діелектриках залежить від напруги, яка прикладена до них.

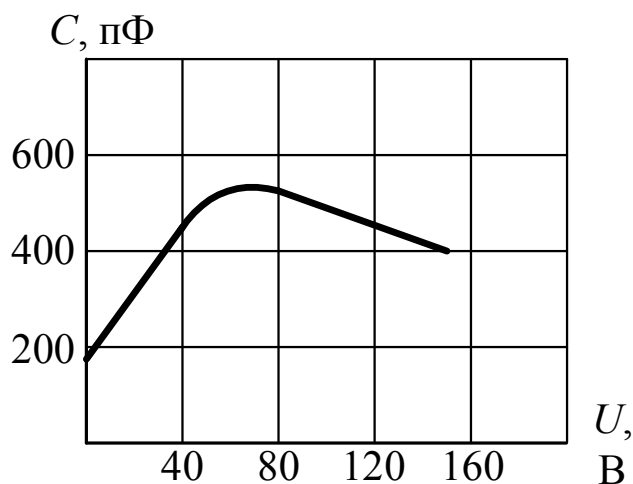


Рисунок 7.9 – Залежність ємності варикондів від напруги

При практичному застосуванні варикондів використовується залежність диференціальної ємності $C_{\text{диф}} = dq / dU$ від значення прикладеної напруги. Якщо вариконд включити у коло резонансного LC -контуру, то його резонансна частота при малій амплітуді коливань дорівнює $f_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{1/(L \cdot C_{\text{диф}})}$. При зміні постійної напруги на вариконді за допомогою джерела, що має високий внутрішній опір, можна управляти резонансною частотою.

7.2.3. Котушки індуктивності

Котушка індуктивності дозволяє запасати електромагнітну енергію у магнітному полі. Типовою областю їх застосування є фільтри, що згладжують, та різноманітні селективні кола. Котушки індуктивності, як правило, мають циліндричну або спіральну форму витків та виконуються як одношаровими, так і багатшаровими. Характер намотування залежить від призначення котушки індуктивності. Так, для зменшення міжвиткових ємностей витки укладаються на каркас із певним кроком або застосовують спеціальні способи намотування, коли витки укладаються не паралельно, а під деяким кутом один до одного (універсальне намотування).

Для збільшення значення індуктивності та підвищення її добротності широко застосовуються магнітопроводи із постійними та регульованими параметрами. Найпоширеніша форма магнітопроводу – броньова та тороїдальна. Регулювання параметрів магнітопроводу здійснюється за допомогою рухомого сердечника, який виконується із феромагнітного матеріалу. При його переміщенні змінюються параметри магнітопроводу та індуктивності котушки. У котушках індуктивності, які працюють на низьких частотах (до 1 кГц), в якості магнітопроводу зазвичай використовують пермалої. На вищих частотах (до декількох мегагерц) широко застосовуються ферити, причому їх марка залежить від діапазону робочих частот. На частотах вище декількох мегагерц використовують котушки індуктивності, які мають тільки підстроювальні сердечники або взагалі без них. Для проведення електричних розрахунків використовують одну із еквівалентних схем, які приведено на рис. 7.10.

В цих схемах враховано активні опори дроту $r_{\text{ДП}}$, індуктивність L , втрати у магнітопроводі $R_{\text{ВТР}}$ та ємність C . За допомогою еквівалентної ємності C враховується наявність міжвиткових ємностей, ємність виводів котушки, ємність окремих витків, які оточуючої його арматуру. Слід зазначити, що L та L' , $R_{\text{ВТР}}$ та $R'_{\text{ВТР}}$ не дорівнюють

один одному. Тому ці параметри повинні бути прив'язані до окремої еквівалентної схеми.

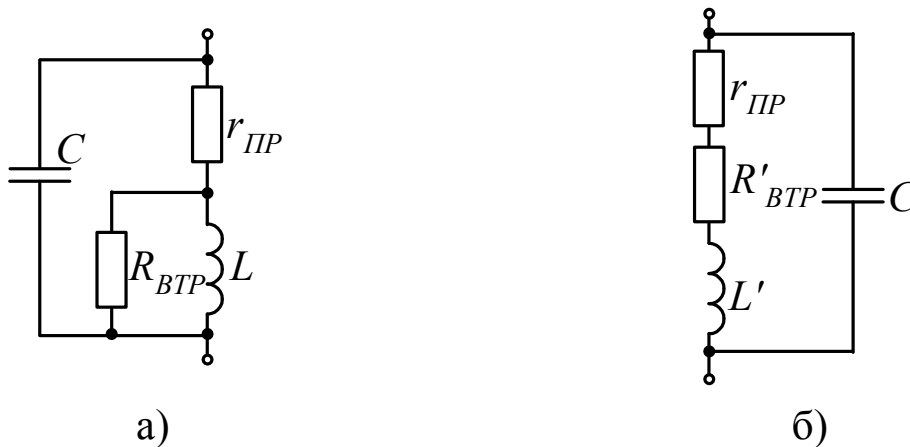


Рисунок 7.10 – Спрощені еквівалентні схеми котушок індуктивності

а – опір втрат, який включено паралельно із індуктивністю;
 б – опір втрат, який включено послідовно із індуктивністю

Найважливішим параметром котушки індуктивності є добротність, яка дорівнює відношенню уявної частини X її повного опору до дійсної частини R :

$$Q = \frac{X}{R}.$$

Значення добротності залежить від частоти. Якщо феромагнітний магнітопровід відсутній ($R_{BTP} \rightarrow \infty$; $R'_{BTP} \rightarrow 0$), а ємність C достатньо мала, то добротність залежить від відношення між індуктивністю L та активним опором дроту r_{PP} , та збільшується при підвищенні частоти. Проте на частотах декілька мегагерц через появу поверхневого ефекту активний опір дроту збільшується та добротність знижується.

Один із різновидів котушок індуктивності носить назву дросель. Його основне призначення – забезпечити достатньо велике значення опору для змінних струмів та мале для постійних або низькочастотних струмів. Розрізняють дроселі низької та високої частот. Дроселі

низької частоти використовуються у випрямляючих пристроях для створення фільтрів, які згладжують пульсації. Їх застосовують тоді, коли джерело живлення повинно віддавати достатньо велике значення струму (ампери – сотні ампер) та необхідно одержати малі пульсації постійної напруги.

Дроселі високої частоти використовують у високочастотних електронних колах, де пропускаються струми тільки щодо низької частоти. Вони є котушками індуктивності, які намотано внавал або із певним кроком на діелектричний каркас. При цьому прагнуть, щоб їх ємність була мінімальною, а індуктивність – найменшою.

Основні параметри котушок індуктивності:

1. Номінальна індуктивність котушки.
2. Відхилення допустимої індуктивності котушки.
3. Номінальна добротність котушки індуктивності (значенні добротності при номінальному значенні індуктивності).
4. Ефективна індуктивність (значення індуктивності, яке визначено із урахуванням впливу власної ємності, власної індуктивності та зміни початкової проникності сердечнику).

5. Початкова індуктивність (значення індуктивності, яке визначено на низькій частоті, де відсутній вплив власної ємності).

6. Температурний коефіцієнт індуктивності котушки

$$TKL = \frac{\Delta L}{L \cdot \Delta T}.$$

7. Температурна нестабільність індуктивності котушки.

8. Температурний коефіцієнт добротності $TKD = \frac{\Delta Q}{Q \cdot \Delta T}.$

9. Власна потужність котушки.

10. Робочий діапазон температур.

Маркування котушок індуктивності. У теперішній час випускаються радіочастотні котушки індуктивності згідно рядів E6, E12, E48... із фіксованим значенням частоти та індуктивністю від 1 нГн до 10 мГн. Точність $\pm 10\%$. Добротність від 20 до 100. У табл. 7.5 наведено характеристики багатошарових монолітних індуктивностей

TF1608 із типорозміром 0603, а у табл. 7.6 наведено характеристики багатошарових монолітних індуктивностей TL2012 із типорозміром 0805.

Таблиця 7.5 – Характеристики багатошарових монолітних індуктивностей TF1608 із типорозміром 0603

Маркування	Індуктивність	Q, на частоті 100 МГц	Q, на частоті 800 МГц	Частота резонансу, МГц	Опір, Ом (DC)	Макс струм, мА
TF160808 2N2K	2,2 нГн $\pm$ 10 %	12	38	Більш 6000	0,16	300
TF160808 3N3K	3,3 нГн $\pm$ 10 %	12	41	5700	0,22	300
TF160808 47NK	47 нГн $\pm$ 10 %	17	35	1200	0,9	300
TF160808 68NK	68 нГн $\pm$ 10 %	18	34	1000	1,5	300
TF160808 R10K	100 нГн $\pm$ 10 %	15	16	830	2,1	300

Таблиця 7.6 – Характеристики багатошарових монолітних індуктивностей TL2012 із типорозміром 0805

Маркування	Індуктивність	Q, на частоті 100 МГц	Q, на частоті 800 МГц	Частота резонансу, МГц	Опір, Ом (DC)	Макс струм, мА
TL201209 R10K	0,1мкГн $\pm$ 10%	20	25	235	0,3	250
TL201209 R15K	0,15мкГн $\pm$ 10%	20	25	200	0,4	250
TL201209 R22K	0,22мкГн $\pm$ 10%	20	25	170	0,5	250
TL201209 6R8K	6,8мкГн $\pm$ 10%	50	4	29	1	15
TL201209 100K	10мкГн $\pm$ 10%	50	2	24	1,15	15

Оскільки наведена е.р.с. (напруга) пропорційна швидкості зміни потікозчеплення, а потікозчеплення пропорційне індуктивності, значення якої помножено на силу струму. Відповідно, падіння напруги на індуктивному елементі пропорційно індуктивності, яка помножена на швидкість зміни струму. Одношарові із незамкнутим магнітопроводом котушки індуктивності використовуються у колах настройки приладів. Багатошарові із незамкнутим магнітопроводом використовуються у фільтрах та високоточних трансформаторах. Багатошарові котушки броньового типу із сердечником з фериту використовуються у фільтрах низьких та середніх частот, трансформаторах. Аналогічні котушки, але із сталевим сердечником використовуються у згладжуючих дроселях та низькочастотних фільтрах.

Формули для розрахунку котушки індуктивності. Параметри одношарових катушок, в яких відношення довжини до діаметру більше 5, розраховуються за наступними співвідношеннями:

$$L = \frac{0,2 \cdot N^2 \cdot d^2}{20 \cdot l + 9 \cdot d}; \quad N = \frac{2,24}{d} \cdot \sqrt{L \cdot (20 \cdot l + 9 \cdot d)};$$

де L – індуктивність, мкГн;

N – число витків;

d – діаметр котушки, см;

l – довжина намотування, см.

Параметри багатошарових катушок, в яких відношення діаметру до довжини більше 1, розраховуються за наступними співвідношеннями:

$$L = \frac{N^2 \cdot d_m^2}{100 \cdot d}; \quad N = \frac{10}{d_m} \cdot \sqrt{L \cdot d},$$

де L – індуктивність, мкГн;

N – число витків;

d_m – середній діаметр обмотки, см;

d – товщина обмотки, см.

Одно та багат шарові котушки із незаземленим феритовим магнітопроводом мають значення індуктивності у 1,5 – 3 разів більше залежно від особливостей та конфігурації сердечника. Латунний сердечник знижує індуктивність до (60...90) % у порівнянні із її значенням без сердечника.

Перед розрахунком індуктивності необхідно визначити число витків, які можуть розміститися на котушці. Чим менше діаметр дроту, тим більше число витків, але тим більше опір дроту та його нагрів. Значення струму котушки не повинне перевищувати 100 мА для дроту із діаметром 0,2 мм; 50 мА – 0,5 мм; 4 А – 1 мм.

Зауваження. Індуктивність котушок із сталевим сердечником дуже швидко зменшується із зростанням постійної складової струму обмотки. Максимальний струм котушки залежить від температури. Для забезпечення надійної роботи індуктивності необхідно забезпечити достатньо великий запас за струмом. Феритові тороїдальні сердечники ефективні для виготовлення фільтрів та трансформаторів на частотах вищих 30 МГц. При цьому обмотка складається із декількох витків. При використанні будь-яких типів сердечників частина магнітних силових ліній замикається не по магнітопроводу, а через навколишній простір. Особливо сильно даний ефект виявляється у незаземлених магнітопроводах. Ці поля розсіювання є джерелом перешкод. Котушка індуктивності має паразитну ємність, яка призводить до виникнення коливального контуру. Резонансна частота складає від 20 кГц до 100 МГц.

Електричний опір котушки індуктивності за змінним струмом визначається як відношення діючого значення напруги та струму і прямо пропорційно індуктивності на частоті змінного струму, визначається в Омах (Ом):

$$X_L = \frac{U_L}{I_L} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L,$$

де X_L – електричний опір індуктивності за змінним струмом, Ом;

f – частота змінного струму, Гц;

L – індуктивність котушки, Гн.

Фази напруги U_L та струму I_L зміщені щодо один до одного на кут 90° , причому струм відстає від напруги.

Приклад. Через котушку індуктивністю 10 мГн протікає струм 20 мА на частоті 400 Гц. Визначити падіння напруги на котушці.

Опір котушки за змінним струмом дорівнює:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 25,13 \text{ Ом.}$$

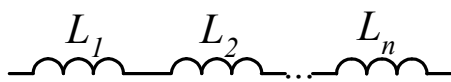
Діюче значення напруги на котушці складає:

$$U_L = I_L \cdot X_L = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 25,13 = 0,503 \text{ В.}$$

Послідовне та паралельне з'єднання котушок. При послідовному з'єднанні котушок ($L_1, L_2, \dots, L_n$) загальна індуктивність (L) дорівнює сумі складових індуктивностей котушок. При паралельному з'єднанні зворотна величина загальної індуктивності дорівнює сумі зворотних величин складових індуктивностей котушок.

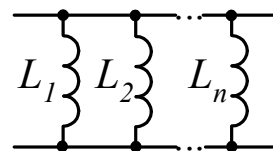
З'єднання котушок:

– послідовне



$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

– паралельне



$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

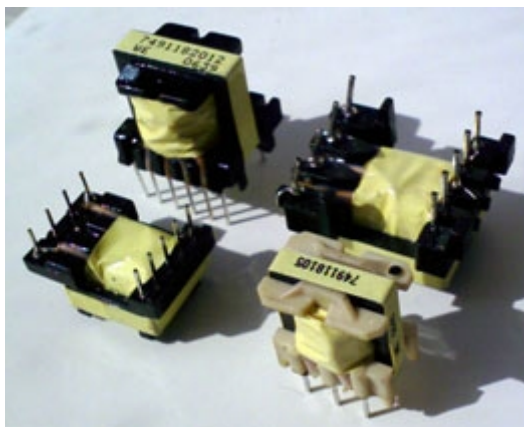
$$\text{при } n = 2 \quad L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

7.2.4. Трансформатори

Трансформаторами називаються статичні пристрої, які забезпечують перетворення параметрів змінної напруги та струму. Трансформатори дозволяють: змінювати рівні та форму напруги (струму); погоджувати опори джерел сигналу та навантаження; розділяти кола за постійним струмом; змінювати форму змінної напруги (струму).

У теперішній час переважно застосовуються електромагнітні трансформатори, принцип роботи яких засновано на перетворенні енергії електричного поля в енергію магнітного поля та зворотне перетворення останньої. Тим самим здійснюється передача електричної енергії із одного кола в інше. Такий трансформатор складається із феромагнітного магнітопроводу та розташованих на неї обмоток. Обмотка, що підключається до первинної живлячої мережі (джерело сигналу), називають первинною, а обмотка, до якої підключається коло навантаження, – вторинної.

Розрізняють трансформатори живлення електронної апаратури та сигнальні трансформатори, зовнішній вигляд яких наведено на рис. 7.11.



а)



б)

Рисунок 7.11 – Зовнішній вигляд трансформатору живлення (а) та сигнального трансформатору (б), який призначено для роботи у системах передачі даних

Трансформатори живлення електронної апаратури – трансформатори малої потужності, які призначено для перетворення напруги електричної мережі у напругу, яка необхідна для живлення електронних пристроїв.

Сигнальні трансформатори – трансформатори малої потужності, які призначено для точної передачі, перетворення, а іноді і запам'ятовування електричного сигналу. Їх підрозділяють на:

- вхідні, які забезпечують узгодження вхідних опорів електронних пристроїв та джерел сигналу;
- вихідні – забезпечують узгодження вихідних опорів електронних пристроїв із опором навантаження;
- імпульсні – забезпечують перетворення та формування імпульсних сигналів.

Магнітопроводи трансформаторів електронної апаратури мають різні конфігурації. Широко використовують стрижньові, броньові та тороїдальні конструкції (див. рис. 7.12).

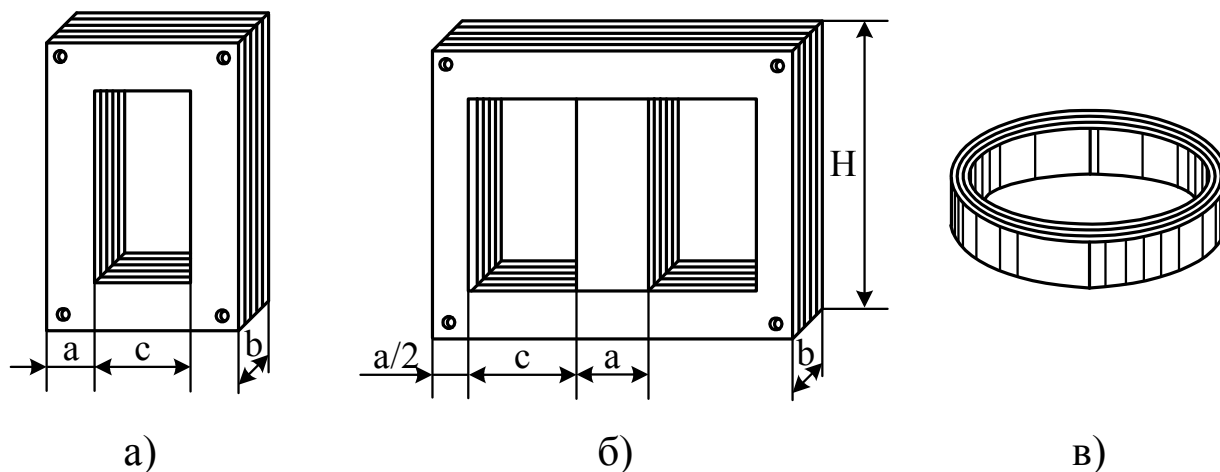


Рисунок 7.12 – Магнітопроводи трансформаторів:

а – стрижньовий; б – броньовий; в – тороїдальний (кільцевий)

Трансформатори із стрижньовими магнітопроводами (див. рис. 7.12, а) мають нерозгалужене магнітне коло та відносно велике значенням потоку розсіювання і кращі умови охолодження обмоток, оскільки вони розташовуються на різних стрижнях. Такі

конструкції менш чутливі до зовнішніх магнітних полів, у зв'язку з тим, що е.р.с. перешкоди, яке наводиться в обох котушках, протилежно за знаком та частково або повністю компенсується. Тому трансформатори із стрижньовими магнітопроводами використовуються при виготовленні трансформаторів великої потужності. Недоліки цих трансформаторів – великі потоки розсіювання, значення яких більші, ніж у броньових трансформаторів, вагогабаритні показники. Броньові трансформатори (див. рис. 7.12, б) мають розгалужене магнітне коло. Обмотки розташовуються на середньому стрижні. Такі трансформатори відносяться до числа найпростіших та дешевших у виробництві. Недоліками їх є відносно висока чутливість до наведень, велика значення величини потоку розсіювання та погане охолодження обмоток.

Трансформатори на тороїдальних сердечниках (див. рис. 7.12, в) найбільш складні та дорогі. Основною перевагою їх є вельми мала чутливість до зовнішніх магнітних потоків та мале значення потоку розсіювання. Обмотки у трансформаторах тороїдальної конструкції намотують рівномірно за всім тором, що дозволяє ще більш зменшити магнітні потоки розсіювання.

Для зменшення втрат на вихрові струми магнітопроводи виготовляють із тонких пластин трансформаторній сталі (шихтовані), покритих із одним шаром ізолюючого лаку або оксиду. Збірка сердечника із пластин, товщина яких менше (0,1...0,2) мм, незручна та погано піддається автоматизації. У випадках тонкого магнітного матеріалу зручніше та дешевше виявляються «виті сердечники», які намотуються із сталеві стрічки необхідної товщини. Їх часто називають стрічковими.

Інженерний розрахунок трансформатору складається із чотирьох етапів:

- 1) вибір типу трансформатора та його принципової конструкції;
- 2) вибір та розрахунок магнітопроводу із визначенням його основних розмірів;
- 3) електричний, конструктивний розрахунки;

4) перевірочний розрахунок.

При проектуванні трансформатору будь-якого призначення істотним є вибір магнітопроводу, ця операція зводиться до рішення наступних задач: вибір типу, конструкції, матеріалу магнітопроводу; вибір (розрахунок) типорозміру магнітопроводу. Для малопотужних трансформаторів магнітопровід визначається за електромагнітної потужності P (на одну фазу):

$$P = C_P \cdot P_{ГАБ},$$

де C_P – коефіцієнт, що враховує відношення між електромагнітною і вторинною потужностями (вибирають із спеціальних таблиць);

$P_{ГАБ}$ – габаритна потужність, яка дорівнює напівсумі потужностей всіх обмоток, включаючи первинну:

$$P_{ГАБ} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{2}.$$

По значенню електромагнітної або габаритної потужності із спеціальних таблиць, які приведені у спеціалізованій літературі по розрахунку трансформаторів, знаходять розміри магнітопроводу. При цьому також враховують задані наперед допустиму температуру перегріву обмоток (70° для бортової апаратури, 55° для наземної, 45° при підвищеному терміні служби та зниженої вартості) та допустиму нестабільність напруги, яка залежить від типу апаратури.

Після вибору розмірів магнітопроводу виконують електричний розрахунок. Для цього визначають електрорушійну силу e , яка має місце на одному витку за наступною формулою:

$$e = 4,44 \cdot B \cdot f \cdot S_C \cdot K_C,$$

де B – вибрана магнітна індукція у магнітопроводі;

f – частота;

S_C – площа перетину магнітопроводу, $S_C = a \cdot b$ (див. рис. 7.12);

K_C – коефіцієнт заповнення площі перетину магнітопроводу сталлю, $K_C = 0,8 \dots 0,95$.

Потім знаходять число витків W у обмотках: $W_i = U_i / e$ (U_i – напруга на i -ої обмотці). Визначають діаметри або перетини дротів обмоток, підраховують число витків у шарі, кількість шарів, розміри котушки. При визначенні перетину дротів S_{IP} виходять із допустимої густини струму J , значення якого залежить від конструкції трансформатору та його потужності $S_{IP} = I_i / J$. Значення J також наведено у таблицях для визначення розмірів магнітопроводу. При їх відсутності можна вибрати $J = 2 \text{ А/мм}^2$, що гарантує запас за перегрівом обмотки навіть при поганому охолодженні.

Після електричного та конструктивного, проводять перевірочний розрахунок: уточнення струмів, падінь напруги на обмотках, значення магнітної індукції, визначення температури перегріву. Якщо необхідні параметри забезпечити не вдається, то вибирають наступний більший типорозмір магнітопроводу та повторюють розрахунок.

Сигнальні трансформатори забезпечують точну передачу аналогових інформаційних сигналів. Їх проектують так, щоб частотні та нелінійні спотворення, що вносяться трансформатором, не перевищували заданих при коефіцієнтах трансформації, при цьому вимагається для узгодження опорів джерел сигналу та навантаження.

Імпульсні трансформатори називають спеціального типу сигнальні трансформатори, які призначені для трансформації або формування імпульсів напруги (струму) різної форми. Основні вимоги, які пред'являються до імпульсних трансформаторів, є вимога малих або визначених спотворень форми трансформованого імпульсу. Для багатьох умов розроблено та спроектовано імпульсні трансформатори малої потужності, які нормалізовані та серійно випускаються промисловістю.

Основні параметри трансформаторів живлення.

1. Номінальна напруга та струм первинної обмотки U_1 та I_1 .
2. Номінальна напруга та струм вторинної обмотки U_2 та I_2 .
3. Напруга холостого ходу U_0 (напруга на розімкненій вторинній обмотці).
4. Номінальна потужність (сума потужностей вторинних обмоток).
5. Коефіцієнт трансформації.
6. Частота живлення.

Для низькочастотних вихідних трансформаторів також важливо:

- 1) смуга частот (обмежується нижньою f_H та верхньою f_B частотами робочого діапазону); 2) опір навантаження (зазвичай задається на середній частоті); 3) номінальна вихідна потужність; 4) коефіцієнт корисної дії. У сигнальних трансформаторів параметри задаються залежно від їх призначення. Умовно-графічне позначення трансформаторів наведено на рис. 7.13.



Рисунок 7.13 – Умовно-графічне позначення трансформаторів з магнітопроводом із сталі (а) та феродіелектрику (б)

Зауваження. Максимальна потужність, яка передається трансформатором, визначається максимальною температурою його нагріву. Із зростанням температури навколишнього середовища допустима потужність знижується. Для збільшення надійності трансформатора слід забезпечити запас за потужністю.

Кожен трансформатор є джерелом потужних електромагнітних

перешкод, які обумовлено полями розсіювання. При монтажі в апаратурі трансформатор або надійно екранують, або встановлюють його подалі від чутливих до перешкод елементів схеми, якими є вхідні кола підсилювачів, електронно-променеві трубки, малопотужні проміжні трансформатори та ін.

Не допускається використання трансформатору за межами вказаних для нього значень напруги. При перевищенні напруги може відбутися насичення магнітопроводу, що приведе до різкого зростання струму первинної обмотки, перегріву та виходу із ладу трансформатору.

При монтажі тороїдального трансформатору не можна допускати, щоб виникав електричний контакт кріплення трансформатору із декількома витками. Це з'єднання еквівалентне короткому замиканню витку, по якому проходить необмежений струм. При цьому трансформатор вийде із ладу.

П'єзотрансформатори. В окремих випадках застосовуються безобмоткові трансформатори, в яких використовується п'єзоефект. Такі трансформатори застосовуються при отриманнях великого коефіцієнту трансформації $n = 10 \dots 100$ та малої потужності передавального сигналу. П'єзоефектом називають властивість деяких матеріалів змінювати свої геометричні розміри під впливом електричного поля або утворювати на гранях зв'язані різнойменні заряди при їх розтягуванні та стисненні. П'єзоефект спостерігається у таких матеріалах, як кварц, сенгетова сіль, турмалін, титаніт барію, п'єзокераміка та ін. П'єзотрансформатори складаються із п'єзоелементу із нанесеними на нього електродами та корпуса із контактами. Простий п'єзотрансформатор має п'єзокерамічну пластину прямокутної форми, на яку методом вжигання нанесені електроди із срібла (див. рис. 7.14).

До однієї пари електродів підключається вхідна напруга, яка створює електричне поле у діелектрику. В результаті у п'єзоелементі виникають коливання, і певні ділянки його деформуються. На ділянках, що деформуються, з'являється е.р.с., яка може бути одержана за

допомогою правильно розташованих електродів. Вибором параметрів п'єзоелементу, геометрії та розташування електродів можна одержати коефіцієнт трансформації декілька сотень та більш. Такі трансформатори не мають широку смугу пропускання частот та достатньо добре працюють тільки на певних резонансних частотах. При закріпленні п'єзоелектрику у корпусі кріпильні вузли розташовуються у місцях з мінімальної амплітудою механічних коливань. Амплітудна характеристика п'єзотрансформатору має істотну нелінійність, тому він не може бути ефективно використаний для точного перетворення сигналу.

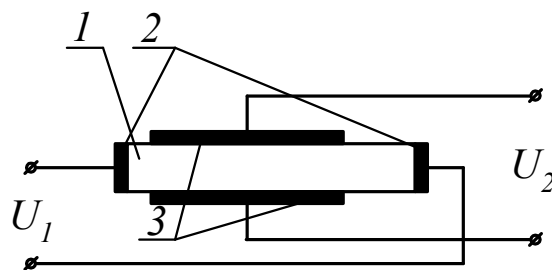


Рисунок 7.14 – Конструкція п'єзотрансформатору
1 – пластина із сегнетоелектрику; 2, 3 – електроди

Проте у колах, де не потрібно особлива точність, а важливий лише високий коефіцієнт трансформації при малій потужності (до 5 Вт), що віддається, вони можуть успішно конкурувати із трансформаторами електромагнітного типу. Існує гранична напруженість електричного поля, підвищення якої призводить до перегріву п'єзоелементу, який знижує надійність п'єзотрансформатору. Тому допустиму напруженість слід вибирати залежно від матеріалу та допустимого перегріву п'єзотрансформатору.

7.2.5. Напівпровідникові діоди

Напівпровідниковим діодом називають напівпровідниковий прилад із одним електричним р-п-переходом та двома виводами.

Залежно від технології їх виготовлення розрізняють точкові діоди, сплавні та мікросплавні, із дифузійною базою, епітаксіальні та ін.

По функціональному призначенню діоди підрозділяють на випрямляючі, універсальні, імпульсні, змішувачі, детекторні, модулятори, перемикаючі, помножувальні, стабілітрони (опорні), тунельні, параметричні, фотодіоди, світлодіоди, магнітодіоди, діоди Ганна і т.д.

Більшість напівпровідникових діодів виконують на основі несиметричних р-п-переходів. Низькоомну область діодів називають емітером, а високоомну – базою. Для створення переходів із вентильними властивостями використовують р-п-, р-і-, п-і-переходи, а також переходи метал-напівпровідник. Вольт-амперна характеристика ідеального діоду описується наступною формулою:

$$I_{PP} = I_T \cdot \left(e^{\frac{U}{\varphi_T}} - 1 \right),$$

де I_{PP} – результуючий струм через р-п-перехід при прикладенні до діоду прямої напруги;

I_T – тепловий струм, який протікає через р-п-перехід;

$\varphi_T = k \cdot T / q$ – температурний потенціал, В,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцману;

T – абсолютна температура, К;

$q = 1,60 \cdot 10^{-19}$ К – заряд електрону.

Температурний потенціал при температурі 293 К (20°C) дорівнює $\varphi_T \approx 0,025$ В.

Тепловий струм та складові решти зворотного струму достатньо сильно залежать від температури. Для теплового струму справедлива наступна залежність:

$$I_T(T) = I_T(T_0) \cdot e^{\alpha \cdot \Delta T},$$

де $\Delta T = T - T_0$;

$I_T(T_0)$ – тепловий струм при температурі T_0 ;

α – постійний коефіцієнт (для германію $\alpha_{Ge} \approx 0,09 K^{-1}$ при $T < 350 K$, для кремнію $\alpha_{Si} \approx 0,13 K^{-1}$ при $T < 400 K$).

У кремнієвих діодах в діапазоні робочих температур частка теплового струму у повному зворотному струмі невелика: $I_{зБР} \approx 10^3 \cdot I_T$. Для інженерних розрахунків зворотного струму залежно від температури навколишнього середовища можна використовувати спрощене співвідношення:

$$I_{зБР}(T) \approx I_{зБР}(T_0) \cdot 2^{\frac{\Delta T}{T^*}},$$

де T^* – приріст температури, при якому зворотний струм $I_{зБР}(T_0)$ подвоюється ($T^* \approx (8...10)^\circ C$ для германію та $T^* \approx (6...7)^\circ C$ для кремнію). На практиці часто вважають, що зворотний струм германієвих діодів збільшується у два рази, а кремнієвих – у 2,5 рази при збільшенні температури на кожні $10^\circ C$. Оскільки зворотний струм у кремнієвих діодах на декілька порядків менше, ніж у германієвих, їм часто нехтують.

Падіння напруги на діоді U залежить від струму I , який протікає через нього, і має більше значення у діодів із малим I_T . Оскільки у кремнієвих діодів тепловий струм I_T малий, то і початкова ділянка прямої гілки характеристики значно полого, ніж у германієвих. При збільшенні температури пряма гілка характеристики стає крутішою через збільшення I_T та зменшення опору бази. Падіння напруги, яке відповідає тому ж значенню прямого струму, при цьому зменшується, що оцінюється за допомогою температурного коефіцієнту напруги (TKU) ε :

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{\Delta T}.$$

TKU показує, наскільки повинна змінитися напруга на р-п-переході при зміні температури на 1°C при $I=\text{const}$, $\varepsilon=2,2$ мВ/град.

Випрямляючі діоди. Діоди, які призначено для перетворення змінного струму у постійний, до швидкодії яких, ємності р-п-переходу та стабільності параметрів зазвичай не пред'являють спеціальних вимог, називають випрямляючими. В якості випрямляючих діодів використовують сплавні епітаксіальні та дифузійні діоди, які виконано на основі несиметричних р-п-переходів. Для випрямляючих діодів характерно, що вони мають малі опори у провідному стані та дозволяють пропускати достатньо великі струми. Бар'єрна ємність їх через велику площу р-п-переходів велика та досягає значень десятків пікофарадів. Германієві випрямляючі діоди можуть бути використані при температурах, значення яких не перевищує $(70...80)^{\circ}\text{C}$, кремнієві – до $(120...150)^{\circ}\text{C}$, арсенід-галієві – до 150°C .

Основні параметри випрямляючих діодів та їх значення у малопотужних діодів:

1. Максимально допустима зворотна напруга діоду $U_{ЗВР\text{max}}$ – значення напруги, яка прикладена у зворотному напрямі, при якій діод може витримати протягом довгого часу без порушення його працездатності (десятки – тисячі вольт).

2. Середній випрямлений струм діода $I_{ВП\text{CP}}$ – середнє за період значення випрямленого постійного струму, який протікає через діод (сотні міліампер – десятки ампер).

3. Імпульсний прямий струм діоду $I_{ПР\text{I}}$ – пікове значення імпульсу струму при заданій максимальній тривалості, шпаруватості та форми імпульсу.

4. Середній зворотний струм діоду $I_{ЗВР\text{CP}}$ – середнє за період значення зворотного струму (частки мікроампер – декілька міліампер).

5. Середня пряма напруга діоду при заданому середньому значенні прямого струму $U_{ПР\text{CP}}$ (частки вольт).

6. Середня потужність, яка розсіюється на діоді P_{CPD} , – середня за період потужність, яка розсіюється на діоді, при протіканні струму у прямому та зворотному напрямках (сотні міліват – десятки та більш ват).

7. Диференціальний опір діоду $r_{диф}$ – відношення приросту напруги на діоді до малого приросту струму, що викликав його (одиниці – сотні ом).

Імпульсні діоди. Імпульсні діоди мають малу тривалість перехідних процесів та призначені для роботи в імпульсних колах. Від випрямних діодів вони відрізняються малими ємностями р-п-переходу (частки пікофарад) та рядом параметрів, які визначають перехідні характеристики діоду. Зменшення ємності досягається за рахунок зменшення площі р-п-переходу, тому значення допустимої потужності, яка розсіюється на діоді невелика (30...40) мВт.

Основні параметри імпульсних діодів

1. Загальна ємність діоду C_D (від часток до декількох пікофарад).

2. Максимальна імпульсна пряма напруга $U_{ПП I \max}$.

3. Максимальний допустимий імпульсний струм $I_{ПП I \max}$.

4. Час встановлення прямої напруги діоду t_{BCT} – інтервал часу від моменту подачі імпульсу прямого струму на діод до досягнення заданого значення прямої напруги на ньому (частки наносекунд – частки мікросекунд).

5. Час відновлення зворотного опору діоду $t_{ВДН}$ – інтервал часу, який пройшов із моменту проходження струму через нуль (після зміни полярності прикладеної напруги) до моменту, коли зворотний струм досягає заданого малого значення ($0,1 \cdot I$, де I – струм при прямій нарузі); $t_{ВДН}$ – частки наносекунд – частки мікросекунд.

У швидкодіючих імпульсних колах широко використовують діоди Шоттки, в яких перехід виконано на основі контакту метал-напівпровідник. У цих діодах не витрачається час на накопичення та

розсмоктування зарядів у базі, їх швидкодія залежить тільки від швидкості процесу перезарядки бар'єрної ємності. Діоди Шоттки застосовують також у випрямлячах достатньо великих струмів та у логарифмуючих пристроях. Умовно-графічне позначення діоду Шоттки наведено на рис. 7.15 б.

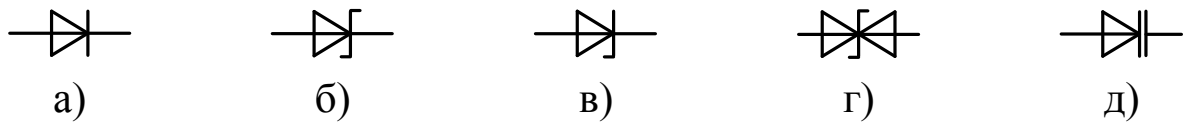


Рисунок 7.15 – Умовно-графічне позначення напівпровідникових діодів

а – діод; б – діод Шоттки; в – стабілітрон; г – стабілітрон, який має двополярну напругу стабілізації; д – варикап

Маркування вітчизняних напівпровідникових діодів складаються з шести елементів. Перший елемент – буква, яка вказує на основі якого напівпровідникового матеріалу виконаний діод. Германій або його з'єднання позначають буквою Г, кремній та його з'єднання – К, з'єднання галію – А. У приладах спеціального призначення букви замінюються відповідними цифрами: германій – 1, кремній – 2, з'єднання галію – 3. Другий елемент – буква, яка позначає підкласи діоду: випрямляючі, імпульсні, універсальні – Д, варикапи – В, тунельні та звернені діоди – И, стабілітрони – С, надвисокочастотні – А. Третій елемент – цифра, яка визначає призначення діоду (від 101 до 399 – випрямляючі; від 401 до 499 – універсальні; від 501 до 599 – імпульсні). У стабілітронів ця цифра визначає потужність розсіювання. Четвертий та п'ятий елементи – цифри, які визначають порядковий номер розробки (у стабілітронів ці цифри показують номінальну напругу стабілізації). Шостий елемент – буква, яка показує розподіл технологічного типу на параметричні групи (прилади одного типу по значеннях параметрів підрозділяються на групи). У стабілітронів букви від А до Я визначають послідовність розробки.

Приклад розшифровки позначення діодів:

КД215А – кремнієвий випрямляючий діод загального призначення;

ГД412А – германієвий універсальний діод загального призначення;

2Д504А – кремнієвий універсальний діод спеціального призначення;

КВ101А – кремнієвий варикап загального призначення;

КС168А – кремнієвий стабілітрон загального призначення.

Маркування зарубіжних діодів. Європейська система класифікації напівпровідникових діодів є буквено-цифровим кодом, який має дві букви і три цифри у разі діодів загального застосування або три букви і дві цифри у разі спеціальних діодів. Нижче приведена розшифровка значень перших двох букв:

Перша буква: А – германієвий; В – кремнієвий; С – арсенід-галієвий; D – фотодіод.

Друга буква: А – діод загального призначення; В – варикап; Е – тунельний діод; Р – фотодіод; Q – світлодіод; Т – тиристор; Х – варактор; Y – потужний випрямляючий діод; Z – стабілітрон.

У позначенні стабілітрона має місце додаткова буква (після номеру приладу), яка характеризує допуск на напругу пробою: А – $\pm 1\%$; АВ – $\pm 2\%$; С – $\pm 5\%$; D – $\pm 10\%$. У позначенні стабілітрону також є додаткові символи, які позначають номінальне значення напруги пробою. Наприклад, 9 V 1 означає, що напруга пробою становить 9,1 В.

Приклад розшифровки позначення діодів:

АА113 – германієвий діод загального призначення;

ВВ105 – кремнієвий діод, який призначено для настройки радіоапаратури (варикап).

ВZY88C4V7 – кремнієвий стабілітрон із напругою стабілізації 4,7 В $\pm 5\%$.

Напівпровідникові стабілітрони. Напівпровідникові стабілітрони, або так звані опорні діоди, призначені для стабілізації напруги.

Їх робота заснована на використанні явища електричного пробою р-п-переходу при включенні діоду у зворотному напрямі.

Основні параметри стабілітронів та їх типові значення

1. Напруга стабілізації U_{CT} – падіння напруги на стабілітроні при протіканні заданого струму стабілізації (від декількох до десятків вольт).

2. Максимальний струм стабілізації $I_{CT \max}$ (декілька міліампер – декілька ампер).

3. Мінімальний струм стабілізації $I_{CT \min}$ (частки – десятки міліампер).

4. Диференціальний опір $r_{\text{диф}}$, який визначається при заданому значенні струму на ділянці пробою як $r_{\text{диф}} = \partial U_{CT} / \partial I_{CT}$ (частки – тисячі ом).

5. Температурний коефіцієнт напруги стабілізації α_{CT} – відносна зміна напруги стабілізації ΔU_{CT} при зміні температури навколишнього середовища на ΔT (α_{CT} – тисячні частки відсотка).

Приклад. Для отримання опорної напруги використовується стабілітрон, який має при температурі 20°C напруга стабілізації $U_{CT} = 9,1 \text{ В}$ та температурний коефіцієнт напруги стабілізації $\alpha_{CT} = +4 \text{ мВ/}^\circ\text{С}$. Необхідно визначити максимальне та мінімальне значення напруги в абсолютних величинах та у відсотках від номінального значення, якщо температура навколишнього середовища змінюється від -10 до $+40^\circ\text{С}$.

Максимальне та мінімальне значення напруги стабілізації при зміні температури від $+40$ до -10°С складає:

$$U_{CT \max} = U_{CT} + \alpha_{CT} \cdot (t_{\max} - t_0) = 9,1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot (40 - 20) = 9,18 \text{ В};$$

$$U_{CT \min} = U_{CT} + \alpha_{CT} \cdot (t_{\min} - t_0) = 9,1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot (-10 - 20) = 8,98 \text{ В}.$$

Повний діапазон зміни температури навколишнього середовища

дорівнює:

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min} = 40 - (-10) = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Абсолютне значення зміни напруги стабілізації при зміні температури навколишнього середовища складає:

$$\Delta U_{CT} = \alpha_{CT} \cdot \Delta t = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 200 \text{ мВ} = 0,2 \text{ В}.$$

Відносна зміна напруги стабілізації від номінальної складає:

$$\delta_{CT \max} = \frac{U_{CT \max}}{U_{CT \text{ ном}}} \cdot 100 \% = \frac{9,18}{9,1} \cdot 100 = 100,9 \%;$$
$$\delta_{CT \min} = \frac{U_{CT \min}}{U_{CT \text{ ном}}} \cdot 100 \% = \frac{8,98}{9,1} \cdot 100 = 98,7 \%.$$

Таким чином, у визначених умовах напруга стабілізації змінюється від $-1,3$ до $+0,9$ % від номінального значення.

Зауваження. Для отримання більшого значення напруги стабілізації стабілітрони можна з'єднувати послідовно. Наприклад, з'єднавши послідовно стабілітрони, які мають номінальну напругу стабілізації $6,8$ та $9,1$ В, одержимо напругу стабілізації $15,9$ В.

Необхідно звертати увагу на значення потужності, яка розсівається на стабілітроні. Її значення повинно бути не більш допустимого рівня потужності, яка розсіюється на стабілітроні.

Найкращу температурну стабільність мають стабілітрони, в яких номінальна напруга стабілізації лежить в межах від 5 до 6 В. Ці стабілітрони також мають невелике значення диференціального опору. Тому при проектуванні джерел опорної напруги на стабілітронах вибирають саме ці стабілітрони. Якщо необхідне більше значення напруги, то на практиці використовують спеціальні пристрої схемотехніки – компенсаційні стабілізатори напруги.

Стабілітрон – джерело шумів, які мають досить велику ампліту-

ду, що заважає роботі пристроїв із великими коефіцієнтами підсилення за напругою. Для компенсації шумів необхідно паралельно стабілітрону включати два конденсатори ємністю 1 та 100 мкФ.

Варикап – це напівпровідниковий прилад, який призначено для використання в якості ємності, яка управляється електричною напругою. Варикап працює при зворотній напрузі, яка прикладена до р-п-переходу. Його ємність змінюється у широкому діапазоні, а її значення визначають за формулою:

$$C_B(U) = C_B(U = 0) \cdot \left(\frac{\varphi_K}{\varphi_K + U} \right)^{\frac{1}{n}},$$

де $C_B(U = 0)$ – ємність при нульовій напрузі на діоді;

U_K – контактна різниця потенціалів (температурний потенціал);

U – прикладена зворотна напруга;

$n = 2$ для різких переходів та $n = 3$ для плавних переходів.

Основні параметри варикапів та їх типові значення:

1. Загальна ємність C_B – ємність, яка зміряна між виводами варикапу при заданій зворотній напрузі (десятки – сотні пікофарад).

2. Коефіцієнт перекриття за ємністю – відношення ємності варикапу при двох заданих значеннях зворотної напруги: $K_C = C_{B \max} / C_{B \min}$ (одиниці – десятки одиниць).

3. Опір втрат r_{II} – сумарний активний опір, який включає опір кристалу, контактних з'єднань та виводів варикапу.

4. Добротність Q_B – відношення реактивного опору варикапу на заданій частоті змінного сигналу (X_C) до опору втрат при заданому значенні ємності або зворотної напруги: $Q_B = X_C / r_{II}$ (десятки – сотні одиниць).

5. Температурний коефіцієнт ємності (ТКЄ) α_{C_B} – відношення відносної зміни ємності до абсолютної зміни температури навколиш-

нього середовища, що викликало його зміну $\alpha_{C_B} = \Delta C / (C \cdot \Delta T)$
(2...6)·10⁻⁴ 1/К.

Тиристори.

Тиристорами називаються напівпровідникові прилади із трьома (та більш) р-п-переходами, які призначено для використання в якості електронних ключів у схемах перемикання електричних струмів. Залежно від конструктивних особливостей та властивостей тиристори підрозділяють на діодні (динистори) та тріодні (тиристори). Динистори підрозділяють на: ті, що замикаються у зворотному напрямі; провідні у зворотному напрямі; симетричні. Тиристори підрозділяють на: ті, що замикаються у зворотному напрямі з управлінням за анодом або катодом; провідні у зворотному напрямі із управлінням за анодом або катодом; симетричні (двонаправлені). Крім того, в їх склад входить група тиристорів, що вимикаються. Умовно-графічне позначення тиристорів наведено на рис. 7.16.

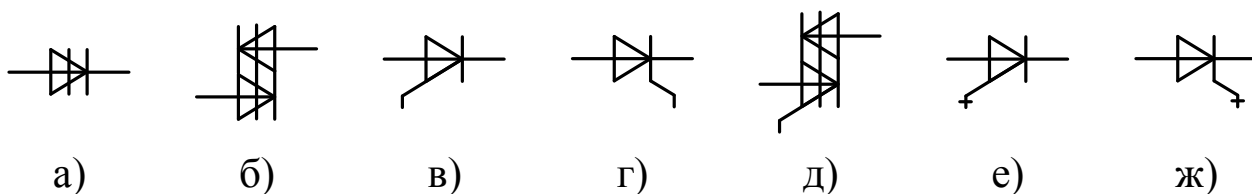


Рисунок 7.16 – Умовно-графічне позначення тиристорів

а – діодний, б – діодний симетричний, в – тріодний, який не замикається із управлінням за анодом, г – тріодний, який не замикається із управлінням за катодом, д – тріодні симетричні, е – тріодний, який замикається із управлінням за анодом, ж – тріодний, який замикається із управлінням за катодом

Тиристор достатньо швидко перемикається із непровідного у провідний стан. У непровідному стані через нього протікає достатньо мале значення струму, тому на ньому розсівається невелика потужність у порівнянні із потужністю, яка передається тиристором у навантаження.

При включенні тиристор залишається у провідному стані до тих

пiр, поки не зменшиться до деякого порогового значення його анодний струм. Під час роботи у колах із постійною напругою живлення анодного кола для виключення тиристорів використовуються спеціальні кола комутації. У разі змінної анодної напруги тиристор вимикається при зміні фази цієї напруги. При цьому сигнал вимкнення повинен з'явитися у колі управляючого електроду синхронно із зміною фази анодної напруги. Він є імпульсом струму певної амплітуди та тривалості.

Основні параметри тиристорів та їх орієнтовне значення

1. Напруга перемикавання: постійна – $U_{ПРК}$, імпульсна – $U_{ПРІ}$ (десятки – сотні вольт).
2. Напруга у відкритому стані U_{BC} – падіння напруги на тиристорі у відкритому стані (1...3) В.
3. Зворотна напруга $U_{ЗВР}$ – напруга, при якому тиристор може працювати тривалий час без порушення його працездатності (одиниці – тисячі вольт).
4. Постійна пряма напруга у закритому стані $U_{ЗС}$ – максимальне значення прямої напруги, при якому не відбувається включення тиристорів (одиниці – сотні вольт);
5. Невідмикаюча напруга на управляючому електроді $U_{УНВД}$ – найбільша напруга, що не викликає відмикання тиристора (частки вольт).
6. Замикаюча напруга на управляючому електроді $U_{УЗ}$ – напруга, що забезпечує необхідне значення замикаючого струму управляючого електроду (одиниці – десятки вольт).
7. Струм у відкритому стані I_{BC} – максимальне значення струму відкритого тиристора (сотні міліампер – сотні ампер).
8. Струм утримання $I_{УТ}$ (десятки – сотні міліампер).
9. Зворотний струм $I_{ЗВР}$ (частки міліампер).
10. Відмикаючий струм управління $I_{УВД}$ – найменше значення струму управляючого електроду, яке необхідно для включення

тиристор (десятки міліампер).

11. Швидкість наростання напруги у закритому стані – максимальна швидкість наростання напруги у закритому стані (від десятків до сотень В/мкс).

12. Час включення $t_{ВКЛ}$ – час з моменту подачі відмикаючого імпульсу до моменту, коли напруга на тиристорі зменшиться до 0,1 від свого початкового значення (одиниці – десятки мікросекунд).

13. Час виключення $t_{ВИКЛ}$ – мінімальний час, протягом якого до тиристор (п) повинно прикладатися замикаюча напруга (десятки – сотні мікросекунд).

14. Потужність, яка розсіюється P (одиниці – десятки ват).

Зауваження. Тиристор включається імпульсним сигналом із крутим фронтом наростання, який у певний час подається на управляючий електрод. Схема, яка забезпечує управляючий струм тиристора, повинна мати по можливості малий внутрішній опір. Чим більше величина струму включення (але не більш допустимого значення), тим швидше включиться тиристор і тим менше комутаційні втрати потужності на ньому. Тривалість струму включення не слід робити необхіднішого значення для зменшення втрат потужності. У колах змінного струму схема управління повинна забезпечувати максимальний діапазон регулювання кута затримки включеного тиристор (п).

Симетричні тиристори – напівпровідникові прилади, які у включеному стані здатні проводити електричний струм як при позитивному, так і при негативному напівперіодах змінної живлячої напруги. Симетричний тиристор може бути включений як позитивним, так і негативним сигналом, який подається на його управляючий електрод.

Зауваження. При перемиканні різного роду тиристорів виникають високочастотні шуми та перешкоди, які розповсюджуються по дротах мережі, що підводять струм. Ці перешкоди впливають на роботу іншого електронного обладнання. Для ослаблення перешкод у

схемах на тиристорах використовуються LC-фільтри.

Світловипромінюючі діоди.

Світлодіоди використовуються як індикатори загального призначення, які споживають значно меншу потужність, ніж лампи накаливання. Вони мають задовільне випромінювання при значеннях прямих струмів від 5 до 20 мА. Світлодіоди зазвичай виготовляються у круглих пластмасових корпусах діаметром від 3 до 5 мм або у прямокутному корпусі з розміром 5x2 мм. Кут огляду у разі круглого корпусу знаходиться у діапазоні від 20 до 40°, а у разі прямокутного корпусу він зростає до 100°.

Для обмеження прямого струму I послідовно з світлодіодом у коло включається резистор. Необхідне значення опору резистору R знаходиться за формулою:

$$R = \frac{U - U_F}{I},$$

де U_F – падіння напруга на світлодіоді у провідному напрямі;

U – напруга джерела живлення.

Приклад. Розрахувати опір резистору, який включено послідовно з світлодіодом, призначеним для індикації наявності постійної напруги у мережі 21 В. Падіння напруги на світлодіоді у прямому включенні дорівнює 2,2 В при струмі 15 мА.

Опір резистору дорівнює:

$$R = \frac{U - U_F}{I} = \frac{21 - 2,2}{15 \cdot 10^{-3}} = 1253,3 \text{ Ом} = 1,25 \text{ кОм}.$$

Найближче із ряду стандартне значення опору резистору складає 1,3 кОм. Потужність, яка розсівається на резисторі, дорівнює:

$$P_R = (U - U_F) \cdot I = (21 - 2,2) \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,282 \text{ Вт}.$$

Необхідно вибрати резистор, який має номінальну потужність розсіювання 0,5 Вт та більш.

Зауваження. Зворотна напруга 5 В, яка прикладена до світлодіоду, може вивести його із ладу. При живленні електронного обладнання від автомобільного акумулятора необхідно вибирати світлодіоди із мінімальною потужністю для збереження ресурсу акумулятору. Якщо у Вас декілька світлодіодів, то їх краще включати послідовно, а не паралельно, для того, щоб яскравість була однаковою. Але це можливо тільки тоді, коли живляча напруга має достатньо велике значення. Жовті та зелені світлодіоди мають меншу світловидатність, ніж червоні, тому для вирівнювання інтенсивності світла доцільно включати їх у коло резистори із різними опорами (різниця складає від 10 до 15 %).

7.2.6. Транзистори

Типи транзисторів.

Транзистор (від англ. *transfer* – переносити і *resistance* – опір) – електронний прилад із напівпровідникового матеріалу, зазвичай із трьома виводами, який дозволяє вхідним сигналом управляти струмом у вихідному електричному колі. Транзистор зазвичай використовується для підсилення, генерації та перетворення електричних сигналів.

Управління струмом у вихідному колі здійснюється за рахунок зміни вхідної напруги або струму. Невелика зміна вхідних величин може призводити до істотно більшої зміни вихідної напруги та струму. Ця підсилювальна властивість транзисторів використовується у схемотехніці (аналогові ТБ, радіо, зв'язок та ін.).

У теперішній час у схемотехніці широко використовуються біполярні транзистори (БПТ) (міжнародний термін – ВІТ, *bipolar junction transistor*). Іншою найважливішою галуззю електроніки є цифрова техніка (логіка, пам'ять, процесори, комп'ютери, цифровий

зв'язок та ін.), де, навпаки, біполярні транзистори майже повністю витиснені польовими.

Вся сучасна цифрова схемотехніка побудована на польових МОН (метал-оксид-напівпровідник) – транзисторах (МОНТ), які є більш економічні у порівнянні із БПТ. Іноді їх називають МДН (метал-діелектрик-напівпровідник) – транзистори. Міжнародний термін – MOSFET (*metal-oxide-semiconductor field effect transistor*). Транзистори виготовляються за інтегральною технологією на одному кремнієвому кристалі (чіп) та складають елементарну «цеглинку» для побудови мікросхем логіки, пам'яті, процесора і ін. Розміри сучасних МОНТ складають від 90 до 32 нм. На одному сучасному чіпі (зазвичай розміром 1 – 2 см²) розміщуються декілька (поки одиниці) мільярдів МОНТ. Впродовж 60 років відбувається зменшення розмірів (мініатюризація) МОНТ та збільшення їх кількості на одному чіпі (ступінь інтеграції), найближчими роками очікується подальше збільшення ступеня інтеграції транзисторів на чіпі. Зменшення розмірів МОНТ призводить також до підвищення швидкодії процесорів.

Класифікація транзисторів:

1. За потужністю розсіювання:

- малопотужні транзистори до 100 мВт;
- транзистори середньої потужності від 0,1 до 1 Вт;
- потужні транзистори (більше 1 Вт).

2. За частотою сигналу, який підсилюється:

- низькочастотні (менше 30 МГц);
- високочастотні (30...300) МГц;
- надвисокочастотні (більше 300 МГц).

3. За конструктивним виконанням:

– дискретні транзистори: корпусні (для вільного монтажу, для встановлення на радіатор, для автоматизованих систем паяння; безкорпусні);

- транзистори у складі інтегральних схем.

4. За матеріалом та конструкцією корпусу:

- метало-скляний;

- пластмасовий;
- керамічний.

Система позначень сучасних типів транзисторів встановлена галузевим стандартом ОСТУ 11336.919–81 та базується на ряді класифікаційних ознак. В основу системи позначень встановлений буквено-цифровий код.

Перший елемент позначає початковий напівпровідниковий матеріал, на основі якого виготовлений транзистор. Для позначення початкового матеріалу використовуються наступні символи:

- Г або 1 – для германію або його з'єднань;
- К або 2 – для кремнію або його з'єднань;
- А або 3 – для з'єднань галію (практично для арсеніду галію, використовуваного для створення польових транзисторів);
- И або 4 – для з'єднань індію (ці з'єднання для виробництва транзисторів як початковий матеріал поки не застосовуються).

Другий елемент позначення – буква, що визначає підклас (або групу) транзисторів. Для позначення підкласів використовується одна із двох букв: Т – для біполярних та П – для польових транзисторів.

Третій елемент – цифра, що визначає основні функціональні можливості транзистору (допустиме значення потужності, яка розсіюється, та гранична або максимальна робоча частота). Для позначення найхарактерніших експлуатаційних ознак транзисторів застосовуються наступні цифри.

Для транзисторів малої потужності (максимальна потужність, що розсіюється транзистором, не більш 0,3 Вт):

- 1 – із граничною частотою коефіцієнта передачі струму або максимальною робочою частотою (далі граничною частотою) не більш 3 МГц;
- 2 – із граничною частотою (3...30) МГц;
- 3 – із граничною частотою більш 30 МГц.

Для транзисторів середньої потужності (максимальна потужність, що розсіюється транзистором, (0,3...1,5) Вт):

- 4 – із граничною частотою не більш 3 МГц;

5 – із граничною частотою (3...30) МГц;

6 – із граничною частотою більш 30 МГц.

Для транзисторів більшої потужності (максимальна потужність, що розсіюється транзистором, більш 1,5 Вт):

7 – із граничною частотою не більш 3 МГц;

8 – із граничною частотою (3...30) МГц;

9 – із граничною частотою більш 30 МГц.

Четвертий елемент – число, що позначає порядковий номер розробки технологічного типу транзисторів. Для позначення порядкового номеру використовують двозначні числа від 01 до 99. Якщо порядковий номер розробки перевищує число 99, то застосовують тризначні числа від 101 до 999.

П'ятий елемент – буква, що умовно визначає класифікацію за параметрами транзисторів, які виготовлено за одиничною технологією. В якості класифікаційної літери застосовують букви російського алфавіту (за винятком З, О, Ч, Ї, Ш, Щ, Ю, Ъ, Ы, Э).

Стандарт передбачає також введення при необхідності у позначення ряду додаткових знаків, які відзначають окремі істотні конструктивно-технологічні особливості приладів. В якості додаткових елементів позначення використовують наступні символи: цифра від 1 до 9 – для позначення модернізацій транзисторів, що призводять до зміни його конструкції або електричних параметрів; буква С – для позначення наборів у загальному корпусі однотипних транзисторів (транзисторні збірки); цифра, яка написана через дефіс, – для безкорпусних транзисторів. Ці цифри відповідають наступним модифікаціям конструктивного виконання:

1 – із гнучкими виводами без кристалодержателю (підкладки);

2 – із гнучкими виводами на кристалодержателі (підкладці);

3 – із жорсткими виводами без кристалодержателю (підкладки);

4 – із жорсткими виводами на кристалодержателі (підкладці);

5 – із контактними майданчиками без кристалодержателю (підкладки) і без виводів (кристал);

6 – із контактними майданчиками на кристалодержателі

(підкладці), але без виводів (кристал на підкладці).

Таким чином, сучасна система позначень дозволяє по найменуванню типу одержати значний об'єм інформації про властивості транзистору.

Приклади.

КТ604А – кремнієвий біполярний, середньої потужності, високочастотний, номер розробки 04, група А;

2Т920А – кремнієвий біполярний, великої потужності, високочастотний, номер розробки 20, група А;

КТ937А – кремнієвий біполярний, великої потужності, високочастотний, номер розробки 37, група А, безкорпусний, із гнучкими виводами на кристалодержателі;

2ПС202А-2 – набір малопотужних кремнієвих польових транзисторів середньої частоти, номер розробки 02, група А, безкорпусний, із гнучкими виводами на кристалодержателі.

Маркування зарубіжних транзисторів. У відповідності із європейською системою класифікації, позначення транзисторів складається із двох букв та трьох цифр (прилади загального призначення) або трьох букв та двох цифр (прилади спеціального призначення). Перша буква характеризує матеріал, з якого виготовлений транзистор: А – германієвий, В – кремнієвий. Друга буква позначає область застосування приладу: С – малопотужний низькочастотний; D – потужний низькочастотний; F – малопотужний високочастотний; L – потужний високочастотний. Третя буква у позначенні транзисторів спеціального призначення не несе смислового навантаження.

Приклад.

AF115 – транзистор загального призначення, германієвий, малопотужний, високочастотний.

BC108 – транзистор загального призначення, кремнієвий, малопотужний, низькочастотний.

BD135 – транзистор загального призначення, кремнієвий, потужний, низькочастотний.

BEY50 – транзистор спеціального, кремнієвий, малопотужний,

високочастотний.

Біполярні транзистори.

Біполярними транзисторами називають напівпровідникові прилади із двома або декількома взаємодіючими електричними р-п-переходами та трьома виводами або більш, підсилювальні властивості яких обумовлені явищами інжекції та екстракції неосновних носіїв заряду.

У теперішній час широко використовують біполярні транзистори із двома р-п-переходами, до яких найчастіше і відносять цей термін. Вони складаються із областей (шарів) напівпровідника, які чергуються один за одним, що мають електропровідності різних типів. Залежно від типу електропровідності зовнішніх шарів розрізняють транзистори р-п-р- та п-р-п-типів. Транзистори, в яких р-п-переходи створюються у поверхонь зіткнення напівпровідникових шарів, називають площинними. Спрощена структура площинного транзистору та умовно-графічне позначення із вказівкою напрямку струмів при роботі у нормальному активному режимі наведено на рис. 7.17.

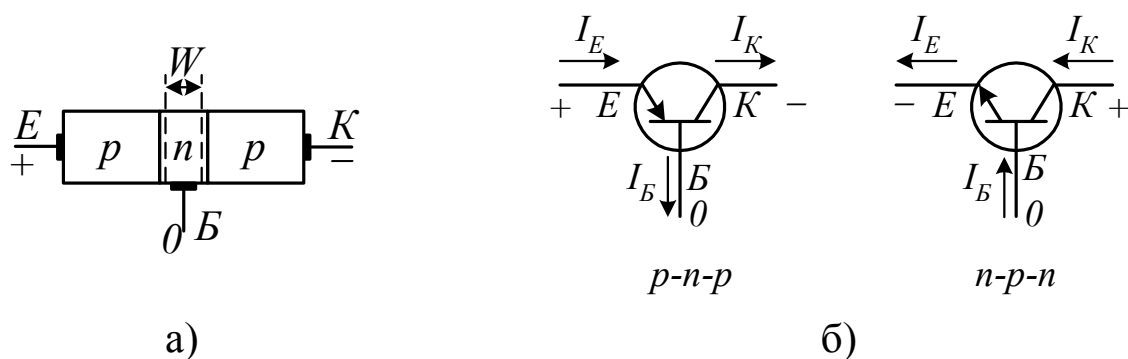


Рисунок 7.17 – Спрощена структура площинного транзистора (а) та умовно-графічне позначення із вказівкою напрямку струмів при роботі у нормальному активному режимі (б)

Шар напівпровідника, який відповідає базі транзистора, знаходиться між шарами емітеру та колектору. Він принципово має дуже малу ширину у порівнянні із довжиною вільного пробігу

електрону. Струм бази має достатньо мале значення у порівнянні із струмом емітеру та колектору. Відношення цих струмів дорівнює декільком десятками. У транзисторі завжди виконується співвідношення:

$$I_E = I_K + I_B,$$

де I_E – струм емітеру;

I_K – струм колектору;

I_B – струм бази;

Основні параметри біполярних транзисторів та їх орієнтовне значення

1. Коефіцієнти передачі емітерного та базового струмів:

$$\alpha = h_{21E} = \left. \frac{dI_K}{dI_E} \right|_{U_{KB} = \text{const}} < 1; \quad \beta = h_{21E} = \left. \frac{dI_K}{dI_B} \right|_{U_{KE} = \text{const}} \gg 1;$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}.$$

2. Диференціальний опір емітерного переходу (одиниці – десятки ом)

$$r_{E \text{ диф}} = \left. \frac{dU_{BE}}{dI_B} \right|_{U_{KE} = \text{const}}.$$

3. Зворотний струм колекторного переходу при заданій зворотній напрузі (декілька наноампер – десятки міліампер):

$$I_{KB0} = I_K \left|_{I_E = \text{const}} \right.; \quad U_{KB} < 0.$$

4. Об'ємний опір бази r'_B (десятки – сотні ом);

5. Вихідна провідність h^*_{22} або диференціальний опір колекторного переходу (частки – сотні мкСм):

$$r^*_{K \partial u \phi} = \frac{1}{h^*_{22E}} = \frac{dU_{KE}}{dI_K} \bigg|_{I_E = \text{const}} ; \quad r_{K \partial u \phi} = \frac{1}{h^*_{22B}} = \frac{dU_{KB}}{dI_K} \bigg|_{I_E = \text{const}} .$$

6. Максимально допустимий струм колектору $I_{K \max}$ (сотні міліампер – десятки ампер).

7. Напруга насичення колектор – емітер $U_{KE \text{ нас}}$ (десяті частки – один вольт).

8. Максимальна потужність розсіяння колектором $P_{K \max}$ (міліват – десятки ватів).

9. Ємність колекторного переходу C_K (одиниці – десятки пікофарад).

10. Тепловий опір між колектором транзистору та корпусом:

$$R_T = \frac{\Delta T}{P_{K \max}} ,$$

де ΔT – перепад температур між колекторним переходом та корпусом.

11. Гранична частота коефіцієнту передачі струму $f_{h_{21}}$ або $\omega_{h_{21}}$, на якій коефіцієнт передачі струму h_{21} зменшується до рівня 0,707 від свого статичного значення:

$$\omega_{h_{21E}} \approx \omega_{\beta} ; \quad \omega_{h_{21B}} \approx \omega_{\alpha} ,$$

задаються або $f_{h_{21E}}$, або $f_{h_{21B}}$ ($f_{h_{21E}}$ – одиниці кілогерц – сотні мегагерц), іноді замість граничної задають граничну частоту коефіцієнту передачі у схемі із спільним емітером f_{GP} або ω_{GP} , коли $h_{21E} \rightarrow 1$.

Приклад. Струм емітеру транзистора дорівнює 98 мА, а струм колектору 97 мА. Необхідно розрахувати струм бази та коефіцієнт передачі за струмом β .

Основне співвідношення для струмів у транзисторі має наступний вигляд:

$$I_E = I_K + I_B; \quad I_B = I_E - I_K = 98 - 97 = 1 \text{ мА};$$
$$\beta = h_{21E} = \frac{dI_K}{dI_B} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{97}{1} = 97.$$

Приклад. Транзистор планується використовувати для регулювання струму навантаження, значення якого складає 1,5 А, за допомогою управляючого струму 30 мА. Визначити необхідний коефіцієнт передачі за струмом транзистору:

$$\beta = h_{21E} = \frac{I_K}{I_B} = \frac{1,5}{30 \cdot 10^{-3}} = 50.$$

Зауваження. Коефіцієнт передачі за струмом $\beta = h_{21E}$ достатньо сильно залежить від струму колектору. У малопотужних транзисторів максимальне значення струму колектору лежить у діапазоні від 1 до 10 мА. Особливо сильно значення цього коефіцієнту зменшується у потужних транзисторах при значних струмах.

Більшість параметрів транзистора (особливо $\beta = h_{21E}$) значно змінюється від екземпляру до екземпляру. Тому для надійної роботи важливо розраховувати їх так, щоб їх характеристики слабо залежали від параметрів транзистору, або визначити найгірший варіант для цих параметрів та спроектувати працездатну схему саме для цих параметрів. Для того, щоб максимально використовувати частотні можливості транзистору, тобто працювати на частотах, близьких до $f_{ГР}$, необхідно використовувати схему включення транзистора із спільною базою.

Слід також пам'ятати, що допустима потужність, яка розсівається на колекторному переході транзистору, лінійно знижується до нуля при 100°C після того, як температура колекторного переходу починає перевищувати 40°C .

Польові транзистори.

Напівпровідникові прилади, робота яких заснована на модуляції опору напівпровідникового матеріалу поперечним електричним полем, називаються польовими транзисторами. У них при створенні електричного струму беруть участь носії заряду тільки одного типу (електрони або дірки).

Польові транзистори бувають двох видів: із управляючим р-n-переходом та із структурою метал-діелектрик-напівпровідник (МДН-, МОН- або MOS-транзистори).

Транзистор із управляючим р-n-переходом (див. рис. 7.18) є пластина (ділянка) із напівпровідникового матеріалу, що має електропровідність певного типу, від кінців якої зроблені два виводи – електроди стоку С та витоку В. Вздовж пластини виконано електричний перехід (р-n-перехід або бар'єр Шоттки), від якого зроблений третій вивід – затвор З.

Зовнішні напруги прикладають таким чином, що між електродами стоку та витоку протікає електричний струм, а напруга, яка прикладена до затвору, зміщує електричний перехід у зворотному напрямі. Область, яка розташована під електричним переходом, носить назву каналу, опір даної області залежить від напруги на затворі. Це обумовлено тим, що розміри переходу збільшуються із підвищенням прикладеної до нього зворотної напруги, а збільшення області, яка збіднена носіями заряду, призводить до підвищення електричного опору каналу. Таким чином, робота польового транзистору із управляючим р-n-переходом заснована на зміні опору каналу за рахунок зміни розмірів області, яка збіднена основними носіями заряду, що відбувається під дією прикладеної до затвора зворотної напруги.



Рисунок 7.18 – Умовно-графічне позначення польового транзистору із управляючим р-n-переходом, який має канал n-типу (а) та канал р-типу (б)

Основними перевагами польових транзисторів із управляючим р-n-переходом перед біполярними є високий вхідний опір, малий рівень шумів, простота виготовлення, відсутність у відкритому стані залишкової напруги між витокom та стоком відкритого транзистору.

МДН (MOS) – транзистори можуть бути двох типів: транзистори із вбудованим каналом (канал створюється при його виготовленні) та транзистори із індукованим каналом (канал виникає під дією напруги, яка прикладена до управляючих електродів).

Транзистори першого типу можуть працювати як у режимі збіднення каналу носіями заряду, так і у режимі збагачення. Транзистори другого типу можна використовувати тільки у режимі збагачення. У МДН-транзисторів на відміну від транзисторів із управляючим р-n-переходом металевий затвор ізольований від напівпровідника шаром діелектрику та є додатковий виводом (підкладка П) від кристалу, на якому виконаний прилад (див. рис. 7.19). Управляючу напругу можна подавати як між затвором і підкладкою, так і незалежно на підкладку і затвор. Під впливом електричного поля, що утворюється, на поверхні напівпровідника з'являється канал р-типу, за рахунок відштовхування електронів від поверхні у глибину напівпровідника у транзисторі із індукованим каналом. У транзисторі із вбудованим каналом відбувається розширення або звуження наявного каналу. Зміна управляючої напруги змінює ширину каналу і, відповідно, опір та струм транзистору.



Рисунок 7.19 – Умовно-графічне позначення МДН-транзистору, який має канал n-типу (а) та канал p-типу (б)

Істотною перевагою МДН-транзисторів є високий вхідний опір, який досягає значень $(10^{10} \dots 10^{14})$ Ом, а у транзисторах із управляючим р-п-переходом $R_{BX} = (10^7 \dots 10^9)$ Ом.

Основні параметри польових транзисторів та їх орієнтовні значення

1. Крутизна характеристики за затвором:

$$S = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{3B}} \right|_{\substack{U_{CB} = \text{const} \\ U_{ПВ} = \text{const}}} = (0,1 \dots 500) \text{ мА/В.}$$

2. Крутизна характеристики за підкладкою:

$$S_{П} = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{ПВ}} \right|_{\substack{U_{CB} = \text{const} \\ U_{3B} = \text{const}}} = (0,1 \dots 1) \text{ мА/В.}$$

3. Початковий струм стоку $I_{C \text{ нач}}$ – струм стоку при нульовому значенні напруги U_{3B} , у транзисторів із управляючим р-п-переходом складає $(0,2 \dots 600)$ мА; із технологічно вбудованим каналом – $(0,1 \dots 100)$ мА; із індукованим каналом – $(0,01 \dots 0,5)$ мкА.

4. Напруга відсічки $U_{3B \text{ відс}}$ $(0,2 \dots 10)$ В.

5. Порогова напруга $U_{3B \text{ пор}}$ $(1 \dots 6)$ В.

6. Опір стік – виток у відкритому стані $R_{CB \text{ відкр}}$ $(2 \dots 300)$ Ом.

7. Максимальне значення струму стоку $I_{C\max}$ (від 10 мА до 0,7 А).

8. Залишковий струм стоку $I_{C\text{ залиш}}$ – струм стоку при напрузі $U_{зв\ відс}$ (0,001...10) мА.

9. Максимальна частота підсилення $f_{ГР}$ – частота, на якій коефіцієнт підсилення за потужністю дорівнює одиниці (десятки – сотні мегагерц).

Позначення польових транзисторів аналогічно позначенням біполярних транзисторів, тільки замість букви Т ставиться буква П, наприклад КП103А, КП105Б та ін.

Приклад. Струм стоку польового транзистору дорівнює 100 мА при напрузі затвор-витік – 1 В. Крутизна характеристик польового транзистору 250 мА/В. Визначити зміну струму стоку, якщо напруга на затворі дорівнює 1,1 В.

Зміна струму стоку ΔI_C дорівнює добутку крутизни характеристики польового транзистору на зміну напруги затвор-витік:

$$\Delta I_C = S \cdot \Delta U_{зв} = 250 \cdot (1,1 - 1,0) = 250 \cdot 0,1 = 25 \text{ мА.}$$

Приклад. МДН-транзистор використовується для перемикання струму $I_C = 12 \text{ А}$. Максимальна потужність, яка розсіюється на транзисторі складає не більш 75 Вт. Визначити необхідне значення опору транзистору у включеному стані $R_{CB\ ВКЛ}$. Максимальна потужність, яка розсіюється на транзисторі, дорівнює:

$$P_{C\max} = (I_C)^2 \cdot R_{CB\ ВКЛ},$$

тоді

$$R_{CB\ ВКЛ} = \frac{P_{C\max}}{(I_C)^2} = \frac{75}{(12)^2} = 0,52 \text{ Ом.}$$

Для надійної роботи даного приладу необхідно вибрати транзистор із меншим значенням опору $R_{CB\text{ ВКЛ}}$, наприклад, 0,2 Ом.

Зауваження. Необхідно пам'ятати, що МДН-транзистор можна вивести із ладу статичним зарядом, який накопичується на ємності його затвору. Тому доцільно замикати між собою всі виводи транзистору до впаювання його у схему. Польові транзистори із управляючим р-n-переходом не мають такого дефекту.

Значення крутизни характеристик польового транзистору залежить від струму стоку. Для малопотужних транзисторів крутизна вимірюється у діапазоні зміни струму стоку від 1 до 10 мА.

Більшість параметрів польового транзистору (особливо крутизна) може достатньо сильно змінюватися. Тому важливо розрахувати схему на мінімальне значення крутизни, щоб бути упевненим у надійній роботі електронної схеми у разі зміни транзистору.

Допустима потужність, яку може розсіювати потужний МДН-транзистор, лінійно зменшується до нуля при 100°C після того, як температура приладу стане більш ніж 40°C.

IGBT-транзистор.

IGBT (англ. *Insulated Gate Bipolar Transistor* – біполярний транзистор із ізолюваним затвором) – силовий електронний прилад, який призначено для управління електричними приводами. Випускаються як окремі IGBT, так і силові збірки (модулі) на їх основі, наприклад, для управління колами трифазного струму.

До того, як у 70-х роках був розроблений MOSFET, біполярний транзистор був єдиним силовим напівпровідниковим приладом. Він застосовувався у більшості розробок, але його ефективність була обмежена декількома недоліками:

- необхідність великого струму бази для включення;
- наявність при замиканні струмового «хвоста», оскільки струм колектору не спадає миттєво після зняття струму управління;
- залежність параметрів від температури;
- напруги насичення кола колектор-емітер обмежує мінімальну

робочу напругу.

Коли з'явився польовий MOSFET, ситуація змінилась. Його характеристики відрізняються від характеристик біполярних транзисторів:

- управляється не струмом, а напругою;
- менша залежність параметрів від температури;
- робоча напруга MOSFET, теоретично, не має нижньої межі завдяки використанню багатоосередкової структури;
- низький опір каналу (до 0,003 Ом);
- широкий діапазон струмів (від 0,5 А до 100 А);
- висока частота перемикання (до 500 кГц);
- робоча напруга до 1000 В при великих лінійних навантаженнях, важких робочих циклах та низьких вихідних потужностях.

MOSFET легко управляється, що властиво транзисторам з ізолюваним затвором та має вбудований діод витоку для обмеження випадкових викидів струму. Типове застосування MOSFET – імпульсні джерела живлення із робочими частотами, які вищі за 200 кГц та пристрої заряду акумуляторів.

Пізніше, у 1985 р., був розроблений біполярний транзистор із ізолюваним затвором (IGBT). Це відбулося майже одночасно у лабораторіях фірм General Electric, у місті Schenectady (штат Нью-Йорк) та RCA у Princeton (Нью Джерсі). Спочатку пристрій називали COMFET, GEMFET або IGFET. У минулому десятилітті прийняли назву IGBT. Цей пристрій має:

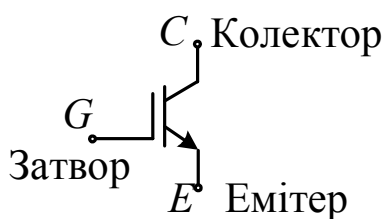
- малі втрати у відкритому стані при великих струмах та високій напрузі;
- характеристики перемикання та провідність біполярного транзистору;
- управління як у MOSFET – напругою.

Даний тип приладів створено на початку 1980-х рр., запатентований International Rectifier у 1983 р. Перші IGBT не одержали розповсюдження через вроджені вади – повільного перемикання та низької надійності. Друге (1990-х рр.) і третє (сучасні) покоління IGBT у

цілому виправили ці вади. IGBT поєднує переваги двох основних видів транзисторів:

- високий вхідний опір, низький рівень управляючої потужності
- від транзисторів із ізольованим затвором;
- низьке значення залишкової напруги у включеному стані – від біполярних транзисторів.

Діапазон використання – від 10 А до 1200 А за струмом, від сотень вольт до 10 кВ за напругою. У діапазоні струмів до десятків ампер та напруги до 500 В доцільно застосування звичних МДН (MOSFET) – транзисторів, а не IGBT. Умовно-графічне позначенні IGBT транзистора та зовнішній вигляд збірки IGBT для комутації напруги до 3300 В та струмів до 1200 А наведено на рис. 7.20.



а)



б)

Рисунок 7.20 – Умовно-графічне позначенні IGBT транзистору (а) та зовнішній вигляд збірки IGBT для комутації напруги до 3300 В та струму до 1200 А (б)

Основне застосування IGBT транзистору – це інвертори, імпульсні регулятори струму, частотно-регульовані приводи. Широке застосування IGBT транзистори знайшли у джерелах зварювального струму, в управлінні потужним електроприводом, зокрема на міському електричному транспорті. Застосування IGBT модулів у системах управління тяговими двигунами дозволяє (в порівнянні із тиристорними пристроями) забезпечити високий к.к.д., високу плавність ходу машини та можливість застосування гальмування практично на будь-

якій швидкості.

IGBT застосовують при роботі із високою напругою (більш 1000 В), високою температурою (більш 100°C) та високою вихідною потужністю (більше 5 кВт). IGBT використовуються у схемах управління двигунами (при робочій частоті менше 20 кГц), джерелах безперебійного живлення (із постійним навантаженням та низькою частотою) та зварювальних апаратах (де потрібен великий струм та низька частота більш 50 кГц).

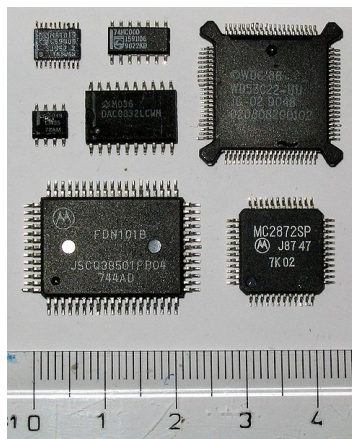
У деяких випадках IGBT та MOSFET – повністю взаємозамінні. Цоколювання приладів та характеристики управляючих сигналів обох пристроїв однакові. IGBT та MOSFET вимагають (12...15) В для повного включення та не потребують негативної напруги для виключення. Але «керований напругою» не значить, що схемі управління не потрібне джерело струму. Затвор IGBT або MOSFET для управляючої схеми є конденсатором із величиною ємності, яка досягає тисяч пікофарад (для потужних пристроїв). Драйвер затвору повинен «вміти» швидко заряджати та розряджати цю ємність, щоб гарантувати швидке перемикання транзистору.

7.2.7. Інтегральні мікросхеми

Інтегральна мікросхема (IC, ІМС, м/сх, англ. *Integrated circuit, IC, microcircuit, microchip, silicon chip, chip*), чіп, мікрочіп – тонка пластинка, відколена, відсічена від чого-небудь – спочатку термін відносився до пластинки кристалу мікросхеми. Мікроелектронний пристрій – електронна схема довільної складності, яка виготовлена на напівпровідниковому кристалі (або плівці) та поміщена у нерозбірний корпус.

Часто під інтегральною схемою (IC) розуміють власне кристал або плівку із електронною схемою, а під мікросхемою (МС) – IC, яка розміщена у корпус. В той же час вираз «чіп компоненти» означає «компоненти для поверхневого монтажу» на відміну від компонентів

для традиційного паяння в отвори на платі. Тому правильніше говорити «чіп мікросхема», маючи на увазі мікросхему для поверхневого монтажу. На 2009 рік велика частина мікросхем виготовляється у корпусах для поверхневого монтажу. Зовнішній вигляд сучасних інтегральних мікросхем, які призначено для поверхневого монтажу, а також радянських та зарубіжних цифрових мікросхеми, які призначено для паяння в отворах на платі, наведено на рис. 7.21.



а)



б)

Рисунок 7.21 – Зовнішній вигляд сучасних інтегральних мікросхем (а), які призначено для поверхневого монтажу, а також радянських та зарубіжних цифрових мікросхеми (б), які призначено для паяння в отворах на платі

Корпуси інтегральних схем.

DIP (*Dual In-line Package*, також *DIL*) – тип корпусу мікросхем, мікрозборок та деяких інших електронних компонентів. Має прямокутну форму із двома рядами виводів по довгих сторонах. Може бути виконано із пластика (PDIP) або кераміки (CDIP). Зазвичай у позначенні також вказується число виводів. Наприклад, корпус мікросхеми поширеної серії ТТЛ-логіки 7400, що має 14 виводів, може бути позначено як DIP14. Зовнішній вигляд мікросхеми таймеру NE555 у корпусі PDIP8 наведено на рис. 7.22.

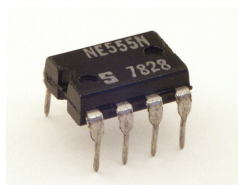


Рисунок 7.22 – Зовнішній вигляд мікросхеми таймеру NE555 у корпусі PDIP8

Компоненти у корпусах DIP зазвичай мають від 8 до 40 виводів, також існують компоненти із меншою або більшою парною кількістю виводів. Більшість компонентів має крок виводів в 0,1 дюйм (2,54 міліметри) та відстань між рядами 0,3 або 0,6 дюйми (7,62 або 15,24 міліметри). Стандарти JEDEC також визначають можливі відстані між рядами 0,4 та 0,9 дюйми (10,16 та 22,86 міліметрів) із кількістю виводів до 64, проте такі корпуси використовуються рідко. У СРСР та країнах Східного блоку для корпусів DIP використовувалася метрична система та крок виводів 2,5 міліметри.

Виводи нумеруються проти годинникової стрілки, починаючи із лівого верхнього. Перший вивід визначається за допомогою «ключа» – виїмки на краю корпусу. Коли мікросхема розташована з маркуванням до спостерігача та ключем вгору, перший вивід буде зверху та зліва. Рахунок йде вниз по лівій стороні корпусу та продовжується вгору по правій стороні (див. рис. 7.23).

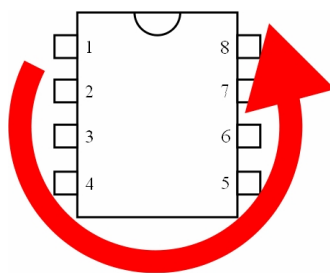


Рисунок 7.23 – Нумерація виводів інтегральної мікросхеми

Корпуси DIP широко використовувалися у 1970-х та 1980-х роках. Згодом широке поширення набули корпуси для поверхневого монтажу, зокрема PLCC та SOIC, які мають менші габарити. Випуск деяких компонентів у корпусах DIP продовжується і до теперішнього

часу, проте більшість компонентів, які розроблені у 2000-х роках, не випускаються у таких корпусах. Компоненти у DIP-корпусах зручніше застосовувати при макетуванні пристроїв без паяння на спеціальних платах-бредбордах.

PLCC (*Plastic Leaded Chip Carrier*) та **CLCC** (*Ceramic Leaded Chip Carrier*) є квадратним корпусом із розташованими по краях контактами, призначений для встановлення у спеціальну панель (носить назву «ліжечко»). У теперішній час широке поширення набули мікросхеми флеш-пам'яті у корпусі PLCC, які використовують як мікросхема BIOS на системній платі. Зовнішній вигляд процесору у корпусі PLCC-68 наведено на рис. 7.24.



Рисунок 7.24 – Зовнішній вигляд процесору у корпусі PLCC-68

SOIC (*Small-Outline Integrated Circuit*) – тип корпусу мікросхеми, який призначено для поверхневого монтажу. Має форму прямокутника із двома рядами виводів по довгих сторонах. Мікросхеми у корпусі SOIC займають на 30–50 % менше площі друкованої плати, ніж їх аналоги у корпусі DIP, а також зазвичай мають меншу на 70 % товщину. Як правило, нумерація виводів однакових мікросхем у корпусах DIP та SOIC співпадає. Крім скорочення SOIC для позначення корпусів цього типу можуть використовуватися букви SO та число виводів. Наприклад, корпус мікросхеми поширеної серії ТТЛ-логіки 7400, що має 14 виводів, може позначатися як SOIC-14 або SO-14. Також існує версія корпусу із заломленими під корпус (у вигляді букви J) виводами. Такий тип корпусу позначається як SOJ (*Small-Outline J-leaded*). Зовнішній вигляд мікросхем у корпусі SOIC наведено на рис. 7.25.

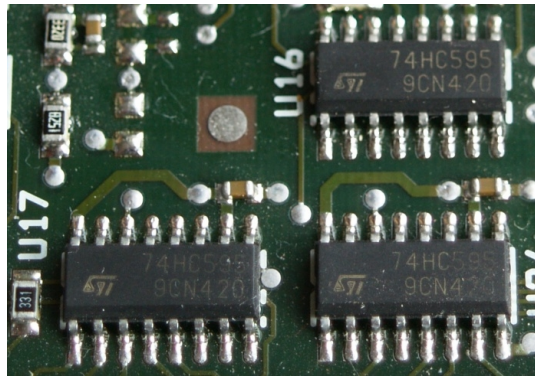


Рисунок 7.25 – Зовнішній вигляд мікросхем у корпусі SOIC

Позначення інтегральних мікросхем за системою Pro Electron.

У європейських країнах система кодування ІМС аналогічна системі, прийнятій для кодування дискретних напівпровідникових приладів, і використовується напівпровідниковими фірмами різних країн (Англії, Бельгії, Італії, Іспанії, Нідерландів, Швеції, Франції, ФРН та ін.). Основні принципи кодування системи, по якій позначення привласнюються міжнародною організацією Association International Pro Electron, наступне: код складається із трьох букв, за якими слідує серійний номер.

Перша буква для одиночних схем відображає принцип перетворення сигналу у схемі:

S – цифрове;

T – аналогове;

V – змішане (аналого-цифрове).

Друга буква не має спеціального значення (вибирається фірмою-виробником), за винятком букви H, якій позначаються гібридні схеми. Для серій (сімейств) цифрових схем перші дві букви (FA, FB, FC, FD, FE, FF, FJ, FI, FL, FQ, FT, FY, FZ, GA, GB, GD, GF, GM, GT, GX, GY, GZ, HB, HC відображають схемотехнічні особливості, наприклад: FY – ЕСЛ-серія; FD, GD – МОН-схеми; FQ – ДТЛ-схеми; GA – малопотужні ТТЛ-схеми; FL, GF – стандартні ТТЛ-схеми; GJ – швидкодіючі ТТЛ-схеми; GM – малопотужні із діодами Шоттки ТТЛ-схеми; HB – комплементарні МОН-схеми серії 4000 А; HC –

комплементарні МОН-схеми серії 4500 В.

Третя буква позначає діапазон робочих температур або, як виняток, іншу важливу характеристику:

А – температурний діапазон не нормовано;

В – від 0 до +70°C;

С – від –55 до +125°C;

Д – від –25 до +70°C;

Е – від –25 до +85°C;

ґ – від –40 до +85°C;

Г – від –55 до +85°C.

Потім наступний серійний номер, який складається мінімум із чотирьох цифр. Якщо він складається менш ніж із чотирьох цифр, то число цифр збільшується до чотирьох додаванням нулів перед ними.

Крім того, за цифрами може знаходитися буква для позначення варіанту (різновиди) основного типу. Типи корпусів можуть позначатися однією або двома буквами.

При двохбуквеному позначенні варіантів корпусів (після серійного номеру) перша буква відображає конструкцію:

С – циліндровий корпус;

Д – із дворядним паралельним розташуванням виводів (DIP);

Е – потужний із дворядним розташуванням виводів (із зовнішнім тепловідводом);

ґ – плоский (із двостороннім розташуванням виводів);

Г – плоский (із чотиристороннім розташуванням виводів);

К – корпус типу ТЕ-3;

М – багаторядність (більше чотирьох рядів);

Q – із чотирирядним паралельним розташуванням виводів;

Р – потужний із чотирирядним розташуванням виводів (із зовнішнім тепловідводом);

С – із однорядним розташуванням виводів;

Т – із трирядним розташуванням виводів.

Друга буква показує матеріал корпусу:

Г – склокераміка;

М – метал;

Р – пластмаса;

Х – інші.

Позначення корпусів із однією буквою:

С – циліндровий;

D – керамічний;

F – плоский;

L – стрічковий кристалодержатель;

P – пластмасовий DIP;

Q – із чотирирядним розташуванням виводів;

T – мініатюрний пластмасовий;

U – безкорпусна ІМС.

Приклад.

ТВА810Р – аналогова монолітна мікросхема у корпусі типу DIP.

Її робочий температурний діапазон не нормовано.

АА105Р – інтегральна цифрова мікросхема у корпусі типу DIP.

Її робочий температурний діапазон не нормований.

SAF2039Р – цифрова інтегральна мікросхема у корпусі типу DIP. Робочий температурний діапазон від -40 до $+85^{\circ}\text{C}$.

Цифрові інтегральні мікросхеми.

Цифрові інтегральні мікросхеми достатньо широко застосовуються у різних електронних пристроях, не говорячи вже про їх очевидну область застосування – обчислювальна техніка. Цифрові сигнали передають інформацію у вигляді величини, яка кратна стандартному часовому інтервалу між двома рівнями сигналу: низького рівня (логічного 0) та високого (логічної 1).

Логічні вентиля. Логічні операції, які виконуються кожним вентилям, характеризуються таблицею станів. Інвертування та буфери мають по одному входу, елемент «АБО–НІ» – два входи, а інші (І, АБО, І–НІ, АБО–НІ) зазвичай мають до восьми входів.

Буфер. Буфер призначений для узгодження вихідних сигналів та входних рівнів сигналів мікросхем різного рівня, а також для підвищення потужності, яка віддається мікросхемою у навантаження.

Буфер не виконує ніяких логічних операцій. Якщо на його вхід поступає логічна 1, то вона буде і на його виході, якщо поступає логічний 0, то на виході також 0.

Інвертування. Логічна функція інвертування полягає у тому, щоб перетворити логічну 1 на вході у логічний 0 на виході. Інвертування також виконує функцію узгодження кола, як і буфер.

Логічна схема І. Реалізує операцію добутку логічних сигналів. На виході схеми присутня логічна 1, якщо логічна 1 на всіх входах схеми. Якщо хоча б на одному із входів схеми присутній логічний 0, то на виході схеми – логічний 0.

Логічна схема АБО. Реалізує операцію складання логічних сигналів. На виході схеми присутній сигнал логічної 1 у тому випадку, якщо логічна 1 присутній хоча б на одному із входів. Сигнал логічного 0 на виході буде тоді, коли на всіх входах присутні сигнали логічного 0.

Логічна схема І-НІ. Сигнал на виході цієї схеми є інверсним виходом схеми І. Якщо на всіх входах схеми І-НІ присутня логічна 1, то на виході буде логічний 0. Будь-яка інша комбінація вхідних сигналів обумовлена появою логічної 1 на виході схеми.

Логічна схема АБО-НІ. Сигнал на виході цієї схеми є інверсним виходом схеми АБО. Якщо на всіх входах схеми АБО-НІ присутній логічний 0, то на її виході буде логічна 1. Будь-яка інша комбінація вхідних сигналів обумовлена появою логічного 0 на виході схеми.

Логічна схема «Виключаюче АБО». Ця схема має на виході логічну 1, якщо на одному із її входів присутня логічна 1, а на іншому – логічний 0. Якщо на обох входах схеми присутні логічні 0 або логічні 1, то на виході схеми буде сигнал логічного 0.

Чекаючий мультівібратор. Логічна схема із одним стійким станом на виході називається стійким мультівібратором. Вихідний сигнал цієї схеми дорівнює 0, поки на її вхід не прийде сигнал запуску. Спрацьовує мікросхема або при зміні вхідного сигналу від 0 до 1 (прямий фронт), або при зміні вхідного сигналу від 1 до 0 (зворотний

фронт). Зазвичай мікросхема має два відповідні входи. В момент спрацьовування вихідний сигнал змінюється від 0 до 1. Час збереження високого рівня сигналу визначається зовнішнім RC-колом. Після цього вихідний сигнал знову стає рівним 0 та схема чекає приходу наступного сигналу запуску.

Чекаючий мультивібратор у запущеному стані нечутливий до вхідних сигналів. Повторно його можна запустити, якщо пройде інтервал часу, який дорівнює тривалості сформованого сигналу.

Тригер – це цифровий автомат, який має декілька входів та 2 виходи. Тригер не є логічним елементом першого рівня, а сам складається із логічних елементів першого рівня – інверторів або логічних вентилів. По відношенню до логічних елементів першого рівня тригер є логічним пристроєм другого рівня. Вихідний сигнал тригеру має один із двох стійких станів: 0 або 1. Стійкий рівень вихідного сигналу існує необмежено довго до моменту приходу наступного запускаючого сигналу. Нижче описані деякі різновиди тригерів.

RS-тригер або **SR-тригер** – тригер, який зберігає свій попередній стан при нульових входах та змінює свій вихідний стан при подачі на один із його входів одиниці. При подачі одиниці на вхід S (від англ. Set – встановити) вихідний стан стає дорівнює логічній 1, а при подачі 1 на вхід R (від англ. Reset – скинути) вихідний стан дорівнює логічному нулю.

Якщо RS-тригер синхронний, то стан його входів враховується тільки у момент подачі тактуючого сигналу, наприклад за переднім фронтом імпульсу. Стан, при якому на обидва входи R та S одночасно подані логічні одиниці, є забороненим. При подачі на обидва інверсні входи логічного нуля тригер у стані, коли на обох виходах будуть одиниці, що не відповідає логіці роботи тригеру, оскільки прямий вихід Q буде дорівнювати інверсному $\overline{Q}$.

RS-тригер використовується для створення сигналу із позитивним та негативним фронтами, окремо керованими за допомогою стробів, які рознесено у часі. RS-тригери іноді називають RS-

фіксаторами

JK-тригер працює так само як і RS-тригер, з одним лише виключенням: при подачі логічної одиниці на обидва входи J та K стан виходу тригеру змінюється на протилежний. Вхід J (від англ. *Jump* – стрибок) аналогічний входу S у RS-тригері. Вхід K (від англ. *Kill* – вбити) аналогічний входу R у RS-тригері. При подачі одиниці на вхід J та нуля на вхід K вихідний стан тригеру дорівнює логічній одиниці, а при подачі одиниці на вхід K та нуля на вхід J вихідний стан тригеру дорівнює логічному нулю.

JK-тригер на відміну від RS-тригеру не має заборонених станів на основних входах, проте це ніяк не допомагає при порушенні правил розробки логічних схем. На практиці застосовуються тільки синхронні JK-тригери, тобто стани основних входів J та K враховуються тільки у момент тактуючого, наприклад, по позитивному фронту імпульсу на вході синхронізації.

D-тригер (D від англ. *delay* – затримка) – запам'ятовує стан входу та передає його на вихід. D-тригери мають, як мінімум, два входи: інформаційний D та синхронізації C. Збереження інформації у D-тригерах відбувається в момент приходу активного фронту на вхід C. Так як інформація на виході залишається незмінній до приходу чергового імпульсу синхронізації, D-тригер називають також тригером із запам'ятовуванням інформації або тригером-клямкою. D-тригер можна отримати із JK-тригеру, якщо на його входи одночасно подавати взаємно інверсні сигнали.

D-тригер в основному використовується для реалізації клямки. Так, наприклад, для зняття 32 біт інформації із паралельної шини, беруть 32 D-тригери та об'єднують їх входи синхронізації для управління записом інформації у клямку, а 32 D входи підключають до шини.

T-тригер по кожному такту змінює свій логічний стан на протилежний при одиниці на вході T, і не змінює вихідний стан при нулі на вході T. T-тригер часто називають рахунковим тригером. T-тригер може будуватися як на JK, так і на D-тригерах. T-тригер часто засто-

совують для зниження частоти у 2 рази, при цьому на Т вхід подають одиницю, а на С – сигнал із частотою, яка буде поділена.

Аналогові інтегральні мікросхеми.

Операційний підсилювач (ОП, *OpAmp*) – підсилювачі постійного струму із диференційним входом і, як правило, одним виходом. ОП має високий коефіцієнт підсилення за напругою. ОП майже завжди використовується у схемах із глибоким негативним зворотнім зв'язком, який, завдяки високому коефіцієнту підсилення ОП, повністю визначає коефіцієнт передачі одержаної схеми.

У теперішній час ОП одержали широке застосування, як у вигляді окремих чіпів, так і у вигляді функціональних блоків у складі складних інтегральних схем. Така популярність обумовлена тим, що ОП є універсальним блоком із характеристиками, які близькі до ідеальних, на основі якого можна побудувати безліч різних електронних вузлів. Зовнішній вигляд операційних підсилювачів у різних корпусах, зокрема декілька в одному корпусі, наведено на рис. 7.26, а на рис. 7.27 наведено схематичне зображення операційного підсилювача.

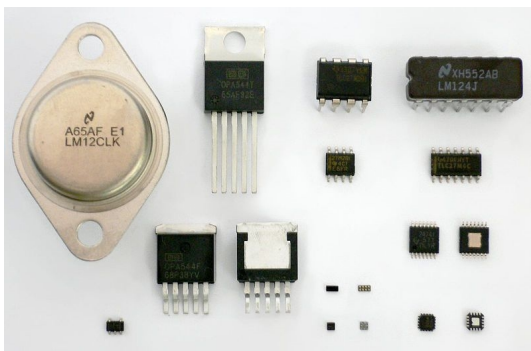


Рисунок 7.26 – Зовнішній вигляд ОП у різних корпусах

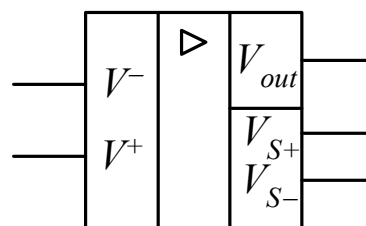


Рисунок 7.27 – Схематичне зображення ОП

Виводи мають наступне значення: V^- – інвертуючий вхід; V^+ – неінвертуючий вхід; V_{out} – вихід; V_{S+} – плюс джерела живлення

(також може позначатися як V_{DD} , V_{CC} , або V_{CC+}); V_{S-} – мінус джерела живлення (також може позначатися як V_{SS} , V_{EE} , або V_{CC-}).

Вказані п'ять виводів присутні у будь-якому ОП, вони абсолютно необхідні для його функціонування. Крім цього, деякі ОП можуть мати додаткові виводи (які призначено, наприклад, для встановлення струму спокою, частотної корекції, балансування або інших функцій).

Виводи живлення (V_{S+} та V_{S-}) можуть бути позначені по-різному. Зазвичай виводи живлення не позначають на схемі, щоб не ускладнювати її неістотними деталями, при цьому спосіб підключення цих виводів явно не вказується або вважається очевидним (особливо часто це має місце при зображенні одного підсилювача із мікросхеми з чотирма підсилювачами із загальними виводами живлення). При позначенні ОП на схемах можна змінювати місцями інвертуючий та неінвертуючий входи, якщо це зручно; виводи живлення, як правило, завжди мають у своєму розпорядженні єдиний спосіб (позитивний вгори).

Основи функціонування ОП.

Живлення. У загальному випадку ОП використовує двополярне живлення, тобто джерело живлення має три виводи із потенціалами:

$U+$ (до нього підключається V_{S+});

0

$U-$ (до нього підключається V_{S-}).

Вивід джерела живлення із нульовим потенціалом безпосередньо до ОП зазвичай не підключається, але, як правило, є сигнальною землею та використовується для створення зворотного зв'язку. Часто замість двополярного використовується простіше однополярне, а загальна точка створюється штучно або поєднується із негативною шиною живлення. ОП здатні працювати у широкому діапазоні напруги джерела живлення, типові значення для ОП загального застосування від $\pm 1,5$ В до ± 15 В при двополярному живленні (тобто $U+ = (1,5 \dots 5)$ В, $U- = (-15 \dots -1,5)$ В, допускається значний перекид).

Ідеальний операційний підсилювач

Для того, щоб розглядати функціонування ОП у режимі із зворотним зв'язком, необхідно спочатку ввести поняття ідеального операційного підсилювача. Ідеальний ОП є фізичною абстракцією, тобто не може реально існувати, проте дозволяє істотно спростити розгляд роботи схем на ОП завдяки використанню простих математичних моделей. Ідеальний ОП має наступні характеристики:

- нескінченно великий коефіцієнт підсилення із розімкненим колом зворотного зв'язку (типове значення $10^5 - 10^6$ за постійним струмом);

- нескінченно великий вхідний опір входів V^- та V^+ , іншими словами, струм, який протікає через ці входи, дорівнює нулю (типове значення вхідного струму складає $(10^{-9} - 10^{-12})$ А).

- нульовий вихідний опір ОП (це обмеження не має великого значення, оскільки наявність зворотного зв'язку ефективно зменшує вихідний опір каскаду на ОП, практично до скільки завгодно малих значень);

- нульова напруга зсуву (типове значення складає $(10^{-3} - 10^{-6})$ В);

- здатність витримувати на виході будь-яке значення напруги;

- нескінченно велика швидкість зростання напруги на виході ОП (типове значення $(1 - 100)$ В/мкс);

- смуга пропускання: від постійного струму до нескінченності.

Операційні підсилювачі, що випускаються промисловістю, постійно удосконалюються, параметри ОП наближаються до ідеальних. Проте поліпшити всі параметри одночасно технічно неможливо або недоцільно через дорожнечу одержаного чіпу. Для того, щоб розширити область застосування ОП, випускаються різні їх типи, у кожному з яких один або декілька параметрів є видатними, а інші на звичному рівні (або навіть трохи гірше). Це виправдано, оскільки залежно від сфери застосування від ОП потрібно високе значення того або іншого параметру, але не всіх відразу. Звідси витікає класифікація ОП за областями застосування.

Індустріальний стандарт. Так називають широко вживані, дуже дешеві ОП загального застосування із середніми характеристиками. Приклад «класичних» ОП: із біполярним входом – LM324, із польовим входом – TL084.

Прецизійні ОП мають дуже малі напруги зсуву, застосовуються у точних вимірювальних схемах. Зазвичай ОП на біполярних транзисторах по цьому показнику дещо кращий, ніж на польових. Також від прецизійних ОП потрібна довготривала стабільність параметрів. Приклад: AD707 із напругою зсуву 15 мкВ.

З малим вхідним струмом (електрометричні) ОП. Всі ОП, які мають польові транзистори на вході, мають малі значення вхідних струмів. Але серед них існують спеціальні ОП із виключно малим вхідним струмом. Приклад: AD549 із вхідним струмом $6 \cdot 10^{-14}$ А.

Мікропотужні та програмовані ОП споживають малий струм на власне живлення. Такі ОП не можуть бути швидкодіючими, оскільки малий споживаний струм та висока швидкодія – взаємовиключні вимоги. Програмованими називаються ОП, для яких всі внутрішні струми спокою можна задати за допомогою зовнішнього струму, що подається на спеціальний вивід ОП.

Потужні ОП можуть віддавати великий струм у навантаження, тобто допустимий опір навантаження менше за стандартних 2 кОм, і може складати до 50 Ом.

Низьковольтні ОП працездатні при напрузі живлення 3 В та навіть нижче. Як правило, вони мають *rail-to-rail* вихід.

Високовольтні ОП. Всі напруги для них (живлення, синфазне вхідне, максимальне вихідне) значно більше, ніж для ОП широкого застосування.

Швидкодіючі ОП мають високу швидкість зростання вихідної напруги та частоту одиничного підсилення. Такі ОП не можуть бути мікро потужними, і як правило вони виконані на біполярних транзисторах.

Звукові ОП. Мають мінімально можливий коефіцієнт гармонік.

Спеціалізовані ОП. Зазвичай розроблені для конкретних задач

(підключення фотодатчика, магнітної головки та ін.). Можуть містити в собі готові кола негативного зворотного зв'язку або окремі необхідні для цього прецизійні резистори.

Можливі також комбінації даних категорій, наприклад, прецизійний швидкодіючі ОП.

Використання ОП у схемотехніці. Використання ОП як елементу схемотехніки набагато простіше та зрозуміліше, ніж операція окремими елементами, його складовими (транзисторів, резисторів та ін.). При проектуванні пристроїв при першому (наближеному) етапі операційні підсилювачі можна вважати ідеальними. Далі для кожного ОП визначаються вимоги, які накладає на нього схема, та підбирається ОП, який задовольняє цим вимогам. Якщо виходить, що вимоги до ОП дуже жорсткі, то можна частково перепроєктувати схему для обходу даної проблеми.

Таймери. Таймер є інтегральною мікросхемою, яка включає як аналогову так і цифрову схемотехніку. Мікросхема складається із двох операційних підсилювачів, які використовуються як компаратори, тригера та вихідного ключового каскаду, який дозволяє, як видавати струм у навантаження, так і споживати його. Напруга джерела живлення лежить у діапазоні від $+(4,5 \dots 15)$ В.

Таймери можна використовувати як автогенератори (мультивібратори), або формувачі імпульсних сигналів заданої тривалості (чекаючи мультивібратори). У автоколивальному режимі вони працюють у діапазоні частот від 0,1 Гц до 100 кГц. У режимі формувача сигналів можлива генерація імпульсів струму тривалістю від 10 мкс до 10 с. Точність одержаних імпульсів залежить від точності резисторів та конденсаторів, які не входять до складу таймеру.

Інтегральні стабілізатори напруги мікросхеми, які мають три виводи. Їх вихідна напруга може бути фіксованою та регульованою. У інтегральних стабілізаторах напруга можлива застосування струмового та теплового захисту. Для запобігання можливому збудженню стабілізатору необхідно шунтувати його вхід конденсаторами з ємністю 100 нФ.

7.3. Комп'ютерні мережі сучасних підприємств

На нижніх рівнях ієрархії автоматизованих систем управління технологічними процесами застосовуються регулюючі мікропроцесорні контролери, які не мають засобів відображення інформації та розвиненої інфраструктури. Для вирішення задач управління на вищих рівнях використовуються персональні електронно-обчислювальні машини, які одержали назву індустріальних комп'ютерів.

Індустріальні комп'ютери призначені для створення систем управління технологічними процесами. Від звичних офісних машин їх відрізняють поліпшений термозахист, корозійна стійкість, захист від вологи, вібрації, шуму, пилу, коливань живлячої мережі. Це забезпечує високу надійність та простоту обслуговування.

Локальні автоматизовані системи управління технологічними процесами об'єднують у локальні мережі. Це дозволяє в рамках ієрархії систем мати зв'язок, як із верхнім рівнем управління, так і з нижнім. Першою локальною мережею, яка дозволяє сполучати ЕОМ для загального використання інформації є мережа типу Ethernet розроблена Робертом Меткалфом (співробітником фірми Xerox). В основній версії визначено: фізичне середовище передачі даних (товстий коаксіальний кабель), метод управління доступом (множинний доступ із контролем несучої та визначенням конфліктів і швидкістю передачі даних – 10 Мбіт/с). Регламентується розмір від 72 до 1526 байт, вміст пакету та метод кодування даних (манчестерський код). Мережа розроблена для інформаційного обміну невеликими пакетами. Вона добре функціонує у середовищі із постійним напруженим трафіком.

Вдосконалений варіант – стандарт IEEE 802.3, де визначений практично ідентичний порядок доступу безлічі робочих станцій до мережі для передачі інформації. Метод множинного доступу із контролем несучої та виявленням конфліктів (CSMA/CD) встановлює такий порядок: якщо робоча станція хоче скористатися мережею для передачі даних, вона спочатку повинна перевищити стан каналу;

починати передачу станція може тільки у тому випадку, коли канал вільний. В процесі передачі станція продовжує прослуховування мережу для виявлення можливих конфліктів. У мережах Ethernet та IEEE 802.3 конфлікти закладені в самому алгоритмі роботи. Мережа із конкуренцією, коли декілька робочих станцій повинні конкурувати одна із іншою за право доступу до мережі.

Ethernet передбачає роботу із 50-омним коаксіальним кабелем, тоді як стандартом IEEE 802.3 у теперішній час підтримує різні типи з'єднань – по коаксіальному кабелю різних типів та по кабелю на витій парі. Максимальна відстань для товстого коаксіального кабелю (50 Ом) складає до 500 м, тому стандарт IEEE 802.3 позначають як 10 Base 5 (коаксіальний кабель – *baseband coaxial cable*) із швидкістю передачі 10 Мбит/с на відстань до 500 м. Тонкий кабель 10 Base 2 забезпечує передачу сигналів на відстань 185 м, тоді як для неекранованої витій пари рекомендується відстань до 100 м (10 BaseT), швидкість 10 Мбіт/с. Ethernet та IEEE 802.3 – шинні мережі. Шина – це канал передачі даних, окремі частини якої називають сегментами. Сегменти можна зв'язати, для збільшення розмірів мережі використовують повторювачі.

100 BaseX мережа, яка дозволяє досягти у Ethernet швидкості передачі 100 Мбит/с із збереженням методу доступу CSMA/CD. Головна перевага технології 100 BaseX версій Ethernet є те, що ступінь її сумісності із існуючими мережами дозволяє інтегрувати її у ці мережі за допомогою мостів або двошвидкісних мережевих адаптерів.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть призначення резисторів різних типів, їх основні параметри та електричні моделі.
2. Поясніть призначення конденсаторів різних типів, їх основні параметри та електричні моделі.
3. Поясніть призначення котушок індуктивності різних типів, їх

основні параметри та електричні моделі.

4. Приведіть позначення підстроювальних та змінних резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності, поясніть їх призначення.

5. Приведіть формули для послідовного та паралельного включення резисторів, конденсаторів та котушок індуктивності, як змінюються їх гранично допустимі параметри при паралельному та послідовному включенні.

6. Транзистори, призначення, принцип дії, основні параметри та умовно-графічне позначення.

7. Напівпровідникові діоди, призначення, принцип дії, основні параметри та умовно-графічне позначення.

8. Біполярні транзистори, призначення, принцип дії, основні параметри та умовно-графічне позначення.

9. Польові транзистори, призначення, принцип дії, основні параметри та умовно-графічне позначення.

10. MOSFET та IGBT транзистори, призначення, принцип дії, основні параметри та умовно-графічне позначення.

11. Інтегральні мікросхеми, призначення, основи функціонування та умовно-графічне позначення.

12. Операційний підсилювач, основи функціонування та умовно-графічне позначення.

13. Принципи побудови комп'ютерних мереж сучасних підприємств.

РОЗДІЛ 8 КОМП'ЮТЕРНІ ОФІСНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Інформатизація суспільства пред'являє до випускників освітніх закладів нові вимоги. Сьогодні незалежно від обраної професії будь-яка людина стикається із необхідністю наявності базових знань в області електронних комунікацій та комп'ютерних офісних технологій.

В епоху Internet стираються межі між країнами та формується міжнародний ринок праці. Стрімкий розвиток технологічної бази призводить до того, що у світі вже зараз спостерігається нестача фахівців із якісними знаннями сучасних інформаційних технологій. Останнім часом активно розвиваються види діяльності, при яких результати виконаної роботи передаються по глобальній мережі. В цих умовах буде затребуваний не той співробітник, який знаходиться поряд, а той, який працює ефективніше.

Інша тенденція сучасної організації праці полягає у тому, що час кустарів-одинаків пройшов. Сучасний продукт є результат колективної праці. Будь-який високотехнологічний та інформаційно-ємкий проект створюється робочими групами у рамках офісу або цілого ряду офісів, які розкидано по всьому світу. Робота у такому офісі неможлива без знання сучасних засобів комунікації, Internet, електронної пошти.

Сьогодні існує величезна кількість програм ділового призначення. Вивчити наперед всі ці програми просто неможливо. Проте на переважній більшості персональних комп'ютерів встановлено офісний пакет MS Office, і не знати основ роботи з цим набором програм сьогодні вже неприпустимо – практично всі компанії, які приймають на роботу нового співробітника, вимагають знання MS Office. Пакет Microsoft Office включає програми: Word, Excel, Outlook, PowerPoint. Зупинимось стисло на можливостях цих програм.

8.1. Microsoft Word

Microsoft Word – це багатофункціональна система обробки текстів, яка має повний набір засобів, необхідних для швидкого створення та ефективної обробки документів практично будь-якого ступеня складності.

Microsoft Word – настільки широко поширений текстовий процесор, що його файловий формат (.doc, .docx) став стандартом для всіх розробників офісних додатків. Word забезпечує редагування тексту із надаванням користувачу різноманітних інструментів форматування (на рівні символу, абзаців та розділів).

Форматуванням називається зміна зовнішнього вигляду тексту, при якому не змінюється його зміст. На рівні символу програма забезпечує символічне форматування (шрифт, розмір шрифту, відстань між символами, напівжирний текст, курсив, підкреслення, колір тексту та ін.). На рівні абзацу здійснюється форматування абзацу (спосіб вирівнювання, міжрядкові інтервали, обрамлення абзаців, заливка абзацу, створення маркованих списків та ін.).

Програма також дозволяє формувати розділи, тобто ділянки документу, в межах яких зберігають свій формат колонки, колонтитули, нумерація сторінок, виноски, поля та деякі інші параметри. Сукупність форматування символів, абзаців та розділів, а також параметрів сторінки (розмір, фон і т.п.) визначає інформацію про макет документу.

Word значно полегшує роботу при форматуванні документу, надаючи можливість використання різних стилів. Стиль – це іменованний та збережений набір параметрів форматування. Стиль може визначати шрифт, його розмір, міжрядковий інтервал, спосіб вирівнювання тексту по краях та ін. Визначивши стиль, можна швидко застосувати його до будь-якого фрагменту тексту документу. Формувати текст за допомогою стилів набагато швидше, ніж змінювати вручну кожен елемент форматування. Використання стилю гарантує одноманітність зовнішнього вигляду певних елементів документу.

При внесенні змін у визначення стилю весь текст документу, до якого був застосований цей стиль, зміниться відповідно до нового визначення стилю. У Word є цілий ряд стилів, а також передбачена можливість створювати стилі, які призначено для користувача. Крім того, використання стилів дозволяє автоматизувати такі процедури, як складання змісту та покажчиків.

Як правило, у організаціях створюється безліч документів, що повторюються (типових), підготовку яких можна прискорити, використовуючи спеціальні шаблони. Шаблон дозволяє швидко виготовляти нові, аналогічні формою документи, не витрачаючи часу на форматування. Шаблони можуть мати інформацію про стилі, стандартні тексти та навіть панель інструментів, що дозволяє уніфікувати та автоматизувати процес підготовки документів. У комплект поставки Word входять шаблони багатьох стандартних документів.

Таким чином, за допомогою програми Word можна швидко оформити наказ, службову записку, підготувати науково-технічний звіт, лист або будь-який інший документ, який має стандартні елементи.

Word має вбудовані засоби графіки, які дозволяють включати до тексту схеми, креслення та діаграми.

Важливою особливістю програми є можливість пошуку та заміни фрагментів тексту, порівняння версій документів, перевірки правопису.

У Word реалізовані також нові можливості доступу до додаткових ресурсів (електронним словникам, шаблонам, кліпартам, учбовим матеріалам і т.п.), які зібрано на спеціальному Web-вузлі Microsoft Office Online.

Останнім часом з'явився ряд нових інтерактивних служб на російській та українській мовах. Зокрема, користувачам Office доступні електронні енциклопедії та системи пошуку товарів у інтернет-магазинах. Число подібних сервісів постійно розширюється, відкриваючи користувачам MS Office доступ до нових послуг.

Підтримка у Word формату файлу XML дозволяє зберігати звіти

та інші документи у цьому форматі, не порушуючи при цьому форматування Word. При збереженні документа Word у форматі XML створюється єдиний файл, що спрощує організацію загального доступу до файлу та роботу з ним у порівнянні із форматом HTML, коли зображення та інші файли зберігаються окремо.

8.2. Microsoft Outlook

Microsoft Outlook є потужним засобом для роботи із персональною інформацією. Програма об'єднує функції електронної пошти, особистого календарю, засобів планування, управління особистою інформацією (таких, як контакти та завдання), створення спеціальних додатків для співпраці та сумісного використання інформації. Outlook забезпечує ведення списку контактів, дозволяє зберігати дані про адресатів, а також вести журнал, у якому можна сортувати та знаходити документи Microsoft Office за часом роботи із ними.

Безліч людей у всьому світі оцінили можливості Outlook для планування своєї роботи та контролю виконання справ. Вельми зручною виявилася можливість встановити для кожного запланованого заходу нагадування на певний час. Користувачі можуть побачити нагадування про всі заплановані на поточний день справи або одержати попередження про важливу подію за декілька днів.

Outlook можна використовувати і для планування групової роботи. Наприклад, при роботі у корпоративній мережі можна подивитися розклад вільного часу співробітників, яких потрібно запросити на нараду, та автоматично вибрати зручний для всіх час.

8.3. Microsoft PowerPoint

Microsoft PowerPoint – це популярна програма підготовки презентацій, яка широко використовується бізнесменами, викладача-

ми, лекторами та службовцями офісів. Широке розповсюдження цієї програми змінило саме уявлення про складнощі створення презентації. Всього 15 років тому доповіді та презентації супроводжувалися переважно паперовими плакатами, виготовлення яких було вельми складним та часто вимагало послуг професійних креслярів. Зазвичай плакати фотографувалися та з них виготовлялися слайди, які демонструвалися за допомогою слайд-проекторів. Сьогодні завдяки появі програм типу PowerPoint оформлення доповіді найякіснішим ілюстративним матеріалом займає лічені хвилини.

PowerPoint дозволяє створювати наочні презентації, інтегрувати у них текст, графіку, відео та інші елементи на окремих сторінках, які носять назву «слайди» по аналогії із слайд-проекторами, що вийшли сьогодні із вживання завдяки впровадженню комп'ютерних презентацій. PowerPoint дає можливість створювати слайди, які мають таблиці та оточуючий текст, а також редагувати, демонструвати та роздруковувати слайди.

Переходи між слайдами при демонстрації презентації із комп'ютера можуть бути анімовані різними способами. Можна анімувати також окремі елементи на слайдах, щоб привернути до них увагу аудиторії. Як і в інших програмах, що входять до складу MS Office, PowerPoint надає безліч готових варіантів дизайну та шаблонів змісту. Microsoft PowerPoint дозволяє транслявати презентації на широку аудиторію через Internet.

8.4. Microsoft Excel

Microsoft Excel – це ідеальний засіб для вирішення облікових задач, обробки експериментальних даних, складання звітів і т.п. Документ Excel називається робочою книгою. Книга Excel складається із листів, що є таблицями осередків, у яких може зберігатися числова та текстова інформація. Така книга служить добрим організаційним засобом. Наприклад, у ній можна зібрати всі документи

(робочі листи), що відносяться до певного проекту (задачі), або всі документи, які ведуться одним виконавцем.

Таблиці Excel зручні для зберігання та сортування інформації, для проведення математичних та статистичних розрахунків. Крім роботи із числами, в Excel добре розвинена можливість роботи із текстом, що дозволяє створювати документи практично будь-якої складності. Excel має у своєму розпорядженні велику кількість шаблонів, за допомогою яких можна швидко оформити різні, зокрема фінансові, документи.

Microsoft Excel має масу вбудованих функцій для математичних, статистичних, фінансових та інших обчислень.

Одна із найважливіших функцій програми – можливість представлення даних у вигляді різноманітних графіків, діаграм та карт. Excel має потужний апарат для вирішення задач підбору параметрів, статистичного аналізу даних та ін. Програма має можливість доступу до зовнішніх джерел даних (таблицям іншого формату, базам даних).

За рахунок підтримки мови XML Microsoft Office Excel дозволяє прочитувати дані із будь-якої заданої користувачем XML-схеми. Можна також використовувати підтримку мови XML у Microsoft Office Excel для оновлення діаграм, таблиць та графіків з внесенням змін у відповідному сховищі XML-даних.

8.5. Інтеграція додатків MS Office

Продукти сімейства Microsoft Office мають однотипні панелі інструментів, а також цілий набір інструментів, який загальний для всіх додатків (механізми перевірки правопису, засіб для створення рисунків, редактор діаграм, бібліотека кліпартів, рисунків та ін.). Тому, почавши роботу з одним із додатків, користувачі можуть легко освоїти інші складові пакету.

Слід зазначити, що користувачам, які мають підключення до Internet, доступна не тільки частина ресурсів Microsoft Office, яка

встановлена на локальному диску персонального комп'ютеру, а також та частина, яка розташована у Мережі. Користувач, який підключений до Internet, має нагоду безпосередньо із MS Office звернутися до додаткових сервісів, шаблонів, кліпартів та ін.

Всі додатки Microsoft Office забезпечують обмін даними між окремими додатками. Будь-який додаток пакету дозволяє розташувати у документ (будь то текст, електронна таблиця, презентація або база даних) рисунок, відеофрагмент або звуковий ролик. При роботі у мережеских операційних системах, додатки сімейства Microsoft Office підтримують спільну групову роботу над загальними документами, які розташовано не тільки на локальному диску робочої станції, але і на сусідньому комп'ютері або на сервері мережі. Електронною таблицею Microsoft Excel або базою даних Microsoft Access можуть одночасно користуватися декілька чоловік. Microsoft Word дозволяє створювати документ, над різними частинами якого можуть одночасно працювати різні виконавці.

За рахунок інтеграції додатків Microsoft Office користувачі пакету можуть створювати вельми складні складові документи, які мають дані із різних додатків. Спосіб обміну даними між додатками Microsoft Office (механізм скріплення та впровадження об'єктів) надає користувачу можливість вставляти у документ, який створено в одному додатку, фрагменти, створені у інших додатках.

У загальному вигляді описані можливості можна сформулювати наступним чином. Фрагмент, який створено у додатку-джерелі, можна розташувати у документі додатку-приймача як об'єкт, у якому разом із даними зберігається інформація про додаток, що створив цей об'єкт.

Це дозволяє редагувати об'єкт засобами додатку, який створив його. Об'єкти можуть бути рисунками, текстом, діаграмою, інтервалом осередків, звуковим файлом або навіть відеокліпом. Наприклад, у документ Word може бути впроваджена діаграма Excel, слайд презентації PowerPoint або вибірка із бази даних.

Механізм скріплення оригінального об'єкту та його копії

забезпечує ефективну роботу із складовими документами, в яких використовуються різні джерела. Зокрема, можна створити режим, при якому дані, що розташовано у Word-документ із таблиці Excel, обновлятимуться автоматично у складовому документі при оновленні джерела – таблиці Excel.

Додатки Microsoft Office можуть взаємодіяти з додатками, які не входять до пакету, зокрема інших виробників. Наприклад, вбудовані засоби експорту/імпорту дозволяють обробляти документи, які підготовлено у форматах інших програм. Зокрема, Excel дозволяє завантажувати та обробляти документи у форматах інших табличних процесорів. І нарешті, всередину документу MS Office можуть бути вставлені гіперпосилання на будь-які документи.

Хоча додатки Microsoft Office мають дуже широкий набір функцій, очевидно, що ніякий програмний продукт не може задовольнити всі специфічні запити різних категорій користувачів. Тому у додатки пакету Microsoft Office вбудований універсальний інструмент для створення власних додатків VBA (аббревіатура від Visual Basic for Applications, що означає «Visual Basic для додатків»). VBA – це мова програмування, яка вбудована у цілий ряд програм, зокрема в додатки Microsoft Office.

8.6. Додаткові офісні програми

Окрім пакету програм Microsoft Office користувачі у своїй роботі використовують інші програми, зокрема вітчизняних розробників. У першу чергу це додатки, які пов'язано із специфікою російської і української мови.

Одними з найбільш затребуваних користувачами програм є вітчизняні комп'ютерні словники, перекладачі, програми розпізнавання символів. Більшість таких програм доповнює роботу додатків Microsoft Office та інтегровані в інтерфейс його додатків. Серед комп'ютерних словників слід виділити продукт компанії

ABBYY Lingvo, який оперативно здійснює переклад із російської та української на англійську, французьку, німецьку, італійську, іспанську та навпаки. Компанія ABBYY також пропонує програму FineReader для розпізнавання текстів паперових документів та їх перекладу в електронний вигляд.

Серед програм-перекладачів найбільш популярні програми вітчизняної компанії PROMT, яка пропонує системи перекладу та електронні словники для європейських мов: англійської, німецької, французької, іспанської, італійської, португальської, російської та української.

Програми PROMT забезпечують швидкий переклад із дотриманням морфологічних та синтаксичних правил мов, пропонують набір можливостей для підвищення якості перекладу тематичної призначення для користувача текстів: користувач може створювати власні словники, підключати готові спеціалізовані словники, вибирати правила перекладу для конкретного тексту, створювати списки зарезервованих (які не вимагають перекладу) слів та ін. Все це дозволяє адаптувати систему перекладу під конкретні тексти, з якими працює користувач.

Зазвичай, машинний переклад не може порівнятися із перекладом, який зроблено людиною, та проте користувач за декілька секунд одержує потрібну інформацію. Використання систем машинного перекладу ефективно для організації перекладу великих масивів однотипних документів у стислі терміни із забезпеченням єдності термінології та стилю у всіх документах. При використанні системи перекладу забезпечується уніфікація стилю та використаної термінології, а також мінімізуються витрати часу на переклад документів.

Важливо підкреслити, що система перекладу PROMT дозволяє вбудовувати функції перекладу безпосередньо у Microsoft Word. Після інсталяції PROMT у вікні Word з'являється додаткова панель із інструментами та пункт у верхньому меню, який забезпечує доступ до всіх функцій перекладу. Таким чином, не покидаючи вікна звичайного Word, можна перекласти іноземний документ українсь-

кою мовою або із української мови на іноземну.

PROMT також вбудовується у додатки Excel, Outlook, PowerPoint та FrontPage, що істотно полегшує роботу із e-mail, презентаціями та HTML-сторінками на іноземних мовах.

8.7. Альтернативні офісні пакети

Оскільки за числом споживачів ринок офісних пакетів є одним із наймасовіших, очевидно, що у Microsoft були і залишаються конкуренти – компанії, які пропонують альтернативні офісні продукти. Свої офісні пакети мають багато крупних компаній. Так, компанія Corel просуває пакет WordPerfect Office. Компанія IBM має свою розробку SmartSuite, корпорація Sun Microsystems пропонує пакет StarOffice. У багатьох країнах існували національні текстові редактори. Наприклад, у Росії довгий час був популярний текстовий редактор Лексикон. В цілому на ринку присутні десятки офісних додатків різних виробників, проте всі вони займають не більш 5 % світового ринку.

Найчастіше як альтернатива MS Office називають пакет OpenOffice.org, безкоштовний (open source) – офісний пакет або його модифікація StarOffice, який розроблено компанією Sun.

OpenOffice.org – це вільно поширюваний набір офісних програм, до складу якого входять наступні компоненти:

- Writer (текстовий процесор та редактор HTML);
- Calc (табличний процесор);
- Draw (графічний редактор);
- Impress (система презентацій);
- Редактор формул;
- Модуль доступу до даних.

Проект OpenOffice.org, зараз не має належного розвитку, через конфлікт розробників з Oracle, а його вільне, незалежне продовження, доступно під назвою LibreOffice. Для користувачів, які потребують

підтримку з боку розробника, має сенс звернути увагу на StarOffice, який має усі можливості OpenOffice та має додаткові компоненти.

8.8. MathCAD

MathCAD – програма для виконання та документування інженерних і наукових розрахунків. Вона з'явилась у 1986 році для платформи MS-DOS, MathCAD вперше серед програм такого роду використовувала набірну математичну нотацію, яку суміщено з автоматичною системою обчислень. Крім того, вперше було реалізоване автоматичне обчислення та перевірка одиниць вимірювання. На сьогоднішній день MathCAD включає деякі можливості алгебраїчних систем для ЕОМ, але при цьому зберігає орієнтацію на інженерні додатки. Спочатку MathCAD був створений Аленом Рездоу із Массачусетського технологічного інституту (MIT), який згодом став одним із засновників фірми Mathsoft, що нині є частиною корпорації Parametric Technology Corporation.

Робоча область програми представлена як звичайний лист, на якому рівняння та співвідношення відображаються графічно, а не у текстовому вигляді.

Основні можливості MathCAD:

- рішення диференціальних рівнянь різними чисельними методами;
- побудова дво- та тривимірних графіків функцій;
- використання грецького алфавіту, як у рівняннях, так і у тексті;
- виконання обчислень у символьному режимі;
- виконання операцій із векторами та матрицями;
- символьне рішення систем рівнянь;
- апроксимація кривих;
- виконання підпрограм;
- пошук коренів багаточленів та функцій;

- проведення статистичних розрахунків та робота із розподілом вірогідності;
- пошук власних чисел та векторів;
- обчислення із одиницями вимірювання;
- інтеграція у САПР системи, використання результатів обчислень в якості управляючих параметрів;

Не дивлячись на те, що ця програма орієнтована на користувачів, які мало знайомі із програмуванням, вона все ж таки знаходить застосування у достатньо складних проектах для візуалізації результатів математичного моделювання із використанням розподілених обчислень та традиційних мов програмування. Також MathCAD часто використовується у крупних інженерних проектах, де велике значення має відповідність стандартам.

8.8.1. Задачі математичного аналізу

Визначення функцій та побудова графіків.

Для визначення функції однієї змінної необхідно ввести з клавіатури ім'я функції із аргументом у круглих дужках, знак привласнення (для введення знаку привласнення необхідно натиснути на клавіатурі комбінацію клавіш <Shift>+<:=> або натиснути на кнопці <:=> панелі **Evaluation**) та праворуч від нього – ввести формулу для розрахунку функції.

У записі формули для функції можна використовувати знаки (імена) елементарних функцій, вводячи їх з клавіатури або вставляючи у робочий документ функцію, яку вибрано із списку у пункті **Function** меню **Insert**.

Формулу можна вводити за допомогою кнопок панелі інструментів **Calculator Toolbar**.

Вставити у формулу букву грецького алфавіту можна за допомогою панелі **Greek Symbol Toolbar**.

Для обчислення значення функції у точці потрібно ввести у

робочий документ з клавіатури ім'я функції, вказати у дужках значення аргументу, виділити формулу, ввести знак рівності (за допомогою відповідної кнопки панелі **Evaluation**) та встановити курсор на вільному місці у робочому документі.

Приклад. Визначення функції. Розрахунок значень функції у точці.

Визначення функцій:

Для набору знаку привласнення, необхідно натиснути на кнопку $\<:=\>$ панелі **Evaluation**. Щоб набрати число π , необхідно натиснути на відповідній кнопці панелі **Greek**. Для набору степені, необхідно натиснути на відповідній кнопці панелі **Calculator**.

$$f(x) := \frac{\exp(x^2 - 2.6)}{\pi} + \cos(2 \cdot x)$$

Розрахунок значення функції $f(x)$ у точках $x=1$ та $x=-1.46$. Для отримання результату потрібно набрати знак $\<=>$.

$$f(1) = -0.352 \qquad f(-1.46) = -0.776$$

Інструменти для побудови графіків у MathCAD доступні на панелі інструментів **Graph Toolbar**, яка відкривається при натисканні на відповідну кнопку на панелі математичних інструментів або через пункт **Graph** меню **Insert**. Для побудови графіку функції, яку задано у декартових координатах, необхідно:

- встановити курсор на робочому документі, вибрати підпункт **X-Y Plot** у пункті **Graph** меню **Insert** (або відповідну кнопку на панелі **Graph**);

- у робочому документі відкриється вікно побудови графіків;

- ввести на поміченій позиції біля вісі абсцис ім'я аргументу, а у позиції біля вісі ординат – ім'я функції та встановити курсор на робочому документі поза вікном графіків. Якщо потрібно побудувати

одночасно графіки декількох функцій, потрібно ввести їх імена у позиції біля вісі ординат, розділяючи їх комою.

Замість імені функції можна ввести формулу для її розрахунку. Параметри зображення (колір та товщина ліній, координатна сітка, розмітка осей, написи на графіках і т.п.) можна змінити, натиснувши двічі на полі графіку та встановити настройки у відповідних вікнах контекстного діалогу.

Графіки функцій, які задані у параметричній формі, будуються аналогічно, із урахуванням того, що у позиціях аргументу та функції вводяться формули або імена відповідних функцій параметру.

Для побудови графіку функції, який задано у полярних координатах, потрібно:

- встановити курсор на робочому документі, вибрати підпункт **Polar Plot** у пункті **Graph** меню **Insert** (або відповідну кнопку на панелі **Graph**);

- у робочому документі відкриється вікно побудови графіків;

- ввести у поміченій позиції біля вісі абсцис ім'я аргументу, а у позицію біля вісі ординат – ім'я функції та встановити курсор на робочому документі поза вікном графіків.

Приклад. Побудова графіків функцій.

Побудувати графіки функцій $f(x)=x+2\cdot\sin(x)$ та $g(x)=x\cdot\sin(x)$. Визначимо функцію $f(x)$:

$$f(x) := x + 2 \cdot \sin(x)$$

Побудуємо графіки функцій $f(x)$ та $g(x)$; формулу для $g(x)$ запишемо безпосередньо у позицію біля вісі ординат (див. рис. 8.1).

Приклад. Побудова кривої $y=y(x)$, яка задана параметрично. Визначимо функції $x(t)$ та $y(t)$:

$$x(t) := \frac{t^2}{1+t^2} \qquad y(t) := t \cdot \frac{1-t^2}{1+t^2}$$

Побудуємо графік кривої $y=y(x)$, яка задана параметрично (див. рис. 8.2.)

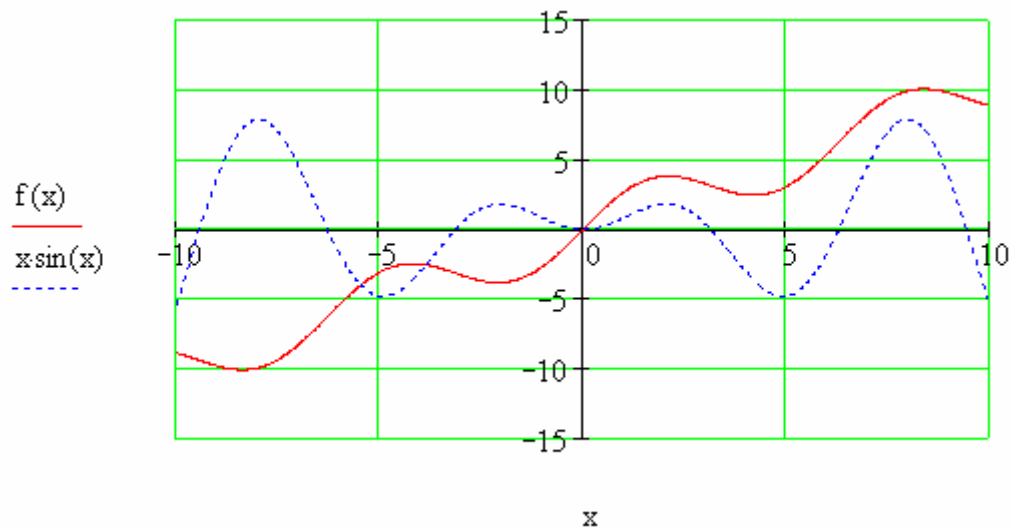


Рисунок 8.1 – Графіки функцій $f(x)$ та $g(x)$, які отримано за допомогою пакету MathCAD

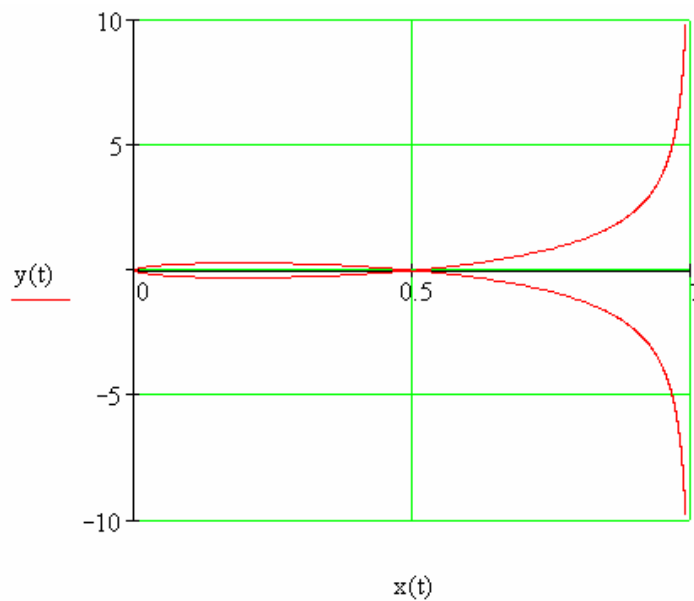


Рисунок 8.2 – Графік функції $y=y(x)$, яку задано параметрично, та отримано за допомогою пакету MathCAD

Приклад. Побудова кривої, яка задана у полярних координатах (лемніска Бернуллі). Визначимо функцію:

$$r(\phi) := 3 \cdot \sqrt{2 \cdot \cos(2 \cdot \phi)}$$

Побудуємо графік функції $r(\phi)$, яка задана у полярних координатах (див. рис. 8.3)

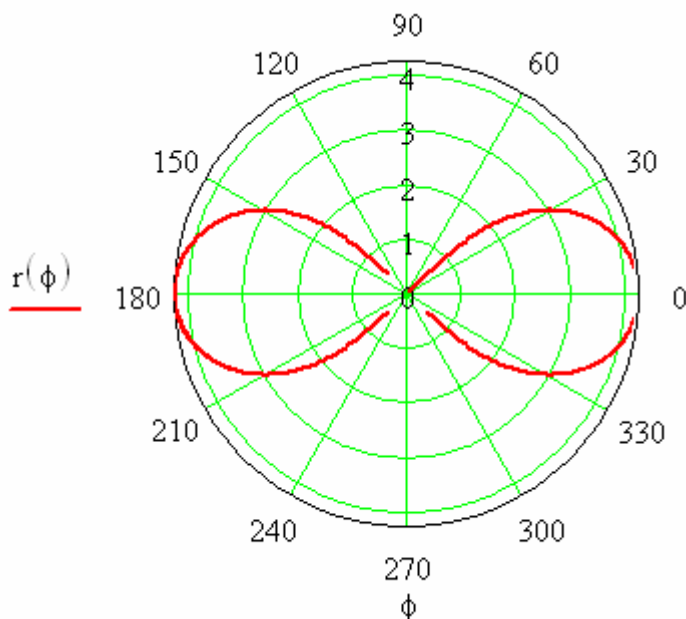


Рисунок 8.3 – Графік функції $r(\phi)$, яка задана у полярних координатах, отримано за допомогою пакету MathCAD

Обчислення ліміту.

Для обчислення ліміту призначені три кнопки на панелі **Calculus** панелі математичних інструментів: $\lim_{x \rightarrow a}$ – оператор обчислення ліміту функції у точці або на нескінченності; $\lim_{x \rightarrow a^+}$ та $\lim_{x \rightarrow a^-}$ – оператори обчислення односторонніх лімітів відповідно справа та зліва.

Для обчислення лімітів необхідно:

- встановити курсор у вільному місці робочого документу, потім натиснути на потрібну кнопку, ввести з клавіатури у помічених позиціях ім'я або формулу domeжевої функції та граничні точки;

- виділити все співвідношення та натиснути на підпункті **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути на кнопку $\rightarrow$ панелі символічних операцій **Symbolic**).

Приклад. Обчислення лімітів.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{x + \sqrt{x + \sqrt{x}}}}{\sqrt{x + 1}} \rightarrow 1 \qquad \lim_{x \rightarrow 0^+} e^{\frac{1}{x}} \rightarrow \infty \qquad \lim_{x \rightarrow 0^-} e^{\frac{1}{x}} \rightarrow 0$$

Диференціювання.

Для знаходження похідної необхідно:

- встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Calculus** кнопку $\frac{d}{dx}$, ввести з клавіатури у помічену позицію ім'я або формулу функції та аргументу;
- виділити всю формулу у рамку і натиснути **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути кнопку $\rightarrow$ на панелі символічних операцій **Symbolic**).

Для знаходження похідної вищих порядків необхідно:

- встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Calculus** кнопку $\frac{d^n}{dx^n}$, ввести з клавіатури у помічену позицію ім'я функції або функцію та аргументу;
- виділити всю формулу у рамку та натиснути **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути кнопку $\rightarrow$ на панелі символічних операцій **Symbolic**).

Для знаходження похідної за допомогою меню необхідно:

- ввести у робочий документ формулу функції;
- виділити аргумент та натиснути **Differentiate** у пункті **Variable** меню **Symbolics**.

Приклад. Обчислення похідних.

$$\frac{d}{dx} x^x \rightarrow x^x \cdot (\ln(x) + 1) \qquad \frac{d^2}{dx^2} x^x \rightarrow x^x \cdot (\ln(x) + 1)^2 + \frac{x^x}{x}$$

Інтегрування.

Для знаходження невизначеного інтегралу необхідно:

- встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Calculus** кнопку $\int$, ввести з клавіатури у помічену позицію формулу функції та ім'я змінної інтегрування;
- виділити всю формулу у рамку та натиснути **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути кнопку $\rightarrow$ на панелі символічних операцій **Symbolic**).

Для знаходження визначеного інтегралу необхідно:

– встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Calculus** кнопку , ввести з клавіатури у помічену позицію формулу функції, ім'я змінної інтегрування та межі інтегрування;

– виділити всю формулу у рамку та натиснути **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути кнопку  на панелі символічних операцій **Symbolic**).

Для знаходження невизначеного інтегралу за допомогою меню необхідно:

– ввести у робочий документ формулу для функції, що інтегрується;

– виділити аргумент та натиснути **Integrate** у пункті **Variable** меню **Symbolics**.

Приклад. Символьне обчислення інтегралів.

Обчислення невизначеного інтегралу:

$$\int \frac{1}{1 + \cos(x)} dx \rightarrow \tan\left(\frac{1}{2} \cdot x\right)$$

Обчислення визначеного інтегралу:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{1 + \cos(x)} dx \rightarrow 1$$

Знаходження суми ряду.

Для знаходження кінцевої суми та суми ряду, який сходиться, необхідно:

– встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Calculus** кнопку , ввести з клавіатури у

помічену позицію формулу функції, ім'я індексу суми, його перше та останнє значення (для рядів, в яких у якості останнього символу необхідно ввести символ нескінченності, потрібно натиснути кнопку , яка знаходиться на тій самій панелі);

– виділити всю формулу у рамку та натиснути **Symbolically** у пункті **Evaluate** меню **Symbolics** (або натиснути кнопку  на панелі символічних операцій **Symbolic**).

Приклад. Обчислення часткових сум ряду та суми ряду.

Обчислимо суму ряду за допомогою панелі **Symbolic** математичних інструментів:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \rightarrow \exp(x)$$

Розкладання функцій у ряд Тейлора.

Для знаходження функції за формулою Тейлора в околиці будь-якої точки із області визначення функції необхідно:

– встановити курсор на вільному місці робочого документу, натиснути на панелі **Symbolic** кнопку ;

– ввести з клавіатури перед ключовим словом **series** формулу функції, після ключового слова – формула < ім'я змінної = точка, в околиці якої буде проводитись розкладання функції > та ступінь старшого члену при розкладанні (знак рівності водиться при натисканні відповідної кнопки панелі **Boolean**);

– встановити курсор у робочому документі поза виділеної рамки; у робочому документі відображається тільки сам багаточлен Тейлора (часткова сума ряду Тейлора).

Для знаходження функції за формулою Тейлора за допомогою меню необхідно:

– ввести функцію, виділити змінну, натиснути **Expand to Series** у пункті **Variable** меню **Symbolics**;

– ввести у вікні діалогу ступінь старшого члену при розкладанні

та натиснути кнопку **Ok**;

– у робочому документі відображається відповідне розкладання із залишковим членом у формі Пеано.

Приклад. Розкладання функції у ряд Тейлора.

$$\cos(x) \text{ series, } x = \frac{\pi}{2}, 6 \rightarrow -x + \frac{1}{2} \cdot \pi + \frac{1}{6} \cdot \left(x - \frac{1}{2} \cdot \pi\right)^3 - \frac{1}{120} \cdot \left(x - \frac{1}{2} \cdot \pi\right)^5$$

8.8.2. Задачі лінійної алгебри

Визначення та введення матриці у робочий документ MathCAD.

Для визначення матриці необхідно:

- ввести з клавіатури ім'я матриці та знак привласнення;
- натиснути кнопку **Vector or Matrix Toolbar** на панелі математичних інструментів, щоб відкрити панель матричних операцій **Matrix**;
- натиснути кнопку **Matrix or Vector** у вікні діалогу визначення розмірності матриці та ввести розмірність матриці: число рядків (**Rows**), число стовпців (**Columns**);
- закрити вікно діалогу, натиснути кнопку **Ok**.

У робочому документі, праворуч від знаку привласнення, відкривається поле введення матриці із поміченими позиціями для введення елементів. Для того, щоб ввести елемент матриці, встановіть курсор у поміченій позиції та введіть з клавіатури число або формулу.

Нумерація елементів матриць та векторів.

Номер першого рядка (стовпця) матриці або першого компоненту вектору, зберігається у MathCAD у змінній ORIGIN. За умовчанням у MathCAD координати векторів, стовпці та рядки матриці нумеруються починаючи із 0 (ORIGIN:=0). Оскільки у математичному записі зазвичай використовується нумерація з 1, зручно перед почат-

ком роботи із матрицями визначати значення змінної ORIGIN, яка дорівнює 1, виконати команду ORIGIN:=1.

Панель операцій із матрицями та векторами.

Панель векторних та матричних операцій відкривається при натисканні кнопки **Vector and Matrix Toolbar** на панелі математичних інструментів. За кнопками панелі закріплені наступні функції:

 – визначення розміру матриці;

 – введення нижнього індексу;

 – обчислення зворотної матриці;

 – обчислення визначника матриці: $|A| = \det A$; обчислення довжини вектору $|x|$;

 – поелементні операції із матрицями: якщо $A = \{a_{ij}\}$, $B = \{b_{ij}\}$ то $\overline{AB} = \{a_{ij}b_{ij}\}$;

 – визначення стовпця матриці: $M^{<j>}$ – j-й стовбець матриці M;

 – транспонування матриці: $M = \{m_{ij}\}$, $M^T = \{m_{ji}\}$;

 – обчислення скалярного добутку векторів: $x \cdot y = \sum_{i=1}^v x_i \cdot y_i$;

 – обчислення векторного добутку векторів:

$$a \times b = (a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2; a_3 \cdot b_1 - a_1 \cdot b_3; a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1);$$

 – обчислення суми компонентів вектору: $\sum x = \sum_{i=1}^n x_i$;

 – визначення діапазону зміни змінного аргументу функції;

 – візуалізація цифрової інформації, яку збережено у матриці.

Для того, щоб виконати будь-яку операцію за допомогою панелі інструментів, потрібно виділити матрицю та натиснути на панелі на кнопку операції, або натиснути кнопку на панелі та ввести у помічену позицію ім'я матриці.

Меню символьних операцій із матрицями.

Меню символьних операцій із матрицями (пункт **Matrix** меню **Symbolics**) має три функції:

- транспонування (**Transpose**);
- інвертування матриці (**Invert**);
- обчислення визначника матриці (**Determinant**).

Якщо вимагається здійснити будь-яку операцію через пункт **Matrix** меню **Symbolics**, потрібно виділити матрицю та вибрати необхідну операцію.

Функції визначення матриць та операції із блоками матриць:

matrix(m, n, f) – створює та заповнює матриці розмірності $m \times n$, елемент якої розташовано у i -му рядку, j -му стовпці, дорівнює значенню $f(i, j)$ функції $f(x, y)$;

diag(v) – створює діагональну матрицю, елементи головної діагоналі якої зберігаються у векторі v ;

identity(n) – створює одиничну матрицю порядку n ;

augment(A, B) – формує матрицю, у перших стовпцях якої знаходиться матриця A , а в останніх – матриця B (матриці A та B мають однакове число рядків);

stack(A, B) – формує матрицю, у перших рядках якої знаходиться матриця A , а в останніх – матриця B (матриці A та B мають однакове число стовпців);

submatrix(A, ir, jr, ic, jc) – формує матрицю, яка є блоком матриці A , та розташована у рядках з ir по jr та у стовпцях з ic по jc , $ir \leq jr$, $ic \leq jc$.

Приклад. Приклади виконання функцій **matrix**, **diag**, **identity**, **augment**, **stack**, **submatrix**.

Для нумерації стовпців та рядків матриці з одиниці, привласніть змінній **ORIGIN** значення одиниці:

ORIGIN := 1

Створення та заповнення матриці A , яка має розмірність 3×4 . Елемент матриці A , який розташовано у i -му рядку, j -му стовпці, дорівнює значенню $f(i,j)$ функції $f(x, y)$:

$$f(x,y) := x + y \quad A := \text{matrix}(3,4,f) \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

Діапазон зміни змінної та нижній індекс можна ввести відповідними кнопками на панелі **Matrix**

$$i := 1..4 \quad v_i := i$$

$$B := \text{diag}(v) \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

$$E := \text{identity}(3) \quad E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D := \text{augment}(A,E) \quad D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$F := \text{stack}(A,B) \quad F = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

$$G := \text{submatrix}(F,4,5,1,2) \quad G = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Функції, які повертають різні числові характеристики матриць:

last(v) – обчислення номеру останнього елементу вектору **v**;

length(v) – обчислення кількості елементів **v** вектору;

rows(A) – обчислення числа рядків у матриці **A**;

cols(A) – обчислення числа стовпців у матриці **A**;

max(A) – обчислення найбільшого елементу у матриці **A**;

tr(A) – обчислення сліду квадратної матриці **A** (слід матриці дорівнює сумі її діагональних елементів);

rank(A) – обчислення рангу матриці **A**.

Приклад. Приклади виконання функцій **last**, **length**, **rows**, **cols**, **max**, **min**, **tr**, **rank**.

Для нумерації стовпців та рядків матриці з одиниці, привласніть змінній **ORIGIN** значення одиниці:

ORIGIN := 1

Спочатку сформуємо матриці, використовуючи функції **matrix**, **diag**, **identity**, **augment**.

$$f(x,y) := x + y \quad A := \text{matrix}(3,4,f) \quad A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

$$i := 1..4 \quad v_i := i \quad B := \text{diag}(v) \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

$$E := \text{identity}(3) \quad E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D := \text{augment}(A,E) \quad D = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Номер останнього компоненту вектора v :

$$\text{last}(v) = 4$$

Кількість компонентів вектору v :

$$\text{length}(v) = 4$$

Кількість рядків та стовпців матриці D :

$$\text{rows}(D) = 3 \quad \text{cols}(D) = 7$$

Найбільший елемент матриці D :

$$\text{max}(D) = 5$$

Слід матриці B :

$$\text{tr}(B) = 10$$

Ранг матриці A :

$$\text{rank}(A) = 2$$

Функції, які реалізують чисельні алгоритми рішення задач лінійної алгебри:

rref(A) – приведення матриці до ступінчастого вигляду із одиничним базисним мінором (виконуються елементарні операції із строками матриці);

eigenvals(A) – обчислення власних значень квадратної матриці A ;

eigenvecs(A) – обчислення власних векторів квадратної матриці A ; значенням функції є матриця, стовпці якої є власні вектори матри-

ці A ; порядок проходження векторів відповідає порядку проходження власних значень, обчислених функцією $\text{eigenvals}(A)$;

$\text{eigenvec}(A, l)$ – обчислення власного вектору матриці A , який відповідає власному значенню l ;

$\text{lsolve}(A, b)$ – рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь $A \cdot x = b$.

Приклад. Приклади виконання функцій **eigenvals**, **eigenvecs**, **eigenvec**, **lsolve**.

$$\text{ORIGIN} := 1 \quad C := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

Власні значення матриці C :

$$\text{eigenvals}(C) = \begin{pmatrix} 5.439 \\ 0.271 \\ -2.71 \end{pmatrix}$$

Власні вектори, які відповідають власним значенням матриці C :

$$\text{eigenvecs}(C) = \begin{pmatrix} 0.625 & 0.76 & -0.415 \\ 0.321 & -0.611 & -0.432 \\ 0.711 & 0.222 & 0.801 \end{pmatrix}$$

Власний вектор, який відповідає власному значенню L_2 матриці C :

$$L := \text{eigenvals}(C) \quad \text{eigenvec}(C, L_2) = \begin{pmatrix} -0.76 \\ 0.611 \\ -0.222 \end{pmatrix}$$

Рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь $C \cdot x = b$:

$$b := \begin{pmatrix} 14 \\ 8 \\ 14 \end{pmatrix} \quad x := \text{lsolve}(C, b) \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

8.8.3. Звичайні диференціальні рівняння

ЗДР першого порядку. Диференціальне рівняння першого порядку може за визначенням мати окрім самої функції $y(t)$ тільки її першу похідну $y'(t)$. У переважній більшості випадків диференціальне рівняння можна записати у стандартній формі (формі Коші):

$$y'(t) = f(y(t), t),$$

і лише з такою формою працює обчислювальний процесор MathCAD. Правильна з математичної точки зору постановка відповідної задачі Коші для ЗДР першого порядку повинна мати у своєму складі, крім самого рівняння одну початкову умову – значення функції $y(t_0)$ у деякій точці t_0 . Вимагається явно визначити функцію $y(t)$ на інтервалі від t_0 до t_1 . За характером постановки задачі Коші називають задачами з початковими умовами, на відміну від крайових задач.

Для чисельного інтегрування одного ЗДР є вибір – або використувати обчислювальний блок Given/Odesolve, або вбудовані функції.

Обчислювальний блок Given/Odesolve

Обчислювальний блок для вирішення одного ЗДР, який реалізує чисельний метод Рунге-Кутти:

- **Given** – ключове слово;
- ЗДР та початкова умова, яка записана за допомогою логічних операторів, причому початкова умова повинна мати наступний вигляд $y(t_0) = b$;
- **Odesolve(t, t₁)** – вбудована функція для вирішення ЗДР щодо змінної t на інтервалі (t_0, t_1) , причому кінцева точка інтегрування ЗДР повинна знаходитися правіше початковою $t_0 < t_1$.

Приклад. Знайти рішення ЗДР першого порядку $y'(t) = y(t) - y^2(t)$ за допомогою обчислювального блоку

Given/Odesolve.

```
Given
 $\frac{d}{dt}y(t) = y(t) - y(t)^2$ 
 $y(0) = 0.1$ 
 $y := \text{odesolve}(t, 10)$ 
 $t := 0, 0.01 .. 10$ 
 $y(3) = 0.691$ 
```

На рисунку 8.4 наведено графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР першого порядку $y'(t) = y(t) - y^2(t)$, та це рішення отримано за допомогою обчислювального блоку Given/Odesolve. Слід використовувати звичайні засоби MathCAD, щоб побудувати графік одержаної функції у будь-якій точці вказаного інтервалу.

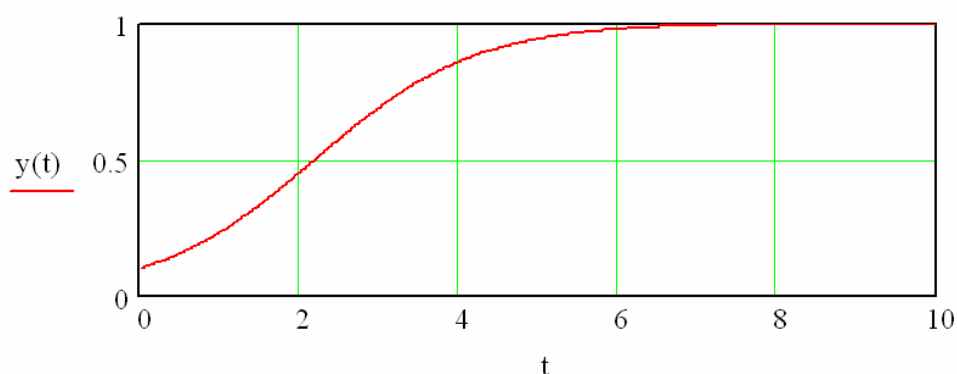


Рисунок 8.4 – Графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР $y'(t) = y(t) - y^2(t)$, яке отримано за допомогою Обчислювального блоку Given/Odesolve

Користувач має нагоду вибирати між двома модифікаціями чисельного методу Рунге-Кутти – із фіксованим та адаптивним шагом. Допустимо, та навіть часто використовується завдання функції **Odesolve(t, t₁, step)** із трьома параметрами, де step – внутрішній параметр чисельного методу, який визначає кількість кроків методу Рунге-Кутти при розрахунку диференціального рівняння. Чим більше step, тим з більшою точністю буде отримано результат, але тим більше часу необхідно витратити на його пошуки.

Вбудовані функції **rkfixed**, **Rkadapt**, **Bulstoer**.

Альтернативний метод рішення ЗДР перейшов із попередніх версій MathCAD. Він полягає у використанні однієї із вбудованих функцій **rkfixed**, **Rkadapt** або **Bulstoer**. Цей спосіб декілька програє першому і у простоті, і у наочності. Необхідно явно задавати кількість точок інтегрування $M=100$. Одержаний результат представлено у вигляді матриці, яка має розмірність $M \times 2$. Вона складається із двох стовпців: у одному знаходяться значення аргументу t (від t_0 до t_1 включно), а в іншому відповідні значення функції $y(t)$.

Приклад. Знайти рішення ЗДР першого порядку $y'(t) = y(t) - y^2(t)$ за допомогою вбудованої функції **rkfixed**.

```
y := 0.1
D(t,y) := y - y^2
M := 100
y := rkfixed(y,0,10,M,D)
```

На рисунку 8.5 наведено графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР першого порядку $y'(t) = y(t) - y^2(t)$, та це рішення отримано за допомогою вбудованої функції **rkfixed**.

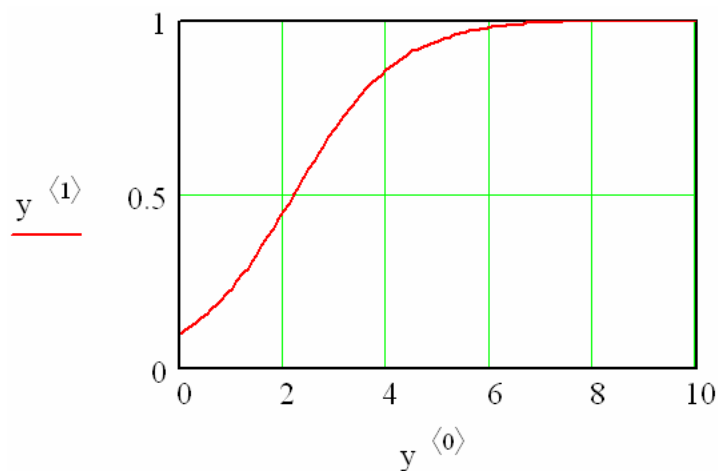


Рисунок 8.5 – Графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР $y'(t) = y(t) - y^2(t)$, яке отримано за допомогою вбудованої функції **rkfixed**

ЗДР вищого порядку. Звичайне диференціальне рівняння із невідомою функцією $y(t)$, до складу якої входять похідні цієї функції аж до $y^{(N)}(t)$, називаються ЗДР N -го порядку. Для коректної постановки задачі Коші вимагається задати N початкових умов на саму функцію $y(t)$ та її похідні від першого до $(N-1)$ -го порядку включно. Всередині обчислювального блоку:

– ЗДР повинні бути лінійними щодо старшої похідної, тобто фактично повинні бути поставлені у стандартній формі;

– початкові умови повинні мати форму $y(t)=b$ або $y^{(N)}(t)=b$.

Далі рішення ЗДР вищих порядків нічим не відрізняється від рішення рівнянь першого порядку.

Приклад. Знайти рішення ЗДР $y''(t)+0.1 \cdot y'(t)+y(t)=0$ за допомогою обчислювального блоку Given/Odesolve.

Given

$$\frac{d^2}{dt^2}y(t) + 0.1 \cdot \frac{d}{dt}y(t) + 1 \cdot y(t) = 0$$

$$y(0) = 0.1$$

$$y'(0) = 0$$

$$y := \text{Odesolve}(t, 80)$$

$$t := 0, 0.1 \dots 80$$

Допустимо написання похідною як у вигляді знаку диференціалу, так і за допомогою штриху (у лат. ~). На рисунку 8.6 наведено графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР другого порядку $y''(t)+0.1 \cdot y'(t)+y(t)=0$, та це рішення отримано за допомогою обчислювального блоку Given/Odesolve.

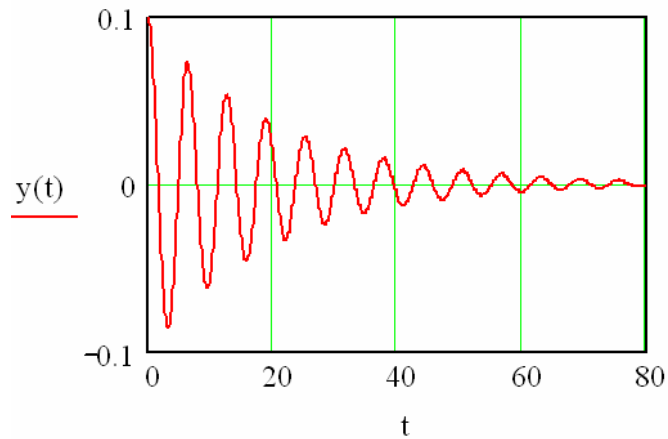


Рисунок 8.6 – Графік функції $y(t)$, яка є рішенням ЗДР другого порядку $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$, та отримано за допомогою обчислювального блоку Given/Odesolve

Системи ОДУ першого порядку. MathCAD вимагає, щоб система диференціальних рівнянь була представлена у стандартній формі:

$$\begin{aligned} y_0'(t) &= f_0(y_0(t), y_1(t), \dots, y_{N-1}(t), t); \\ y_1'(t) &= f_1(y_0(t), y_1(t), \dots, y_{N-1}(t), t); \\ &\dots \\ y_{N-1}'(t) &= f_{N-1}(y_0(t), y_1(t), \dots, y_{N-1}(t), t). \end{aligned}$$

Завдання системи еквівалентно наступному векторному представленню:

$$Y'(t) = F(Y(t), t),$$

де Y та Y' – відповідно невідомі векторні функції змінної t розміру $N \times 1$;

F – векторна функція того ж розміру $(N + 1)$ кількості змінних (N компонент вектору та можливо, t).

Саме векторне представлення використовується для введення системи ЗДР.

Для того, щоб визначити задачу Коші для системи ЗДР, слід

визначити ще N початкових умов, які задають значення кожної із функцій $y_i(t_0)$ у початковій точці інтегрування системи t_0 . У векторній формі вони можуть бути записані у наступному вигляді:

$$Y(t_0) = B,$$

де B – вектор початкових умов розміру $N \times 1$, який складається із $y_i(t_0)$.

MathCAD має три вбудовані функції, які дозволяють вирішувати поставлену задачу Коші різними чисельними методами:

– **rkfixed**(y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Рунге-Кутти із фіксованим шагом;

– **Rkadapt**(y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Рунге-Кутти із змінним шагом;

– **Bulstoer**(y_0, t_0, t_1, M, D) – метод Булірша-Штера;

y_0 – вектор початкових значень у точці t_0 розміру $N \times 1$;

t_0 – початкова точка розрахунку;

t_1 – кінцева точка розрахунку;

M – число шагів, на яких чисельний метод знаходить рішення;

D – векторна функція розміру $N \times 1$ двох аргументів – скалярного t та векторного y . При цьому y – векторна функція аргументу t того ж розміру $N \times 1$.

Зауваження. Необхідно дотримуватися регістру першої букви цих функцій, оскільки це впливає на вибір алгоритму рахунку.

Кожна із наведених функцій видає рішення у вигляді матриці розміру $(M+1) \times (N+1)$. У її лівому стовпці знаходиться значення аргументу t , який поділено на рівномірні шага, а у решті N стовпців – значення функцій $y_0(t), y_1(t), \dots, y_{N-1}(t)$, які розраховані для цих значень аргументу. Оскільки всього точок (крім початкової) M , то рядків у матриці рішення буде $M+1$. У переважній більшості випадків достатньо використовувати першу функцію **rkfixed**.

Приклад. Знайти рішення ЗДР $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$ за допомогою вбудованої функції `rkfixed`.

$$D(t, y) := \begin{pmatrix} y_1 \\ -y_0 - 0.1 \cdot y_1 \end{pmatrix}$$

$$y0 := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$M := 200$$

$$u := \text{rkfixed}(y0, 0, 50, M, D)$$

На рисунку 8.7 наведено графіки функції $y(t)$ та $y'(t)$, які є рішення ЗДР другого порядку $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$, та ці рішення отримані за допомогою вбудованої функції `rkfixed`.

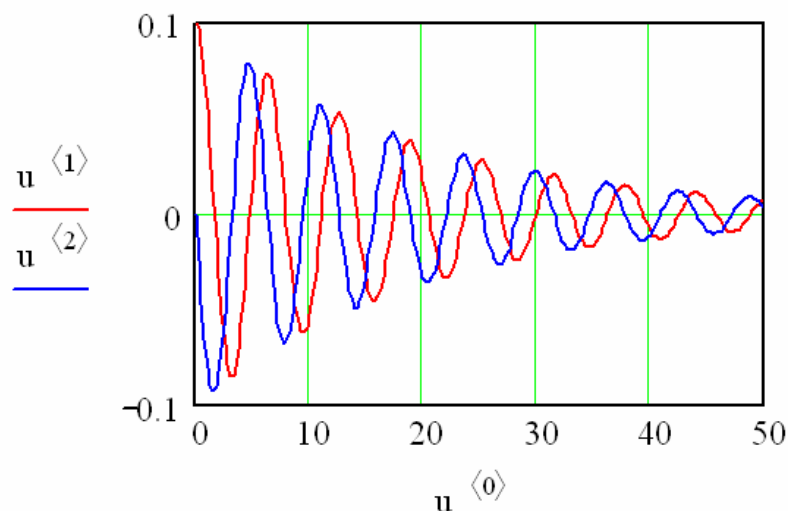


Рисунок 8.7 – Графіки функції $y(t)$ та $y'(t)$, які є рішення ЗДР $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$, та отримані за допомогою вбудованої функції `rkfixed`

Фазовий портрет рішення ЗДР.

У загальному випадку, якщо система складається із N ЗДР, то фазовий простір є N -вимірним. На рисунку 8.8 наведено фазовий портрет рішення ЗДР другого порядку $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$.

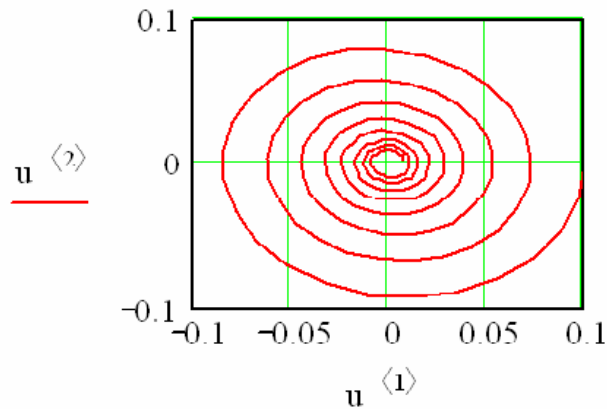


Рисунок 8.8 – Фазовий портрет рішення ЗДР другого порядку
 $y''(t) + 0.1 \cdot y'(t) + y(t) = 0$

Контрольні запитання та завдання

1. Призначення, можливості та застосування пакету MS Word.
2. Призначення, можливості та застосування пакету MS Outlook.
3. Призначення, можливості та застосування пакету PowerPoint.
4. Призначення, можливості та застосування пакету MS Excel.
5. Які можливості інтеграції додатків має MS Office?
6. Які додаткові офісні програми використовуються при роботі?
7. Приведіть приклади альтернативних MS Office програм.
8. Призначення, можливості та застосування пакету MathCAD.
9. Можливості пакету MathCAD для визначення функцій.
10. Які інструменти використовуються у MathCAD для побудови графіків функцій?
11. Як виконати розрахунок лімітів?
12. Як у MathCAD виконати диференціювання та інтегрування функцій?
13. Яким чином розкласти функцію у MathCAD у ряд Тейлора?
14. Як виконати визначення та введення матриці в MathCAD.?
15. Які задачі лінійної алгебри виконуються у MathCAD?
16. За допомогою яких функцій виконується рішення звичайний диференціальних рівнянь першого, другого та вищих порядків?

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В.І. Наукові, аналітичні та екологічні приладі і системи (вступ до фаху): [навчальний посібник] /В.І. Бойко, А.А. Зорі., В.А. Порєв. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – 222 с.
2. Бойко В.І. Основи електронних систем (вступ до фаху): [навчальний посібник] /В.І. Бойко, А.А. Зорі. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 208 с.
3. Бойко В.І. Підвищення точності вимірювальних систем /В.І. Бойко, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, М.Г. Хламов. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2005. – 252 с.
4. Boyko V. Increase of measuring systems accuracy / V. Boyko, A. Zori, [and at.]. – Donetsk: RVV DonNTU, 2007. – 276 p.
5. Вовна А. Методы и средства измерения концентрации газовых компонент / А. Вовна, А. Зори, М. Хламов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 244 с. – Режим доступа: <https://www.lap-publishing.com/catalog/>. – ISBN-13: 978-3-8484-2767-3.
6. Вовна А.В. Методы повышения точности измерения концентрации оксида углерода спектрометрического инфракрасного газоанализатора / А.В. Вовна, М.Г. Хламов М.Г. // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Донецьк, 2005. – Випуск 90. – С. 170 –175.
7. Вовна А.В. Повышение чувствительности измерителя концентрации газов с использованием метода составных параметров / А.В. Вовна, А.А. Зори, Н.П. Косарев // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог, 2012. – № 5 (130). – С. 128 – 133.
8. Вовна О.В. Розробка та дослідження швидкодіючого вимірювача концентрації метану інваріантного до запилення рудничної атмосфери/ О.В. Вовна, А.А. Зорі // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Донецьк,

2012. – Випуск 22 (200).– С. 143 – 150.

9. Вовна А.В. Способ компенсации температурного дрейфа оптического измерителя концентрации газа / А.В. Вовна, А.А. Зори // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог, 2013. – № 5 (142). – С. 165 – 170.
10. Вовна А.В. Способ повышения чувствительности и точности оптического измерителя концентрации метана / А.В. Вовна, А.А. Зори, В.Д. Коренев // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків, 2013. – № 18 (991). – С. 98 – 103.
11. Горелик Д.О. Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы. В 2-х томах. / Д.О. Горелик, Л.А. Конопелько, Э.Д. Панков. СПб.: Крисмас, 1998. – 592 с.
12. Горелик С.Л. Телевизионные измерительные системы /С.Л. Горелик, Б.М. Кац, В.И. Киврин. – М.: Связь, 1980 – 168 с.
13. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: [учеб. для вузов] / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – [4-е изд., доп.]. – М.: Высш. шк., 2006. – 799 с.
14. Дмитриев М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: [справочник] /М.Т. Дмитриев. – М.: Химия, 1989. – 368 с.
15. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с.
16. Дьяков В. MathCad 8/2000: [специальный справочник] / В. Дьяков. – СПб.: Издательство Питер, 2000. – 592 с.
17. Згуровський М.З. Сталий розвиток у глобальному і регіональному вимірах: [аналіз за даними 2005 р.] /М.З. Згуровськи. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. –84 с.
18. Зорі А.А. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої [Електронний ресурс]: електронний підручник /А.А. Зорі, В.П. Тарасюк, О.М. Стародубцева, О.В. Вовна; ДонНТУ. –

- Режим доступу: <http://fkita.donntu.edu.ua/et/book/obobshen/index.html>. – Загл. з екрану.
19. Кирьянов Д.В. MathCad 2001 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БВХ-Петербург, 2001. – 544 с.
 20. Козинцев В.И. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды: [учебн. пособие для вузов] / В.И. Козинцев, В.М. Орлов, М.Л. Белов [и др]; под редакцией В.Н. Рождествина. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
 21. Коллеров Д.К. Газоанализаторы. Проблемы практической метрологии / Д.К. Коллеров. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 175 с.
 22. Корпорація Майкрософт (Microsoft Corporation). – Електронні данні, Режим доступу: <http://office.microsoft.com>.
 23. Макаров Е. Инженерные расчеты в MathCad 14 (+CD) / Е. Макаров. – СПб.: Питер, 2007. – 592 с.
 24. Методы и средства аналитического измерения концентрации газовых компонент и пыли в рудничной атмосфере угольных шахт / А.В. Вовна та ін. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 260 с.
 25. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая схемотехника (Полный курс): [учебник для вузов] / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2000. – 768 с.
 26. Основи технічної електроніки: [підручник] в 2 т. Т. 2. Схемотехніка / В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. – К.: Вища шк., 2007 – 512 с.
 27. Пат. 91795 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Спосіб вимірювання концентрації метану в рудниковій атмосфері / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а200906379; заявл. 19.06.2009; опубл. Бюл. № 8 від 25.08.2010.
 28. Пат. 92564 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Пристрій для вимірювання концентрації метану в рудничній атмосфері /

- О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а200909360; заявл. 11.09.2009; опубл. Бюл. № 21 від 10.11.2010.
29. Пат. 92572 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Спосіб вимірювання концентрації газів / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, О.Г. Ликов; Г.В. Мокрий; М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а200912500; заявл. 03.12.2009; опубл. Бюл. № 21 від 10.11.2010.
30. Пат. 96662 С2. Україна, МПК G 01 N 21/000. Пристрій для вимірювання концентрації газів / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, О.Г. Ликов; М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а201004144; заявл. 09.04.2010; опубл. Бюл. № 22 від 25.11.2011.
31. Пат. 92704 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Спосіб вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, О.Г. Ликов; М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а201001736; заявл. 18.02.2010; опубл. Бюл. № 22 від 25.11.2010.
32. Пат. 97880 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Пристрій для вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, О.Г. Ликов; М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а201009087; заявл. 19.07.2010; опубл. Бюл. № 6 від 26.03.2012.
33. Пат. 100285 С2. Україна, МПК G 01 N 21/35. Спосіб вимірювання концентрації газів / О.В. Вовна, А.А. Зорі, В.Д. Коренєв, М.Г. Хламов; Державний вищий навчальний заклад «Донецькій національний технічний університет» (Україна). – № а201101508; заявл. 10.02.2011; опубл. Бюл. № 23 від

10.12.2012.

34. Порєв В.А., Аналітичні екологічні прилади та системи: [монографія] / В.А. Порєв, О.А. Дашковський, Я.Л. Миндюк, В.П. Приміський; під заг. ред. В.А. Порєва – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009 – 336 с.
35. Порєв В.А. Телевізійна пірометрія / В.А. Порєв. – К.: АБЕРС, 2002 – 196 с.
36. Порєв В.А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи-стан і перспективи розвитку /В.А. Порєв // Методи та прилади контролю якості. – 2005. – № 13. – С.71 – 74.
37. Порєв В.А. Телевізійні системи екологічного моніторингу / В.А. Порєв // Перший Всеукраїнський з'їзд екологів, Вінниця, – 2006. С. 162.
38. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью / Ф.П. Пресс. – М.: Радио и связь, 1991 – 125 с
39. Приміський В.Ф. Багатоканальний газоаналітичний комплекс для оптимізації процесу горіння і екологічного моніторингу сміттєспалювального виробництва /В.П. Приміський // Вісник НТУУ «КПІ». К. – 2002. – №24. –С. 93 –98.
40. Приміський В.Ф. Еколого-технологічна комп'ютеризована газоаналітична система контролю промислових об'єктів / В.Ф. Приміський // Технологические системы. К.: – 2003. – №3. – С. 84 – 91.
41. Схемотехніка електронних систем: [підручник]: в 3 т. / В.І. Бойко, А.М. Гуржій [та інш.]. – [2-ге вид., допов. і переробл.]. – К.: Вища школа, 2004. – 1188 с.
42. Хоровиц П. Искусство схемотехники: [монографія] / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – [7-е изд., перераб. и доп.]. – М.: БИНОМ, 2009. – 704 с.
43. Храмов А.В. Первинні вимірювальні перетворювачі вимірювальних приладів і автоматичних систем. /А.В. Храмов. – К.: Вища школа, 1998. – 527 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Аналітичний прилад

- абсорбційний 105
- адсорбційний 102
- електрохімічний 117
- люмінесцентний 107
- люмінометричний 111
- магнітний 125
- потенціометричний 120
- тепловий 123
- хроматографічний 115

Вимірювання 79

- вимірювальний перетворювач
 - вторинний 99
 - первинний 99
- засіб вимірювання 80, 99, 127
- Вища технічна освіта 37

Газоаналітичний

- автоматична стаціонарна станція 134
- комплекс 128
- система 127

Дільник

- напруги 165
- струму 166

Діод 193

- випрямляючий 196
- імпульсний 197
- світлодіод 206
- Шоттки 197

Еквівалентна схема 160, 173, 180

Екологія

- екологічна катастрофа 27, 150
- екологічний моніторинг 136, 147
- екологічні проекти і програми 34
- екологія сталого розвитку 34

Імпеданс 160, 174

Інформаційні технології 93

Інформаційно-вимірювальна система 82

Інтегральна мікросхема 223

- аналогова 233
- цифрова 229

Комп'ютерна мережа 238

Конденсатор 171

- вариконд 177
- електролітичний полярний 178

Концентрація

- масова 101,
- мольна 101
- об'ємна 101

Котушка індуктивності 179

- дросьль 180
- магнітопровід 180, 189

Операційний підсилювач 233, 235

Резистор 157

- варистор 169
- негистор 170
- терморезистор (термістор) 169

Стабілізатор напруги 200

Стабілітрон 199

Суміш

- багатокомпонентна 100
- бінарна 100, 123
- псевдобінарна 100

Таймер 224, 237

Тиристор 203

Телевізійна

- мікроскопія 84
- пірометрія 84, 86

Транзистор 207

- біполярний 212
- польовий 216
- IGBT 220

Трансформатор 186

- імпульсний 190
- живлення 191
- п'єзотрансформатор 192
- сигнальний 190

Тригер 231

Фізична величина 79

ДОДАТОК А

Нормативна частина ОПП

Перелік навчальних дисциплін, форми контролю та державної атестації, нормативний термін навчання

Шифр навчальної дисципліни	Навчальна дисципліна/практика	Мінімальна кількість			Вид контролю ¹
		Акад. годин ²	Націонал. кредитів	Кредитів ECTS	
1	2	3	4	5	6
Нормативна частина					
01	Цикл гуманітарної та соціально економічної підготовки				
ГСЕ.01	Українська мова професійного спрямування	108	2	3	екзамен
ГСЕ.02	Історія України	108	2	3	екзамен
ГСЕ.03	Історія української культури	72	1,33	2	екзамен
ГСЕ.04	Іноземна мова	216	4	6	екзамен
ГСЕ.05	Філософія	108	2	3	екзамен
ГСЕ.06	Політологія	72	1,33	2	екзамен
Всього за нормативною частиною циклу гуманітарної та соціально-економічної підготовки		684	12,7	19	
Вибіркова частина		288	5,4	8	
Всього за циклом гуманітарної та соціально-економічної підготовки		972	18	27	
02	Цикл математичної, природничо-наукової підготовки				
МПН.01	Вища математика	882	16,3	24,5	екзамен
МПН.02	Екологія	72	1,3	2	д.залік
МПН.03	Загальна фізика	360	6,7	10	екзамен
МПН.04	Хімія	144	2,7	4	екзамен
МПН.05	Інженерна та комп'ютерна графіка	306	5,7	8,5	д.залік, КП
МПН.06	Інформатика та програмування	378	7	10,5	екзамен
Всього за циклом математичної, природничо-наукової підготовки		2142	39,7	59,5	
03	Цикл професійної та практичної підготовки				
ПП.01	Вступ до фаху	54	1	1,5	залік
ПП.02	Матеріалознавство та конструкційні матеріали	108	2	3	залік
ПП.03	Теоретична механіка	216	4	6	екзамен
ПП.04	Електротехніка	270	5	7,5	екзамен
ПП.05	Безпека життєдіяльності	54	1	1,5	д.залік
ПП.06	Прикладна механіка	216	4	6	екзамен
ПП.07	Конструювання елементів приладів	108	2	3	залік

¹ Навчальний заклад має право збільшувати кількість академічних годин нормативних навчальних дисциплін циклів математичної, природничо-наукової, професійної та практичної підготовки і практик за рахунок варіативної частини навчального плану.

² Навчальний заклад має право змінювати вид контролю за нормативними дисциплінами відповідно до нормативів ВНЗ. Вид контролю з нормативних дисциплін гуманітарної та соціально економічної підготовки визначається наказом МОНМС № 64 від 09.07.2009 р.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
ПП.08	Метрологія	144	2,7	4	екзамен
ПП.09	Додатковий курс фізики	144	2,7	4	д.залік
ПП.10	Теорія автоматичного керування	198	3,7	5,5	екзамен
ПП.11	Електроніка	252	4,7	7	екзамен
ПП.12	Основи охорони праці	54	1	1,5	екзамен
ПП.13	Виробнича практика	162	3	4,5	залік
ПП.14	Переддипломна практика	162	3	4,5	залік
ПП.15	Дипломне проектування	324	6	9	захист
Всього за циклом професійної та практичної підготовки		2466	47	68,5	
Всього за нормативними дисциплінами		5292	98	147	
Варіативна частина					
03.1	Дисципліни самостійного вибору навчального закладу	2484	46	69	
03.2.	Дисципліни вільного вибору студентів	864	16	24	
Всього за варіативною частиною		3348	62	93	
Всього за 4 роки навчання		8640	160	240	

ДОДАТОК Б

Варіативна частина ОПП

Перелік навчальних дисциплін, форми контролю та державної атестації, нормативний термін навчання варіативної частини

Шифр навчальної дисципліни	Навчальна дисципліна/практика	Мінімальна кількість			Вид контролю ³
		Акад. годин ⁴	Націонал. кредитів	Кредитів ECTS	
1	2	3	4	5	6
Варіативна частина програми					
Цикл дисциплін самостійного вибору навчального закладу					
МПН.07	Фізична та аналітична хімія	108	2,00	3,0	залік
МПН.08	Вища математика (додатковий курс)	72	1,33	2,0	залік
ПП.16	Електричні вимірювання	108	2,00	3,0	залік
ПП.17	Теорія засобів вимірювань	126	2,33	3,5	д.залік
ГСЕ.07	Економіка організації та планування виробництва	216	4,00	6,0	д.залік
ГСЕ.08	Іноземна мова професійного спрямування	162	3,00	4,5	залік
ПП.18	Аналогова схемотехніка	216	4,00	6,0	екзамен
ПП.19	Технологія екологічного приладобудування	144	2,67	4,0	залік
ПП.20	Вимірювальні перетворювачі	234	4,33	6,5	екзамен, КП
ПП.21	Електричні мікромашини	162	3,00	4,5	залік
ПП.22	Прилади радіаційних вимірювань	162	3,00	4,5	д.залік
ПП.23	Цифрова електроніка та мікропроцесори	180	3,33	5,0	екзамен
ПП.24	Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем	180	3,33	5,0	екзамен
ПП.25	Аналітичні екологічні прилади	522	9,67	14,5	екзамен, КП
ГСЕ.09	Менеджмент	36	0,67	1,0	залік
Всього за циклом:		2628	48,66	73,0	
Цикл дисциплін вільного вибору студента					
Гуманітарна складова					
ГСЕ.10	Психологія	72	1,33	2,0	залік
ГСЕ.11	Етика і естетика	72	1,33	2,0	залік
ГСЕ.12	Правознавство	72	1,33	2,0	залік
Професійна складова					
ПП.26	Офісні комп'ютерні технології	126	2,33	3,5	залік
ПП.27	Екологічний аудит	108	2,00	3,0	залік

³ Навчальний заклад має право змінювати вид контролю за нормативними дисциплінами відповідно до нормативів ВНЗ. Вид контролю з нормативних дисциплін гуманітарної та соціально економічної підготовки визначається наказом МОНМС № 64 від 09.07.2009 р.

⁴ Навчальний заклад має право збільшувати кількість академічних годин нормативних навчальних дисциплін циклів математичної, природничо-наукової, професійної та практичної підготовки і практик за рахунок варіативної частини навчального плану.

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
ПП.28	Екологія сталого розвитку	162	3,00	4,5	д.залік
ПП.29	Екологічна безпека	162	3,00	4,5	д.залік
ПП.30	Якість та сертифікація	108	2,00	3,0	залік
ПП.31	Новітні інформаційно-вимірювальні технології	108	2,00	3,0	екзамен
Всього за циклом:		990	18,33	27,5	
Всього за варіативною частиною:		3618	67,00	100,5	

ДОДАТОК В

Коди назв фірм виробників мікросхем

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
A	RFT	CP	General Instrument Corp, Harris Semiconductor, Western Digital Corp
AD	Analog Devices Inc.	CRT	Standard Microsystems Corp.
ADB	National Semiconductor Corp.	CSC	Crystal Semiconductor
ADC	National Semiconductor Corp., Datel, Burr-Brown Corp., Hy-brid Systems	CS	Cherry Semiconductor Corp.
ADD	National Semiconductor Corp.	CU	General Instrument Corp.
ADM	National Semiconductor Corp.	CX	Sony Corp.
ADS	National Semiconductor Corp.	CXA	Sony Corp.
ADX	National Semiconductor Corp.	CY	Cypress Semiconductor Corp.
AF	National Semiconductor Corp.	D	RFT, Intersil Inc., Siliconix Inc., Nippon Electric Corp.
AH	National Semiconductor Corp.	DA-AD	National Semiconductor Corp.
AM	Advanced Micro Devices, National Semiconductor Corp., Raytheon, DSI	DAC	Burr-Brown Corp., Datel, Precision Monolithics Inc., Hybrid Systems, National Semiconductor Corp., Raytheon
AMPAL	Advanced Micro Device	DAS	Datel
AN	Matsushita Electronics Corp.	DAX	National Semiconductor Corp.
ATF	Burr-Brown Corp.	DC	Digital Equipment Corp., Dionics Inc.
AY	General Instrument Corp.	DCJ	Digital Equipment Corp.
B	Fujitsu Ltd., RFT	DE	SEEQ
BA	Rohm	DEC	Digital Equipment Corp.
BT	Brooktree Corp.	DF	Siliconix Inc.
BUF	Precision Monolithics Inc.	DG	Intersil Inc., Siliconix Inc.
C	National Semiconductor Corp., Fujitsu Ltd., RFT	DGM	Siliconix Inc.
CA	RCA Corp.	DH	National Semiconductor Corp.
CCD	Fairchild Instrument & Camera Corp.	DI	Dionics Inc.
CD	RCA Corp., National Semiconductor Corp	DL	General Instrument Corp., RFT
CDA	Thomson -CSF	DM	National Semiconductor Corp., SEEQ
CDM	RCA Corp.	DMPAL	National Semiconductor Corp.
CDP	RCA Corp.	DMX	Precision Monolithics Inc.
CF	Harris Semiconductor	DN	Matsushita Electronics Corp.
CM	Solitron, Mitel	DP	National Semiconductor Corp.
CMP	Precision Monolithics Inc.	DQ	SEEQ
COM	Standard Microsystems Corp.	DS	General Instrument Corp, National Semiconductor Corp.
COP	National Semiconductor Corp.		
E	RFT, SGS-Semiconductor Corp.	FGC	Fairchild Instrument A Camera Corp.

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
ECG	Sylvania	FGE	Fairchild Instrument & Camera Corp.
EF	Thomson -CSF	FJ	Muljard Ltd., RTC
EFB	Thomson-CSF	FK	Muljard Ltd.
EFD	Thomson -CSF	FL	Siemens Aktiengesellschaft
EFF	Thomson -CSF	FLT	DSI
EFG	Thomson-CSF	FQ	SGS-Semiconductor Corp.
EFH	Thomson-CSF	FWA	Fairchild Instrument & Camera Corp.
EFM	Thomson-CSF	FX	Consumer Microcircuits Limited
EFS	Thomson -CSF	FY	Siemens Aktiengesellschaft
EFT	Thomson-CSF	FZ	Siemens Aktiengesellschaft
efy	Thomson-CSF	FZH	Valvo
EFZ	Thomson-CSF	FZJ	Valvo
EL	Elcap	FZK	Valvo
EP	Altera	FZL	Valvo
ER	General Instrument Corp.	G	Siliconix Inc., Intersil Inc.
ESG	Silicon General Inc.	GA	Mostek Corp.
ESM	Thomson-CSF	GAP	Precision Monolithics Inc.
ET	Thomson -CSF	GB	Mostek Corp.
ETC	Thomson-CSF	GD	Siemens Aktiengesellschaft
ETL	Thomson-CSF	GE	General Electric
F	Fairchild Instrument & Camera Corp., Master Logic	GEIC	General Electric
FC	Milliard Ltd.	GF	RTC
FCH	Valvo	GL	GSS
FCK	Valvo	GT	RTC
FCL	Valvo	GX	Siemens Aktiengesellschaft, Valvo
FCM	Fairchild Instrument & Camera Corp.	GZ	RTC
FCY	Valvo	GZF	Valvo
FD	RTC, Siemens Aktiengesellschaft	H	Hughes, SGS-Semiconductor Corp., Siliconix Inc., Silicon General Inc.
FDC	Fairchild Instrument & Camera Corp.	HA	Harris Semiconductor, Hitachi Ltd.
FDN	Valvo	HAB	Harris Semiconductor, RTC, Valvo
FDQ	Valvo	HAL	Monolithics Memories Inc.
FDR	Valvo	HAS	Analog Devices Inc.
FE	RTC	HBC, HBF	SGS-Semiconductor Corp.
FEJ, FEY	Valvo	HC	Harris Semiconductor, Honeywell, RCA Corp.
FF	RTC		
HCC	SGS-Semiconductor Corp.	IMS	Inmos Inc.
HCF	SGS-ATES	INS	National Semiconductor Corp.
HCMP	Hughes	IP	Intel Corp.
HD	Harris Semiconductor, Hitachi Ltd.	IR	Sharp

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
HDS	Analog Devices Inc.	IRK	Sharp
HE	Honeywell	ISP	National Semiconductor Corp.
HEF	Mullard Ltd., Philips, RTC, Valvo	ITT	ITT Semiconductors Intermetal
HI	Harris Semiconductor	IX	Intel Corp.
HLCD	Hughes	J	Mateushita Electronics Corp.
HM	Harris Semiconductor, Hitachi Ltd.	JBP	Texas Instruments Inc.
HMCS	Hitachi Ltd.	KA	Samsung
HMMP	Hughes	KB	General Instrument Corp.
HN	Hitachi Ltd.	KM	Samsung
HNVM	Hughes	KR	Standard Microsystems Corp.
HPL	Harris Semiconductor	KS	Gold Star, Samsung;
HPROM	Harris Semiconductor	L	SGS-Semiconductor Corp., Sili-conix Inc.
HRAM, HROM	Harris Semiconductor	LA	Tokyo Sanyo Electric Corp, General Instrument Corp.
HS	Harris Semiconductor, Hybrid Systems, National Semiconductor Corp.	LAS	Lambda Semiconductor
HSG	SGS-Semiconductor Corp.	LB	Tokyo Sanyo Electric Corp.
HSSR	Hughes	LC	General Instrument Corp., Tokyo Sanyo Electric Corp.
HSO	RTC	LD	Siliconix Inc.
HT	Harris Semiconductor, Honey- well	LE	Tokyo Sanyo Electric Corp., SEEQ
HX	Philips	LF, LFT	National Semiconductor Corp.
HXA	RTC	LG	General Instrument Corp.
HY	National Semiconductor Corp.	LH	National Semiconductor Corp., Raytheon, Sharp, Siliconix Inc.
IB, IC	Intel Corp.	LLM	Lambda Semiconductor
ICB,	Intersil Inc.	LM	National Semiconductor Corp., Raytheon, Tokyo Sanyo Electric Corp, SEEQ, Siliconix Inc, Sig- netics Corp.
ICL, ICM	Intersil Inc.	LMC	Lambda Semiconductor
ID	Intel Corp.	LNA	TRW LSI Products
IDM	National Semiconductor Corp.	LP	National Semiconductor Corp.
IH	Intersil Inc, National Semicon-ductor Corp.	LPD	Lambda Semiconductor
IM	Intel Corp., Intersil Inc., Na-tional Semiconductor Corp.	LQ	SEEQ
IMI	International Microcircuits Inc.	LR	Sharp
IMP	National Semiconductor Corp.	LS	SGS-Semiconductor Corp.
LT	Linear Technology Corp.	MEA	Mullard Ltd.
LTT	Lighes Telegmphiques Telefo- niques	MEB	Philips
LU	Sharp	MEM	General Instrument Corp.
LZ	Sharp	MEN	General Instrument Corp.

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
М	Mateushita Electronics Corp., Mit- subishi Electric Corp., SGS- Semiconductor Corp, Thomson - CSF	MF	National Semiconductor Corp.
MA	Mitel, Philips	MGB	MCE
MAA	ITT Semiconductors Intermetai, Tesla	MGC	MCE
MAB, MAC	Tesla	MH	National Semiconductor Corp., Mitel, Tesla
MAF	Tesla	MHA, MHC	Tesla
MAL	Thomson -CSF	MHD, MHE	Tesla
MAR	Lambda Semiconductor	MHF, MHG	Tesla
MAS	Tesla	MHW	Motorola Semiconductor Products Inc.
MAT	Precision Monolithics Inc.	MI	General Instrument Corp.
MAX	Maxim	MIC	ITT Semiconductors Intermetai
MB	Fujitsu Ltd., Intel Corp., Philips	MJ	Plessey Semiconductors Ltd.
MBA	Tesla	MJA	Tesla
MBL	Fujitsu Ltd.	MJB	Tesla
MBM	Fujitsu Ltd.	MK, MKB MKJ	Mostek Corp.
MC	Intel Corp., Motorola Semicon- ductor Products Inc., Nippon Elec- tric Corp., Unitra	ML	Master Logic, Mitel, Plessey Semiconductors Ltd.
MCA, MCB	National Semiconductor Corp., Tesla	MLA	Master Logic
MCBC	Motorola Semiconductor Products Inc.	MLM	Motorola Semiconductor Products Inc.
MCC	Motorola Semiconductor Products Inc.	MM	Intel Corp., National Semiconductor Corp.
MCCF	Motorola Semiconductor Products Inc.	MMH	Motorola Semiconductor Products Inc.
MCE	Motorola Semiconductor Products Inc., MCE	MMS	Motorola Semiconductor Products Inc.
MCM	Motorola Semiconductor Products Inc.	MN	Matsushita Electronics Corp, Micro Networks, Plessey Semiconductors Ltd.
MCX, MCY	Unitra	MP	Intel Corp., MPS, Plessey Semiconductors Ltd.
MD	Intel Corp., Mitel, Philips	MPC	Burr-Brown Corp.
MDA	Tesla	MPOP	MPS
ME	Philips		
MPREF	MPS	PCF	Mullard Ltd., Philips, Valvo
MPU	Standard Microsystems Corp.	PIC	General Instrument Corp., Uni-trodc
MPY	IMI. TRW LSI Products	PKD	Precision Monolithics Inc.
MSD	Monsanto Commercial Products	PLE	Monolithics Memories Inc.
MSL, MSM	OKI	PM	Precision Monolithics Inc.
MT	Mitel, Plessey Semiconductors Ltd.	PMB, PMJ	Texas Instruments Inc.
MUX	General Instrument Corp., Precision Monolithics Inc.	PNA	Philips, Valvo

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
MV	DSI, Plessey Semiconductors Ltd.	PMR	Lambda Semiconductor
MWS	RCA Corp.	R	Raytheon, Rockwell
MX	American Microsystems Inc., DSI, Intel Corp.	RA	General Instrument Corp.
MYA, MZH	Tesla	RC	Raytheon, Reticon, Mullard Ltd.
MZI, MZK	Tesla	REF	Precision Monolithics Inc.
N	Signetics Corp.	RL	Raytheon, Reticon
NC	General Instrument Corp., Nitron	RM	Raytheon
NCR	NCR Microelectronics	RO	General Instrument Corp., Reticon
NE	Signetics Corp.	RPT	Precision Monolithics Inc.
NH	National Semiconductor Corp.	RV	Raytheon
NJ	Plessey Semiconductors Ltd.	R6	Reticon
NMC	National Semiconductor Corp.	R6	Hybrid Systems
NMH	National Semiconductor Corp.	S	American Microsystems Inc, Signetics Corp., Siliconix Inc., Siemens Aktiengesellschaft
NOM	Plessey Semiconductors Ltd.	SA	Signetics Corp.
NS	Nitron	SAA	Mullard Ltd., RTC, Philips, Valvo, ITT Semiconductors Intermetal
NSC, NSL	National Semiconductor Corp.	SAB	Philips, RTC, Telefunken Electronic GMBH
OP	Precision Monolithics Inc.	SAD	Reticon
OPA	Burr-Brown Corp.	SAF	Philips, RTC, Valvo
PA	RCA Corp.	SAH	Muliard Ltd.
PAL	Monolithics Memories Inc., Na- tional Semiconductor Corp., Ad- vanced Micro Devices	SAJ	ITT Semiconductors Intermetal, Siemens Aktiengesellschaft, Valvo
PC	General Instrument Corp.	SAK	ITT Semiconductors Intermetal, Valvo
PCA, PCC	Philips, Valvo	SAM	Reticon
PCB, PCD	Mullard Ltd., Philips, Valvo	SAS	Telefunken Electronic GMBH, OKI, Siemens Aktiengesell-schaft
PCE	Philips, Valvo	SAY	ITT Semiconductors Intermetal
SBB	Philips, Valvo	SBA	General Instrument Corp.
SBP	Texas Instruments Inc.	SNN, SNS	Texas Instruments Inc.
SC	Nitron	SNT	Texas Instruments Inc.
SCB, SCC	Signetics Corp.	SP	American Microsystems Inc., Ples- sey Semiconductors Ltd., Philips
SCL, SCM	Sprague Solid State	SPB	General Instrument Corp.
SCN	Signetics Corp.	SPR	General Instrument Corp.
SCX	National Semiconductor Corp.	SR	Standard Microsystems Corp.
SD	National Semiconductor Corp., Signetics Corp.	SRM	SUWA
SDA	Siemens Aktiengesellschaft, Phil- ips, Thomson -CSF	SS	General Instrument Corp., Sprague Solid State
SE	Signetics Corp.	SSI	SSI
SF, SFC, SFF	Thomson -CSF	SSS	Precision Monolithics Inc.
SG	Silicon General Inc.	STK	Tokyo Sanyo Electric Corp.
SH	Fairchild Instrument &	STL	ITT Semiconductors Intermetal
		SU	Signetics Corp.

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
	Camera Corp.		
SHC	Burr-Brown Corp.	SVM	SUWA
SHM	DSI	SW	Precision Monolithics Inc.
SI	Siliconix Inc.	SY, SYE	Synertek
SID	RCA Corp.	SYM, SYX	Synertek
SL	General Instrument Corp., National Semiconductor Corp., Plessey Semiconductors Ltd.	T	SGS-Semiconductor Corp., Toshiba Corp, Digital Equipment Corp.
SLE	Siemens Aktiengesellschaft	TA	RCA Corp., Toshiba Corp.
SM	National Semiconductor Corp., Sprague Solid State	TAA	ITT Semiconductors Intermetal, Siemens Aktiengesellschaft, SGS- Semiconductor Corp., Telefunken Electronic GMBH, Philips, Mullard Ltd, Valvo, Silicon Gen- eral Inc., Signetics Corp.
SMB	Texas Instruments Inc.	TAB	Mullard Ltd., Philips
SMM	SUWA, Toshiba Corp.	TAC	Texas Instruments Inc.
SMP	Precision Monolithics Inc.	TAD	Mullard Ltd., Reticon
SN	Texas Instruments Inc., Mono- lithics Memories Inc.	TAE	Siemens Aktiengesellschaft
SNA, SNB	Texas Instruments Inc.	TAF	Siemens Aktiengesellschaft
SNC	Texas Instruments Inc.	TAL, TAT	Texas Instruments Inc.
SND	Sprague Solid State	TBA	ITT Semiconductors Intermetal, RTC, Milliard Ltd., SGS- Semiconductor Corp, Siemens Ak- tiengesellschaft, Philips, Tele- funken Electronic GMBH, Valvo, Signetics Corp.
SNH, SNJ	Texas Instruments Inc.		
TBB	Siemens Aktiengesellschaft	TLC	Texas Instruments Inc.
TBC	Siemens Aktiengesellschaft	TLE	Siemens Aktiengesellschaft
TBE	Siemens Aktiengesellschaft	TM	Toshiba Corp., Telmos
TBP	Texas Instruments Inc.	TMC	Transitron, TRW LSI Products
TC	Toshiba Corp.	TMD	Telmos
TCA	ITT Semiconductors Intermetal, Siemens Aktiengesellschaft, Valvo, SGS-Semiconductor Corp, Philips, RTC, Thomson -CSF, Telefunken Electronic GMBH, Signetics Corp, Silicon General Inc.	TMF, TML	Telmos
TCD	Toshiba Corp.	TMM, TMP	Toshiba Corp.
TCP	Toshiba Corp.	TMS	Texas Instruments Inc.
TD	Toshiba Corp., Thomson -CSF	TMZ	TRW LSI Products
TDA	ITT Semiconductors Intermetal, RTC, SGS-Semiconductor Corp, Philips, Siemens Aktiengesell- schaft, Telefunken Electronic GMBH, Thomson-CSF, Valvo, Signetics Corp., Silicon General Inc.	TNF, TOA	Transitron
TDB	Philips, RTC, Siemens Aktienge-	TP	National Semiconductor Corp.,

Буквене позначення	Фірма	Буквене позначення	Фірма
	sellschaft, Thomson-CSF, Valvo		Telcodyne
TDC	TRW LSI Products, Siemens Aktiengesellschaft, Thomson-CSF	TQ	TQSI
TDE	Thomson-CSF, RTC	TR	Western Digital Corp.
TDF	Thomson-CSF	TRC	Transitron
TDP	Toshiba Corp.	TS	Telefunken Electronic GMBH
TDS	TRW LSI Products	TSC	Teledyne
TE	Thomson-CSF	TSR	Transitron
TEA	TRC, Philips, Valvo, Mullard Ltd., Thomson-CSF	TT	DSI
TEB	Thomson-CSF	TUA	Siemens Aktiengesellschaft
TEC	Thomson-CSF	TVR	Transitron
TEE	Thomson-CSF	U	Telefunken Electronic GMBH, General Instrument Corp., RFT
TFA	Siemens Aktiengesellschaft	UA	General Instrument Corp.
TFF	Transitron	UAA	Telefunken Electronic GMBH, Thomson-CSF, Valvo, Siemens Aktiengesellschaft
TG	Transitron	UAB	Thomson-CSF
TIFPLA	Texas Instruments Inc.	UAC	Thomson-CSF
TIL	Texas Instruments Inc.	UC	Unitra, Unitrode, Solitron
TIBPAL	Texas Instruments Inc.	UCN, UCP	Sprague Electric Corp.
TL	Texas Instruments Inc., Telefunken Electronic GMBH	UCQ, UCS	Sprague Electric Corp.
		UCX	Unitra
		UDN, UDP	Sprague Electric Corp.
UDS	Sprague Electric Corp.	Z	SGS-Semiconductor Corp., Ziiog
UGN	Sprague Electric Corp.	ZLD	Ferranti
UHN	Sprague Electric Corp.	ZN	Ferranti
UL	American Microsystems Inc., Unitra	ZNA	Ferranti
ULN	Sprague Electric Corp.	ZNREF	Ferranti
ULS	Sprague Electric Corp.	ZSS	Ferranti
UTN	Sprague Electric Corp.	ZST	Ferranti
VC	VLSI Technology	ZX	Zytrex
VF	VLSI Technology, DSI	ZXCAL	Zytrex
VFC	Burr-Brown Corp.	mA	Fairchild Instrument & Camera Corp.
VH	VLSI Technology	mAF	Fairchild Instrument & Camera Corp.
VI	DSI	mPA	Nippon Electric Corp.
VL	VLSI Technology	mPB	Nippon Electric Corp.
VN	Siliconix Inc.	mPC	Nippon Electric Corp.
VR	DSI	mPD	Nippon Electric Corp.
VS	VLSI Technology	9N	Fairchild Instrument & Corp.
VT	VLSI Technology	10G	Gigabit Logic Inc.
VU	VLSI Technology	11G	Gigabit Logic Inc.
W	Siliconix Inc., Intel Corp.	12G	Gigabit Logic Inc.
WD	Western Digital Corp.	16G	Gigabit Logic Inc.
X	Xicor	90G	Gigabit Logic Inc.
XR	Exar Integrated Systems Inc.		

Навчальне видання

БОЙКО Віталій Іванович
ВОВНА Олександр Володимирович
ЗОРИ Анатолій Анатолійович
ПОРЄВ Володимир Андрійович

**ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ
(вступ до фаху)**

Навчальний посібник

Редагування, коректура *Р.І. Соломічев*
Дизайн обкладинки *О.С. Юров*

Підп. до друку . . . 2013. Формат 60×84 1/16.
Папір офсетний. Друку різнографія.
Ум. друк. арк. 13,2. Обл. вид. арк. 9,2.
Тираж 300 прим. Замовлення №

Видавець та виготовлювач:
Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»
Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58. Тел.: (062) 301–08–67; (062) 301–09–67

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи: серія ДК № 2982 від
21.09.2007.