

Міністерство освіти і науки України  
Кіровоградський національний технічний університет  
Кафедра «Металорізальні верстати та системи»

## **ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

#### **до виконання лабораторних робіт**

з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу  
для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування»,  
спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування"

Затверджено на засіданні кафедри  
«Металорізальні верстати та системи»  
Протокол № 2 від 31.08.2016 р.

Кропивницький

2016

**Теорія технічних систем.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування», спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування" /Укл.: М.О. Ковришкін, О.В. Лисенко, О.В. Шелепко – Кропивницький: КНТУ, 2016. – 64 с.

Укладач: Ковришкін М.О. – канд.техн.наук, доцент

Лисенко О.В. – канд.техн.наук, доцент

Шелепко О.В. – асистент

Рецензент: Гречка А.І. – канд. техн. наук, доцент

© Кіровоградський національний технічний університет

© Ковришкін М.О., Лисенко О.В., Шелепко О.В

## ВСТУП

Курс «Теорія технічних систем» для студентів денної форми навчання включає цикл лекцій і лабораторних занять та самостійну роботу. Він спрямований на підвищення кваліфікації майбутнього інженера як новатора, творця і винахідника, котрий повинен в найкоротший термін впровадити нові технічні ідеї у виробництво.

Курс «Теорія технічних систем» є базовим для формування у спеціаліста творчого потенціалу, необхідного для самостійної постановки нових інженерних завдань, рішення задач пошуку нових конструкторсько-технологічних рішень, які в кінцевому рахунку забезпечують підвищення якості продукції, досягнення світового рівня створених об'єктів, всебічну інтенсифікацію і економію ресурсів.

Курс «Теорія технічних систем» складається з лекцій, лабораторних робіт та самостійної роботи студента.

Лабораторний курс передбачає виконання трьох лабораторних робіт до рубіжного контролю № 1 та трьох лабораторних робіт до рубіжного контролю № 2. Звіти з лабораторних робіт захищаються студентом у формі тесту. Тест з виконаної лабораторної роботи складається з 5 запитань, які формуються з тих, що вказані у відповідній лабораторній роботі. Порядок проведення тесту та заповнення тестового листа наведено в додатку А.

Критерії оцінювання тестових запитань в тесті з лабораторної роботи:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

Критерії оцінювання лабораторної роботи (ЛР):

- Невиконана лабораторна робота – 0 балів;
- Виконана, але незахищена лабораторна робота – 2 бала;

- Виконана лабораторна робота на захисті якої студент дав 3 вірні відповіді – 5 балів;
- Виконана лабораторна робота на захисті якої студент дав 4 вірні відповіді – 6 балів;
- Виконана лабораторна робота на захисті якої студент дав 5 вірних відповідей – 7 балів;

Загальна сума балів (ЗСБ), яку студент може набрати протягом вивчення лабораторних робіт з курсу – 42 (рубіжний контроль № 1 – 21 балів, рубіжний контроль № 2 – 21 балів). Оцінки в балах по рубіжним контролям вказані в табл.1, а по курсу в цілому в табл.2.

Таблиця 1

Оцінювання знань під час виконання лабораторних робіт  
до рубіжного контролю № 1 та № 2

Показники	Оцінка в балах					
	Зараховано					Не зараховано
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
ЛР	<b>21...19</b>	<b>18...17</b>	<b>16</b>	<b>15...14</b>	<b>13</b>	<b>12...0</b>

При однаковій кількості балів за 100 бальною шкалою більш висока оцінка відповідно до шкали ECTS ставиться студенту, який виконав звіт з лабораторної роботи на ЕОМ.

Студент вважається атестованим з лабораторних робіт з відповідного рубіжного контролю, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.1 в стовбцях «зараховано».

Студент вважається не атестованим з лабораторних робіт з відповідного рубіжного контролю, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.1 в стовбці «не зараховано».

Таблиця 2

## Оцінювання знань під час виконання лабораторних робіт з курсу

Показники	Оцінка в балах					
	Зараховано					Не зараховано
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
ЗСБ	<b>42...38</b>	<b>37...35</b>	<b>34...32</b>	<b>31...29</b>	<b>28...26</b>	<b>25...0</b>

Студент вважається атестованим з лабораторних робіт з курсу, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.2 в стовбцях «зараховано».

Студент вважається не атестованим з лабораторних робіт з курсу, якщо він набрав кількість балів, що відповідає вказаній в табл.2 в стовбці «не зараховано».

У випадку не атестації з лабораторних робіт з рубіжного контролю, відповідний тест виноситься на заліковий тиждень.

До заліку допускаються тільки ті студенти, які атестовані з виконання лабораторних робіт з курсу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**Тема: «Методика прогнозування розвитку технічних систем»**

**Мета роботи:** ознайомитись з методикою прогнозування розвитку технічних систем та їх вдосконаленням.

### *1. Теоретичні відомості*

**Система** – це сукупність, яка створена і упорядкована за певними правилами з скінченої множини елементів. Сукупність значень властивостей системи в зазначений момент часу називають **станом системи**.

**Технічна система (ТС)** в загальному випадку є виготовленою системою, що складається з сукупності елементів і відношень (зв'язків), які утворюють цілісну структуру об'єкту.

**Прогнозування** – найскладніший вид робіт щодо удосконалення технічних систем. Під час проведення прогнозу передбачені наступні кроки:

1. Виявлення і фіксація незрозумілостей, проблем, задач, в тому числі у вигляді сформованих протиріч або неактуальних, нерозв'язаних.

2. Кожну виявлену задачу треба загострити і спробувати вирішити. Знайдене рішення фіксується, розглядається можливість одержати від нього надефекту, знаходяться шляхи його використання.

3. Виявлення ефективних результатів під час виконання завершального етапу прогнозування.

Робота виконується в наступні чотири етапи.

#### **Етап 1. Попередній прогноз (експрес-прогноз).**

1.1. Ознайомитись з базовою технічною системою (БТС) по технічній літературі, інструкціям, в натурі, вивчити будову і принцип роботи, історію розвитку, аналогічні технічні системи.

1.2. Виявити моделі, які описують базову технічну систему, наприклад,

за допомогою механічних аналогій. Виявити і сформуванати технічні та фізичні протиріччя, характерні для сучасних базових технічних систем.

1.3. Провести побудову моделей.

1.4. Розглянути надсистеми базової технічної системи, їх вплив на розвиток самої базової технічної системи.

1.5. Розглянути розвиток базової технічної системи по основним лініям дії законів розвитку технічних систем. Навести результати попереднього прогнозу; сформулювати можливі напрямки дальшого розвитку, перспективні технічні рішення.

## **Етап 2. Підготовка до поглибленого аналізу.**

2.1. Визначити кінцеву мету роботи і сформуванати робочий план прогнозу.

2.2. Провести аналіз базової технічної системи: побудувати структурні, функціональні, технологічні і діагностичні таблиці.

2.3. Проаналізувати тенденції розвитку надсистем, фактори, які стимулюють і гальмують розвиток базової технічної системи, ступінь впливу їх на базову технічну систему, обмеження, які накладаються надсистемами на базову технічну систему, шкідливі і корисні системні властивості (в тому числі надефекти), що виникають під час роботи базової технічної системи в складі різних надсистем.

2.4. Серед факторів, що впливають на розвиток базової технічної системи, потрібно розглянути розвиток потреби в базовій технічній системі, технологію виробництва, розвиток інших систем, пов'язаних або конкуруючих з базовою технічною системою та діючих на інших принципах.

2.5. Розглянути розвиток антисистем, тобто систем протилежного призначення.

## **Етап 3. Прогнозування за законами розвитку технічних систем.**

3.1. Визначити, на якій стадії розвитку по кожній з ліній еволюції знаходиться базова технічна система в цілому, а також її підсистеми. Виявити

основні проблеми, задачі даної стадії розвитку технічної системи.

3.2. Розглянути можливість виконання чергових кроків по кожній з ліній. Виявити труднощі, проблеми, задачі, протиріччя, які виникають.

3.3. Виявити можливі помилки в розвитку технічної системи.

3.4. Виявити можливі негативні моменти в розвитку технічної системи.

#### **Етап 4. Завершення прогнозування.**

4.1. Проаналізувати всі виявлені в процесі роботи задачі, побудувати ієрархію задач. Знайти можливість згортання системи, виявити ключові задачі для вдосконалення технічної системи.

4.2. Спробувати вирішити виявлені на попередньому кроці ключові задачі. Виявити можливі надефекти від одержаних рішень, розглянути можливості їх використання.

4.3. Звести одержані на різних кроках прогнозування ідеї і рішення в блоки. Виявити протиріччя між блоками і спробувати їх розв'язати.

4.4. Виписати всі задачі, рішення яких неможливе на сучасному стані і рівні техніки та технології в Україні. Розглянути, як змінюються ці блоки, якщо ці обмеження будуть зняті.

4.5. Скласти звіт про майбутній розвиток базової технічної системи.

### ***2. Зміст звіту про роботу***

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.
2. Записати основні теоретичні відомості.
3. Виконати прогнозування розвитку заданої технічної системи.
4. Зробити висновки.

### ***3. Завдання для виконання***

Виконати прогнозування розвитку технічної системи згідно зі своїм варіантом за методикою, наведеною у пункті 1.

У підсумку аналізу скласти звіт про майбутній розвиток базової технічної системи.

Варіанти базових технічних систем наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Варіанти базових технічних систем

<b>№ варіант</b>	<b>Технічна система</b>	<b>№ варіанту</b>	<b>Технічна система</b>
1	Токарний верстат	16	Токарний різець
2	Свердлильний верстат	17	Циліндрична фреза
3	Розточувальний верстат	18	Торцева фреза
4	Шліфувальний верстат	19	Свердло
5	Заточувальний верстат	20	Зенкер
6	Доводочний верстат	21	Розгортка
7	Електрофізичний верстат	22	Метчик
8	Електрохімічний верстат	23	Плашка
9	Зубообробний верстат	24	Шліфувальний круг
10	Різьбонарізний верстат	25	Протяжка
11	Фрезерний верстат	26	Довбач
12	Строгальний верстат	27	Черв'ячна фреза
13	Довбальний верстат	28	Пасова передача
14	Протяжний верстат	29	Зубчасте зачеплення
15	Розрізний верстат	30	Накатний інструмент

#### ***4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування***

1. Які кроки передбачені під час проведення прогнозування розвитку технічної системи?
2. Що являє собою експрес-прогноз?
3. Скільки існує етапів прогнозування розвитку технічної системи?
4. Що таке надсистеми, як вони впливають на розвиток технічних систем?
5. Наведіть визначення системи.
6. Наведіть визначення технічної системи.
7. Що називають оточенням системи?
8. Що називають властивістю?
9. Які бувають види зв'язків з навколишнім середовищем?
10. Назвіть основну характеристику початкового розвитку технічної системи.
11. Назвіть основну характеристику розвитку технічної системи.
12. Назвіть основну характеристику стиглості технічної системи.
13. Назвіть основну характеристику старості технічної системи.
14. Назвіть основну характеристику деградації технічної системи.
15. Які Ви знаєте закони розвитку технічної системи?

#### ***5. Використана література***

1. Бондаренко А.А. Теория технических систем: Учебное пособие.– Днепропетровск: Национальный горный университет, 2004.– 103 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
3. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.: «ГНОЗИС», 1998.– 80 с.
4. Хубка В. Теория технических систем.– М: Мир, 1987.– 208 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

**Тема: «Метод морфологічного аналізу, його особливості»**

**Мета роботи:** ознайомитись з методом морфологічного аналізу, застосування методу для створення та вдосконалення технічних систем.

### *1. Теоретичні відомості*

В зв'язку з необхідністю проектування систем розрізняють три характерні типи задач: аналізу, синтезу та вимірювання.

В умовах **задачі аналізу технічної системи** задана структура технічної системи, а визначити необхідно функціонування системи.

В умовах **задачі синтезу технічної системи** заданий характер функціонування та інші вимоги до технічної системи, а визначити необхідно структуру, яка задовольняє поставленим вимогам.

В умовах **задачі вимірювання технічної системи** задані параметри та характер функціонування технічної системи, а визначити необхідно вхідні параметри.

Також можливою є і задача **«чорного ящика»**, в умовах якої задана система, структура якої є невідомою або частково відомою, необхідно визначити її функціонування і, можливо, структуру.

Потужним методом аналізу технічної системи є метод морфологічного аналізу.

**Метод морфологічного аналізу (МА)** був розроблений у 1942 році швейцарським астрономом Ф. Цвіккі, який був залучений однієї з американських компаній до участі в ракетних дослідженнях. Застосовуючи свій метод Ф. Цвіккі передбачив створення ракет-снарядів ФАУ-1 та ФАУ-2.

**Метод морфологічного аналізу** спрямований на послідовний перебір усіх можливих варіантів рішень та являє собою яскравий приклад системного

підходу до рішення творчих задач.

**Ціль методу морфологічного аналізу** – системно досліджувати всі ймовірні варіанти рішення задач, що впливають із закономірностей будови (морфології) вдосконалюваного об'єкта, і тим самим врахувати, крім відомих, незвичайні варіанти, що під час простого перебору могли бути пропущені.

**Ідея методу морфологічного аналізу** – потрапити в зону рішень, далеку від зони рішень очевидних.

**Сутність методу морфологічного аналізу** полягає у тому, що у вдосконалюваній технічній системі виділяють декілька характерних для неї структурних, морфологічних ознак, по кожній з яких складають список різних конкретних варіантів (альтернатив) технічного вираження використання цих ознак. Кожна ознака може характеризувати певний конструктивний вузол (елемент структури) системи, якусь її функцію (або зв'язок між елементами), якийсь режим роботи (або стан) системи, якусь форму взаємодії вузлів (елементів), тобто параметри або характеристики системи, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети. Ознаки з їх альтернативами можна розташовувати у формі таблиці, яка називається морфологічною шухлядою (матрицею, картою або таблицею), що дозволяє краще представити пошукове поле.

**Переваги методу морфологічного аналізу** – його багато варіантність. Внаслідок того, що метод заснований на використанні морфології об'єктів, він дозволяє організувати простір змін об'єкта (морфологічна шухляда) і систематично його аналізувати. При цьому, на відміну від простого перебору, виключається пропуск будь-яких варіантів, що дозволяє перебороти інерцію мислення фахівців, знайти оригінальні рішення на неозорій в змісті повного перебору безлічі варіантів (поле).

До недоліків методу слід віднести те, що поряд з реально можливими комбінаціями варіантів характеристик (або ознак) морфологічна матриця містить велику кількість несумісних варіантів. Поки ще не розроблений апарат

вибору припустимих рішень з великої кількості можливих варіантів. На сьогодні для вирішення цієї задачі пробують використовувати комп'ютер. Коли буде знайдений дійсно практичний і універсальний метод оцінки ефективності застосування того або іншого варіанту, можна буде, виходячи тільки з теоретичних міркувань обирати оптимальну комбінацію елементів для кожної спроектованої технічної системи. Таким чином, процес винаходу по суті можна було б замінити безпосереднім аналізом альтернативних варіантів. Найчастіше виявляється, що робочі характеристики технічної системи, в основу будови якої покладені невідомі раніше комбінації елементів (ознак), є більш-менш невизначеними, що залежить від ступеня відходу від існуючого рівня рішення техніки.

**Галузь застосування методу** – вирішення технічних задач, що відносяться до об'єкта в цілому, за наявності повної інформації про об'єкт, і що полягають в удосконаленні об'єкта. Застосування методу вимагає методичної роботи і логічного мислення. Найбільш доцільна галузь застосування методу морфологічного аналізу – вирішення конструкторських задач загального плану (проекування верстатів, вузлів і механізмів, пошук технологічних принципів, компонувань, схем, способів формоутворення, тощо). Метод можна застосовувати під час прогнозування розвитку технічної системи, в процесі визначення можливості патентування в тому або іншому абстрактному виді комбінацій основних параметрів з метою «заблокувати» можливі майбутні винаходи.

#### **Морфологічний аналіз реалізується у 5 послідовних етапів:**

1) точне формулювання задачі (проблеми), що відображає основну вимогу до об'єкта,

2) поділ об'єкта на функціональні елементи (ознаки) зі складанням списку всіх морфологічних ознак і вимог до них, тобто усіх важливих характеристик об'єкта, його параметрів, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети;

3) незалежний розгляд всіх елементів (ознак) і вибір для кожного рівних варіантів реалізації, тобто складання можливих варіантів по кожній характеристиці незалежно з побудовою морфологічної моделі (таблиці, шухляди, матриці);

4) аналіз (з визначенням цінності) виникаючих з матриці всіх отриманих варіантів рішень, тобто синтез варіантів об'єкта;

5) вибір найбільш раціональних варіантів конкретних рішень, тобто вибір кращих по єднань за заданим критерієм.

**Особливості виконання кожного етапу методу морфологічного аналізу.**

### **1 етап – формулювання задачі.**

Зазвичай первинне формулювання задані не містить прямої вказівки на необхідність вести конструктивний пошук її компонування. Буквальне значення задачі буває сховано за багатослівністю її викладення або за невдало обраною термінологією. Метод морфологічного аналізу вимагає точного її формулювання. Однак цю вимогу нелегко виконати.

Під час аналізу первинного формулювання задачі з'ясовують, що повинно бути вдосконалено, допрацьовано, тощо: спосіб або пристрій. Далі необхідно виключити спеціальну термінологію, замінити назви елементів об'єкта термінами, що відбивають функціональне призначення. Потім варто розглянути вимоги, що висувуються до результату рішення задач і, виділити з них головні (головне) та пов'язати його з тими елементами об'єкта, що повинні забезпечувати його виконання. Нарешті, уточнюють формулювання задачі.

### **2 етап-події об'єкта на морфологічні ознаки.**

Точне формулювання задачі дозволяє виділити коло характеристик об'єкта (структурних елементів, зв'язків і ознак), від яких в основному залежить виконання заданих вимог. У загальному випадку як морфологічні ознаки можуть бути обрані:

а) функціонально важливі елементи (деталі, вузли, прилади, тощо);

б) взаємний зв'язок між елементами;

в) взаємне розташування елементів.

Необхідність виділення функціонально важливих елементів викликана прагненням не створювати в морфологічній шухляді великого обсягу несуттєвої інформації, що ускладнює вибір корисної. Наприклад, в процесі виконання варіантів конструкцій обертового різця можна варіювати такими морфологічними ознаками: різальна частина (вид, виконання і розташування осі), опори (виконання, розташування), корпус (виконання, розташування), привід обертання різальної частини. Під час пошуку варіантів конструктивних схем варіюють елементами структури і зв'язками між ними.

Під час пошуку варіантів методів обробки (способів формоутворення) варіюють трьома основними морфологічними ознаками: оброблюване середовище – заготовка (мета впливу на заготовку, вид і кількість, рухи, стани), оброблювальне середовище – різальний інструмент (фізичний стан, тип, кількість різальних кромки, рухи), взаємодія між заготовкою та інструментом (фізико-хімічний ефект процесу перетворення, вид енергії ефекту, характер підведення і розподілу енергії, характер дії енергії в часі, фізичний стан робочого середовища).

### **3 етап - складання морфологічної матриці.**

Основна вимога до цього етапу – неприпустимість критичної оцінки у відношенні сформульованих варіантів характеристик об'єкта. Таку критичну оцінку здійснюють стосовно до одного або декількох варіантів об'єкта в цілому. При цьому не враховують взаємозв'язок його з деякими варіантами інших характеристик. Щоб підвищити імовірність включення в морфологічну шухляду нових, оригінальних варіантів об'єкта, необхідно включати інформацію, що відноситься не тільки до даного об'єкта або класу об'єктів. Тут ефективним є функціональний підхід, що дозволяє залучати інформацію з інших областей техніки. При цьому варто керуватись наступним. Спочатку складають загальний список варіантів розглянутої характеристики. Потім

здійснюють групування за принципом близькості властивостей. З кожної групи близьких варіантів виділяють найбільш важливі. Скорочений список включають у морфологічну матрицю. Ця процедура скорочує несуттєву інформацію.

Під час формулювання варіантів варіювання здійснюють по наступних ознаках: геометрична форма, матеріал, особливості конструктивного виконання, характер взаємодії, тощо. У залежності від постановки задачі склад ознак змінюється. У деяких випадках ознаки матеріалу виключають. Для одержання варіантів ознак ефективним є використання евристичних прийомів.

#### **4 етап – синтез варіантів об'єкта.**

Після заповнення морфологічної матриці переходять до синтезу варіантів. Кількість варіантів може обчислюватися астрономічними цифрами, тому що кожна з  $n$  характеристик має визначену кількість  $K_i$  різних варіантів. Сукупність варіантів морфологічної матриці дає можливість визначити повне число рішень:

$$N = \prod_{i=1}^n K_i . \quad (2.1)$$

З урахуванням великої кількості варіантів безсистемний їх перебір неприйнятний. Під час виконання 4-го етапу варто керуватися списком технічних вимог, що містяться в технічному завданні і відкориговані з урахуванням сформульованої задачі.

Оскільки доводиться оперувати декількома характеристиками з великою кількістю варіантів (10 і більше), то однозначних правил вибору немає, найчастіше – інтуїтивний вибір. Кожен варіант рішення є сукупність (поєднання) одиничних варіантів усіх характеристик. Синтез варіанта рішення здійснюють, починаючи з вибору варіантів основних елементів, починаючи з

більш істотних ознак. Потім вибирають інші характеристики. Технічні вимоги роздільно або в поєднанні один з одним повинні задовольнятися підмножиною синтезованих варіантів у цілому. Кількість варіантів обмежують, виходячи з можливості опрацювання їх у прийнятний час.

Відомі три основних напрямки рішення задач синтезу:

- 1) *традиційний* (повний перебір варіантів, дискретний синтез);
- 2) *сучасний* (неповний перебір),
- 3) *перспективний* (неповний перебір, заснований на нових принципах).

#### **5 етап – вибір раціональних варіантів.**

Цей етап призначений для скорочення варіантів рішень (вибору з усіх 2-3 рішень) для детального конструктивного опрацювання. Можна рекомендувати наступний порядок вибору кращих рішень:

- 1) здійснити ранжирування вимог по значимості;
- 2) здійснити ранжирування варіантів рішення з урахуванням кількості здійснених вимог та їх значимості;
- 3) використовуючи експертні оцінки або інший метод неформальних процедур, вибрати 2-3 найбільш прийнятних варіанти.

#### **Приклад реалізації методу морфологічного аналізу.**

1. Задача: запропонувати варіанти виконання швидкохідних підшипників і вибрати краще рішення по швидкохідності з урахуванням сприйняття радіального навантаження.

2. Визначення основних ознак наведено на рис.2.1, де:

- 1 – зовнішнє кільце  $K_n$ ;
- 2 – проміжнє середовище  $C$ ;
- 3 – внутрішнє кільце  $K_e$ ;
- 4 – допоміжні елементи  $E_o$ ;
- 5 – сприйняття навантаження  $H$ .

3. Складання морфологічної матриці (шухляди) наведено у табл.2.1.

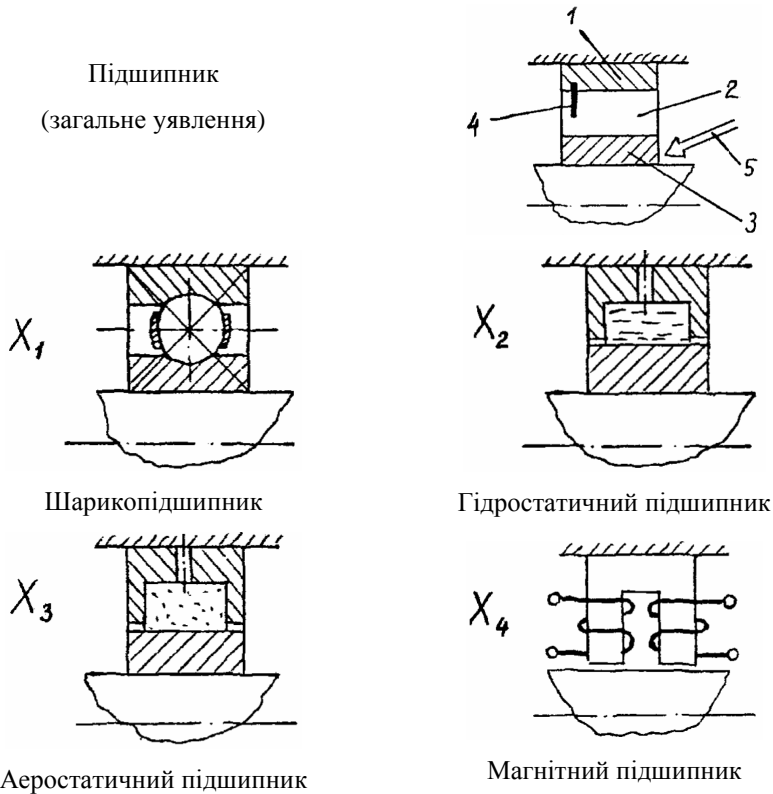


Рис.2.1 – Відомі конструктивні виконання технічної системи «Підшипник»

Повний перебір – загальна кількість варіантів:

$$N = 4 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3 = 1344 \text{ варіанти.} \quad (2.2)$$

Загальна кількість можливих варіантів виконання технічної системи «Підшипник» складає 1344.

## Морфологічна матриця технічної системи «Підшипник»

1. Зовнішнє кільце $K_n$	2. Проміжне середовище $C$	3. Внутрішнє кільце $K_g$	4. Допоміжні елементи $E_d$	5. Сприйняття навантаження $H$
1.1. Циліндр	2.1. Кульки	3.1. Циліндр	4.1. Сепаратор	5.1. Радіальне
1.2. Конічне всередині	2.2. Ролики циліндричні	3.2. Конічне зовні	4.2. Сепаратор і замкнене кільце	5.2. Осьове
1.3. Сферичне всередині	2.3. Ролики конічні	3.3. Конічне всередині	4.3. Сепаратор і два замкнених кільця	5.3. Радіальне і осьове
1.4. Немає	2.4. Мастило	3.4. Немає	4.4. Немає	
	2.5. Повітря			
	2.6. Магнітне поле			
	2.7. Немає			

Французька фірма "Сосьє де механік магнетик" виготовила магнітний підшипник вартістю 100 тис. \$ та  $n = 800$  тис. хв.<sup>-1</sup>. За іронією долі одною з перших застосувала магнітні підшипники (муфти) японська фірма „Сейко" у верстатах для виробництва шарикопідшипників.

Таким чином:

$$X_1 \rightarrow 1.1 - 2.1 - 3.1 - 4.1 - 5.1 - \text{шарикопідшипник } (5 \dots 10) \cdot 10^3 \text{ хв.}^{-1}$$

$$X_2 \rightarrow 1.1 - \underline{2.4} - 3.1 - \underline{4.4} - 5.1 - \text{гідростатичний підшипник } (10 \dots 15) \cdot 10^3 \text{ хв.}^{-1}$$

$$X_3 \rightarrow 1.1 - \underline{2.5} - 3.1 - 4.4 - 5.1 - \text{аеростатичний підшипник } (50 \dots 100) \cdot 10^3 \text{ хв.}^{-1}$$

$$X_4 \rightarrow 1.1 - \underline{2.6} - \underline{3.4} - 4.4 - 5.1 - \text{магнітний підшипник } 800 \cdot 10^3 \text{ хв.}^{-1}$$

## 2. Зміст звіту про роботу

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.

2. Записати основні теоретичні відомості.
3. Скласти та проаналізувати морфологічну матрицю заданої технічної системи.
4. Зробити висновки.

### **3. Завдання для виконання**

Розглянути існуючі конструктивні рішення інструменту [див.табл.2.2].

Визначити їх основні конструктивні ознаки.

Скласти морфологічну матрицю.

Розрахувати загальну кількість варіантів повного перебору.

Синтезувати та навести приклади декількох нових варіантів конструктивних рішень інструменту: один з реально можливою комбінацією ознак, інший – з несумісною комбінацією ознак (якщо такі відсутні – вказати на це).

Таблиця 2.2

Варіанти технічних систем

<b>№ варіанту</b>	<b>Тип обробки</b>	<b>Технічна система «Інструмент»</b>
1	2	3
1	Лезвійна	Різці для зовнішніх поверхонь
2	Лезвійна	Різці для внутрішніх поверхонь
3	Лезвійна	Свердла
4	Лезвійна	Зенкери
5	Лезвійна	Зенківки
6	Лезвійна	Розгортки
7	Лезвійна	Фрези

1	2	3
8	Лезвійна	Мітчики
9	Лезвійна	Плашки
10	Лезвійна	Протяжки
11	Лезвійна	Довбачі
12	Лезвійна	Чер'ячні фрези
13	Пружно-деформуючого	Розкатники
14	Пружно-деформуючого	Обкатники
15	Шліфування	Шліфувальні круги

#### ***4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування***

1. Для чого призначений метод морфологічного аналізу?
2. Яка мета методу морфологічного аналізу?
3. В чому полягає сутність методу морфологічного аналізу?
4. Галузь застосування методу морфологічного аналізу?
5. З яких етапів складається метод морфологічного аналізу?
6. Що таке морфологічна матриця?
7. В чому полягає перевага методу морфологічного аналізу?
8. В чому полягають недоліки методу морфологічного аналізу?

#### ***5. Використана література***

1. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.:«ГНОЗИС», 1998.– 80 с.
3. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ системы. Построение морфологических матриц.– К.:Наукова думка, 1977.– 183 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### Тема: «Вибір кращого варіанту методом розстановки пріоритетів»

**Мета роботи:** набути навичок вибору кращого варіанту технічної системи методом розстановки пріоритетів.

#### 1. Теоретичні відомості

Одним з ефективних методів якісної оцінки варіантів у вигляді експертних оцінок, є метод розстановки пріоритетів, відомий як "задача про лідера", який слугує для багатокритеріального, якісного аналізу на основі експертизи варіантів побудови технічних систем. Метод передбачає попарне порівняння двох варіантів за принципом:

- перший "краще" ( $>$ ) другого;
- перший "гірше" ( $<$ ) другого;
- перший "дорівнює" ( $=$ ) другому;

та спеціальний алгоритм обробки отриманих даних.

Розглянемо математичну постановку задачі. Для цього представимо результати умовного турніру гравців у вигляді графу [рис.3.1].

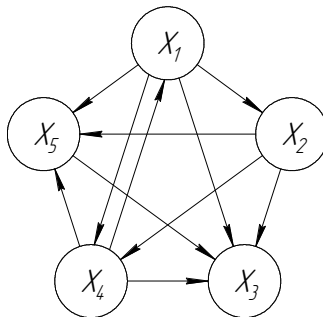


Рис.3.1 – Граф, що ілюструє результати умовного турніру.

Кожному з  $n$  учасників ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) відповідає вершина графа, який виражає результати деякого турніру. Якщо гравець  $X_i$  виграв у гравця  $X_j$ , то на графі існує дуга  $ij$ , якщо програв –  $ji$ , нічийному результату відповідають дуги  $ij$  і  $ji$ . Приклад такого графа приведено на рис.3.1.

Спосіб рішення задачі розглянуто нижче. Будується матриця  $A = \|a_{i,j}\|$ ,

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (3.1)$$

при цьому

$$a_{ij} = \begin{cases} 2, \text{ якщо } X_i > X_j \\ 1, \text{ якщо } X_i = X_j \\ 0, \text{ якщо } X_i < X_j \end{cases}, \quad (3.2)$$

де  $i, j \in \overline{1, n}$ .

Вводиться поняття ітерованої сили порядку  $k$  гравця  $X_i$ . Ітерована сила першого порядку гравця  $X_i$  позначається  $P_i(1)$  і визначається, як сума балів даного гравця, при цьому не враховується сила конкурентів:

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^n a_{ij}. \quad (3.3)$$

Розподілення балів серед гравців задається вектором:

$$P(1) = [P_1(1), P_2(1), \dots, P_i(1), \dots, P_n(1)]. \quad (3.4)$$

На другій ітерації за «силу» гравця приймається ітерована сила першого порядку.

Ітерована сила другого порядку розраховується з урахуванням «сил» конкурентів:

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^n a_{ij} P_j(1). \quad (3.5)$$

В кінцевому рахунку вона представляється вектором:

$$P(2) = [P_1(2), P_2(2), \dots, P_i(2), \dots, P_n(2)]. \quad (3.6)$$

Подальші ітерації проводяться аналогічно:

$$P(k) = AP(k-1). \quad (3.7)$$

Позначимо через  $P_i^{e\text{i}\delta n}(k)$  нормовану ітеровану силу  $k$ -го порядку  $i$ -го гравця:

$$P_i^{e\text{i}\delta n}(k) = \frac{P_i(k)}{\sum_{i=1}^n P_i(k)}; \quad \sum_{i=1}^n P_i^{e\text{i}\delta n}(k) = 1. \quad (3.8)$$

В загальному вигляді процес розрахунку нормованої ітерованої «сили» гравців можна представити у вигляді такої формули [2]:

$$P_i^{eido}(k) = \frac{1}{\lambda(k)} AP^{eido}(k-1), \quad (3.9)$$

де  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Враховуючи, що сума компонентів  $AP(k-1)$ , отримаємо:

$$\lambda(k) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij} P_i^{eido}(k-1).$$

Застосування процесу розрахунку за формулою (3.9) на відміну від простого підрахунку балів, дозволяє врахувати непрямі переваги гравця.

Загальне число порівнянь:

$$M = \frac{m(m-1)}{2}, \quad (3.10)$$

де  $m$  – число варіантів, що порівнюється.

За результатами розрахунків будується матриця суміжності варіантів. В матрицю заносяться дані по ітерованій силі першого та другого порядків

### **Приклад застосування методу розстановки пріоритетів**

**Завдання:** для наведеного графу результатів умовного турніру [див.рис.3.1] вибрати найкращий варіант методом розстановки пріоритетів.

1.1. Складання матриці суміжності

1.1.1. Визначення компонентів матриці суміжності.

На основі графу результатів, що зображений на рис.3.1 визначаємо компоненти матриці суміжності:

– аналізуємо вершину графа  $X_1$ , та з врахуванням (3.2) записуємо

$$a_{1,1} = 1, a_{1,2} = 2, a_{1,3} = 2, a_{1,4} = 1, a_{1,5} = 2;$$

– аналізуємо вершину графа  $X_2$ , та з врахуванням (3.2) записуємо

$$a_{2,1} = 0, a_{2,2} = 1, a_{2,3} = 2, a_{2,4} = 2, a_{2,5} = 2;$$

– аналізуємо вершину графа  $X_3$ , та з врахуванням (3.2) записуємо

$$a_{3,1} = 0, a_{3,2} = 0, a_{3,3} = 1, a_{3,4} = 0, a_{3,5} = 0;$$

– аналізуємо вершину графа  $X_4$ , та з врахуванням (3.2) записуємо

$$a_{4,1} = 1, a_{4,2} = 0, a_{4,3} = 2, a_{4,4} = 1, a_{4,5} = 2;$$

– аналізуємо вершину графа  $X_5$ , та з врахуванням (3.2) записуємо

$$a_{5,1} = 0, a_{5,2} = 0, a_{5,3} = 2, a_{5,4} = 0, a_{5,5} = 1.$$

### 1.1.2. Складання матриці суміжності.

На основі даних отриманих в п. 1.1 складаємо матрицю суміжності:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

## 1.2. Розрахунки по першій та другій ітерації.

### 1.2.1. Розрахунки по першій ітерації.

За формулою (3.3) визначаємо ітеровану силу першого порядку для першого гравця:

$$P_1(1) = 1 + 2 + 2 + 1 + 2 = 8.$$

За формулою (3.3) визначаємо ітеровану силу першого порядку для другого гравця:

$$P_2(1) = 0 + 1 + 2 + 2 + 2 = 7.$$

За формулою (3.3) визначаємо ітеровану силу першого порядку для третього гравця:

$$P_3(1) = 0 + 0 + 1 + 0 + 0 = 1.$$

За формулою (3.3) визначаємо ітеровану силу першого порядку для четвертого гравця:

$$P_4(1) = 1 + 0 + 2 + 1 + 2 = 6.$$

За формулою (3.3) визначаємо ітеровану силу першого порядку для п'ятого гравця :

$$P_5(1) = 0 + 0 + 2 + 0 + 1 = 3$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу першого порядку для першого гравця:

$$P_1^{сiдн}(1) = \frac{8}{25} = 0,32.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу першого порядку для другого гравця:

$$P_2^{сiдн}(1) = \frac{7}{25} = 0,28.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу першого

порядку для третього гравця:

$$P_3^{eidi}(1) = \frac{1}{25} = 0,04.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу першого порядку для четвертого гравця:

$$P_4^{eidi}(1) = \frac{6}{25} = 0,24.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу першого порядку для п'ятого гравця:

$$P_5^{eidi}(1) = \frac{3}{25} = 0,12.$$

### 1.2.2. Розрахунки по другій ітерації.

За формулою (3.5) визначаємо ітеровану силу другого порядку для першого гравця:

$$P_1(2) = 1 \cdot 8 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 6 + 2 \cdot 3 = 36.$$

За формулою (3.5) визначаємо ітеровану силу другого порядку для другого гравця:

$$P_2(2) = 0 \cdot 8 + 1 \cdot 7 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 6 + 2 \cdot 3 = 27.$$

За формулою (3.5) визначаємо ітеровану силу другого порядку для третього гравця:

$$P_3(2) = 0 \cdot 8 + 0 \cdot 7 + 1 \cdot 1 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 3 = 1.$$

За формулою (3.5) визначаємо ітеровану силу другого порядку для четвертого гравця:

$$P_4(2) = 1 \cdot 8 + 0 \cdot 7 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 6 + 2 \cdot 3 = 22.$$

За формулою (3.5) визначаємо ітеровану силу другого порядку для п'ятого гравця:

$$P_5(4) = 0 \cdot 8 + 0 \cdot 7 + 2 \cdot 1 + 0 \cdot 6 + 1 \cdot 3 = 5.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку для першого гравця:

$$P_1^{сiдн}(2) = \frac{36}{91} = 0,395.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку для другого гравця [1]:

$$P_2^{сiдн}(2) = \frac{27}{91} = 0,297.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку для третього гравця:

$$P_3^{сiдн}(2) = \frac{1}{91} = 0,011.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку для четвертого гравця [1]:

$$P_4^{сiдн}(2) = \frac{22}{91} = 0,242.$$

За формулою (3.8) визначаємо нормовану ітеровану силу другого порядку для п'ятого гравця:

$$P_5^{відн}(2) = \frac{5}{91} = 0,055.$$

### 1.3. Вибір кращого варіанту

Результати розрахунків, отриманих в п. 1.1 та п. 1.2 зводимо у табл.3.1.

Таблиця 3.1

Матриця суміжності варіантів

$X_j$ $X_i$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\sum a_{i,j}$	$P_i^{відн}(1)$	$P_i(2)$	$P_i^{відн}(2)$	Місце
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
$X_1$	1	2	2	1	2	8	0,32	36	0,395	<b>I</b>
$X_2$	0	1	2	2	2	7	0,28	27	0,297	<b>II</b>
$X_3$	0	0	1	0	0	1	0,04	1	0,011	<b>V</b>
$X_4$	1	0	2	1	2	6	0,24	22	0,242	<b>II</b> <b>I</b>
$X_5$	0	0	2	0	1	3	0,12	5	0,055	<b>I</b> <b>V</b>
$\Sigma$						<b>25</b>	<b>1,00</b>	<b>91</b>	<b>1,00</b>	

За результатами другої ітерації приймаємо краще рішення. Якщо декілька рішень за другою ітерацією мають однокові показники, то краще з

них рішення приймемо за результатами першої ітерації. Якщо результати першої і другої ітерацій для декількох рішень однакові, то вони мають рівну силу та займають однакові місця.

Як видно з табл.3.1 після першої ітерації за значенням  $P_i^{відн}(1)$  ще складно розставити пріоритети. Проте після другої ітерації за значенням  $P_i^{відн}(2)$  однозначно можна розставити пріоритети в проведеному турнірі, а саме:

- гравець  $X_1$  посів перше місце;
- гравець  $X_2$  – друге місце;
- гравець  $X_3$  – п'яте місце;
- гравець  $X_4$  – третє місце;
- гравець  $X_5$  – четверте місце.

## ***2. Зміст звіту про роботу***

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.
2. Записати основні теоретичні відомості.
3. Провести розрахувати та скласти матрицю суміжності варіантів технічних систем.
4. Зробити висновки.

## ***3. Завдання для виконання***

Для заданого згідно варіанту [див.табл.3.2] графу необхідно вибрати найкращий варіант методом розстановки пріоритетів. Для цього необхідно:

- скласти матрицю суміжності;
- провести розрахунки по першій та другій ітерації;
- вибрати кращий варіант.

Таблиця 3.2

## Варіанти заданих графів результатів умовного турніру

№ варіанту	Граф з результатами турніру	№ варіанту	Граф з результатами турніру
1	2	3	4
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	

1	2	3	4
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	

#### **4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування**

1. Який метод якісної оцінки застосовано в даній роботі?
2. Які порівняння використовуються в розглянутому методі якісної оцінки?
3. Яке значення присвоюється  $a_{ij}$ , якщо  $X_1 > X_2$ ?
4. Яке значення присвоюється  $a_{ij}$ , якщо  $X_1 = X_2$ ?
5. Яке значення присвоюється  $a_{ij}$ , якщо  $X_1 < X_2$ ?
6. Як будується матриця суміжності?
7. Ітерована сила якого порядку не враховує сили гравця?
8. Що означає термін ітерована сила першого порядку?
8. Як визначається ітерована сила першого порядку?
9. Що означає термін ітерована сила другого порядку?
10. Що означає термін ітерована сила?
11. Як визначається ітерована сила порядків більше першого?
12. Що означає термін нормована ітерована сила?
13. Як визначається нормована ітерована сила?
14. Чому дорівнює сума всіх нормованих ітерованих сил однієї ітерації?
15. Як приймається краще рішення?
16. Чому дорівнює загальна кількість порівнянь?
17. Чому відповідає вершина графа, який виражає результати турніру?
18. Яким трьом результатам може відповідати дуга на графі турніру?

#### **5. Використана література**

1. Блюмберг В.А., В.Ф. Глушенко. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
3. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.:«ГНОЗИС», 1998.– 80 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

**Тема:** *«Синтез способів обробки (технологічних принципів) методом морфологічного аналізу»*

**Мета роботи:** набути навичок застосуванням методу морфологічного аналізу для створення та вдосконалення технічних систем типу технічний процес.

### *1. Теоретичні відомості*

**Фізична операція** є фізичним перетворенням заданого вхідного потоку (або фактору) у вихідний потік (фактор).

**Елементарною фізичною операцією** є така фізична операція, яка може бути реалізована за допомогою одного фізико-технічного ефекту.

**Фізико-технічний ефект** – це застосування фізичних ефектів та явищ, що можуть бути реалізованими в технічних пристроях.

Під час вивчення будь-якої технічної системи слід виходити з того, що її робота ґрунтується на одному або декількох фізичних ефектах, законах або явищах.

Тобто, фізичний ефект це результат дії одних фізичних об'єктів на інші, що призводить до певних змін значень фізичних величин.

Окремий фізичний ефект можна записати трьома компонентами:

- фізична дія;
- фізичний об'єкт, на який дія направлена;
- результат фізичної дії

Зазвичай, в процесі розв'язання технічної задачі використовується декілька фізичних ефектів, які створюють фізичний принцип дії технічної системи.

**Фізичний принцип дії** – структура сполучених фізичних ефектів,

об'єднаних так, що результат дій попереднього фізичного ефекту еквівалентний вхідній дії наступного фізичного ефекту, причому у сукупності фізичні ефекти забезпечують перетворення заданої початкової вхідної дії у заданий кінцевий результат.

Під час пошуку варіантів обробки (способів формоутворення) варіюють трьома основними морфологічними ознаками [див.табл.4.1]:

– оброблюване середовище – заготовка (мета дії на заготовку, вид та кількість руху, стан);

– оброблювальне середовище – різальний інструмент (фізичний стан, тип, кількість різальних кромок, рухи);

– взаємодія між заготовкою та інструментом (фізико-хімічний ефект процесу перетворення, вид енергії ефекту, характер підведення та розподілення енергії, характер дії енергії в часі, фізичний стан робочого середовища).

Таблиця 4.1

Морфологічна матриця методів обробки (технологічних принципів)

Заготовка			Взаємодія - робочий процес					Інструмент	
Зміни	Агрегатний стан	Рух	Фізико-хімічний ефект	Вид енергії	Характер підведення та розподілення енергії	Характер дії енергії	Фізичний стан робочого середовища	Фізичний стан	Рух
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1.	2.1.	3.1.	4.1.	5.1.	6.1.	7.1.	8.1.	9.1.	10.1.
Форми	Твердий	Поступальний	Дифузія	Теплова	Точковий	Безперервний	Рідкий	Твердий	Обертальний

1	1.2.	Об'єму	1.3.	Властивості	1.4.	Форми та об'єму	1.5.	Форми та якості
2	2.2.	Розплавлений	2.3.	Іонізований	2.4.	Текучий	2.5.	Хімічно-зв'язаний
3	3.2.	Обертальний	3.3.	Поступальний та обертальний	3.4.	Немає	3.5.	Немає
4	4.2.	Ерозія	4.3.	Анодне розчинення	4.4.	Гідравлічний удар	4.5.	Ерозія + анодний розчин
5	5.2.	Механічна	5.3.	Пружна	5.4.	Електрична	5.5.	Магнітна
6	6.2.	Лінійний	6.3.	Поверхневий	6.4.	Об'ємний	6.5.	Немає
7	7.2.	Переривчастий (імпульсний)	7.3.	Немає	7.4.	Немає	7.5.	Немає
8	8.2.	Газоподібний	8.3.	Твердий	8.4.	В'язкий (текучий)	8.5.	Вакуум
9	9.2.	Рідкий	9.3.	Газоподібний	9.4.	В'язкий	9.5.	Немає
10	10.2.	Поступальний	10.3.	Обертальний та поступальний	10.4.	Немає	10.5.	Немає

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.6.	2.6.	3.6.	4.6.	5.6.	6.6.	7.6.	8.6.	9.6.	10.6.
Форми, об'єму та якості	Речовина не видаляється	Немає	Немає	Оптична	Немає	Немає	В нейтральному середовищі	Немає	Немає
							8.7		
Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Під високим тиском	Немає	Немає

Одною з основних ознак взаємодії (робочого) процесу запропонованої академіком Кашкіним Л.Н. – одним з засновників роторних автоматичних ліній – є характер підведення та розподілення енергії (ознака 6), тобто характер взаємодії оброблюваного та оброблювального середовищ, які з точки зору природності до комплексної автоматизації можуть бути [див.рис.4.1]: точковий, лінійний, поверхневий, об'ємний.

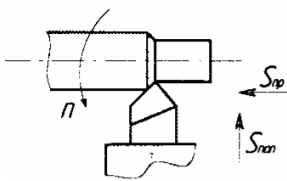
Виконаємо аналіз багатьох варіантів способів обробки двохступінчатої деталі [див.рис.4.2] методом морфологічного аналізу та оберемо кращий варіант за критерієм мінімальної витрати матеріалу.

Для технологічних машин структура технологічного процесу показана на рис.4.3. Розглянемо всі елементи технологічного процесу за ознаками: заготовка (1 – вид, 2 – рух); робочий процес (3 – характер взаємодії, 4 – стан); різальний інструмент (5 – кількість різальних кромок та тип, 6 – рух).

Складемо для всіх елементів та ознак технологічного процесу морфологічну матрицю (табл.4.2).

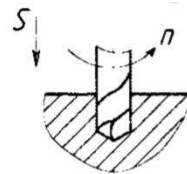
- 1 – зміна
  - 2 – агрегатний стан
  - 3 – рух
- 
- 4 – фізико-хімічний ефект
  - 5 – вид енергії ефекту
  - 6 – характер підведення та розподілення
  - 7 – характер дії енергії
  - 8 – фізичний стан робочого середовища
- 
- 9 – фізичний стан
  - 10 – рух

Рис.4.1 – Ознаки взаємодії (робочого) процесу



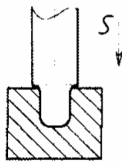
Точіння

прохідним різцем



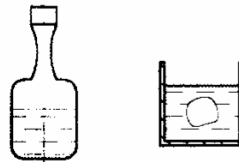
Свердління або

поперечне точіння широким різцем



Обробка тиском,

наприклад, висадка стаканчика



Розлив, фарбування зануренням

або в електричному полі

Рис.4.2 – Варіанти способів обробки двохступінчатої деталі.

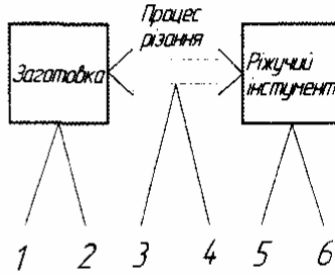


Рис.4.3 – Структура технологічного процесу для технологічних машин.

Таблиця 4.2

Морфологічна матриця

Заготовка		Робочий процес		Різальний інструмент	
Вид	Рух	Характер взаємодій	Стан	Кількість різальних крайок та тип	Рух
1	2	3	4	5	6
1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.
Круглий пруток	Поступальний	Точковий	Холодний твердий	Одна крайка	Поступальний
1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.
Профільний пруток	Обертальний	Лінійний	Холодний та гарячий	Кілька кромок	Обертальний та поступальний

Продовження табл.4.2

1	2	3	4	5	6
1.3.	2.3.	3.3.	4.3.	5.3.	6.3.
Одна штучна заготовка	Поступальний та обертальний	Поверхневий	Холодний та гарячий	Фреза	Обертальний
1.4.	2.4.	3.4.	4.4.	5.4.	6.4.
Дві штучні заготовки	Немає	Об'ємний	В'язкий (текучий)	Немає	Немає

В кожній колонці морфологічної матриці може бути скільки завгодно вибраних альтернатив (в залежності від уяви та знання даної технічної системи) та їх комбінацій. Для колонки 5 в якості різального інструменту можна вибирати різні типи різців, фрез, протяжок (навіть свердла), пуансонів і т.п.

Для заповнення морфологічної матриці (табл.4.2) загальна кількість рішень  $N = 4^6 = 4096$ , (ізоморфних, не ізоморфних, здійснених, нездійснених). Виходячи з вимоги мінімальних витрат матеріалу, обираємо чотири варіанти поєднань (комбінацій):

I варіант 1.1 – 2.3 – 3.2 – 4.1 – 5.2 – 6.1

II варіант 1.4 – 2.2 – 3.3 – 4.3 – 5.4 – 6.2

III варіант 1.2 – 2.3 – 3.2 – 4.1 – 5.3 – 6.2

IV варіант 1.2 – 2.3 – 3.2 – 4.1 – 5.1 – 6.1

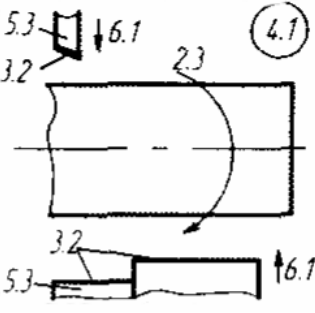
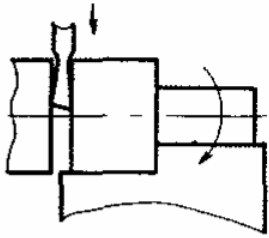
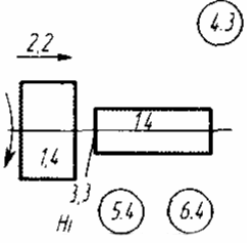
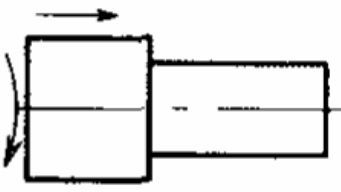
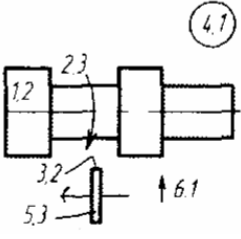
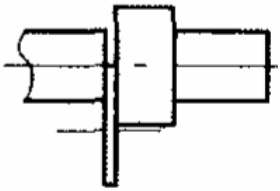
Реалізація варіантів представлена в табл.4.3.

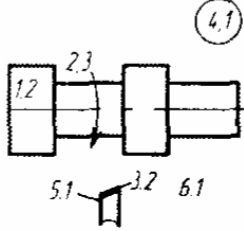
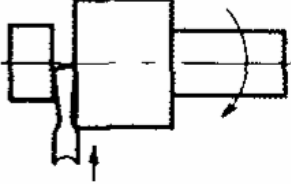
Відповідно до металорізальних верстатів відомих конструкцій підходять I (фасонно-відрізний токарний автомат) та IV (токарно-відрізний

верстат) варіанти. Нетрадиційний та перспективний варіанти – II (машина зварювання тертям) та III (фрезерно-відрізний автомат).

Таблиця 4.3

Варіанти технічних систем обробки двохступінчастої деталі

Номер варіанту	Позначення	Елементи способу обробки	Схема та вид обробки
I	X <sub>1</sub>	3	4
I	X <sub>1</sub>	 <p>Technical drawing of a two-step shaft. The main view shows a shaft with a diameter change. Labels include 5.3 (top left), 3.2 (middle left), 2.3 (middle right), and 6.1 (top right). A circled label 4.1 is in the top right corner. A secondary view below shows a detail of the diameter change with labels 3.2, 5.3, and 6.1.</p>	 <p>Схематичне зображення процесу токарної обробки. Показано шпиндель, деталь і різальний інструмент. Стрілки вказують на напрямки обертання та подачу.</p> <p>Фасонно-відрізна</p>
II	X <sub>2</sub>	 <p>Technical drawing of a two-step shaft. The main view shows a shaft with a diameter change. Labels include 2.2 (top left), 1.4 (middle left), 3.3 (middle left), 5.4 (middle right), 6.4 (middle right), and 4.3 (top right). A circled label 4.3 is in the top right corner.</p>	 <p>Схематичне зображення процесу зварювання тертям. Показано дві частини деталі, що зближуються під впливом тиску та теплової енергії.</p> <p>Зварювання тертям</p>
III	X <sub>3</sub>	 <p>Technical drawing of a two-step shaft. The main view shows a shaft with a diameter change. Labels include 1.2 (top left), 2.3 (middle left), 3.2 (middle left), 5.3 (middle right), and 6.1 (middle right). A circled label 4.1 is in the top right corner.</p>	 <p>Схематичне зображення процесу токарної обробки. Показано шпиндель, деталь і різальний інструмент. Стрілки вказують на напрямки обертання та подачу.</p> <p>Фрезерно-відрізна</p>

1	2	3	4
IV	X <sub>4</sub>		 <p>Токарно-відрізна</p>

За критерієм мінімальних витрат металу проведемо парні порівняння та побудуємо граф турніру варіантів [див.рис.4.4]:

$$X_1 < X_2 \quad X_2 < X_3 \quad X_3 < X_4$$

$$X_1 < X_3 \quad X_2 < X_4 \quad X_1 < X_4.$$

Всього порівнянь  $M = 4 \cdot 3 / 2 = 6$ .

Приймаємо систему кількісних співвідношень

$$a_y = \begin{cases} 1.5, \text{ якщо } X_i > X_j, \longrightarrow \\ 1.0, \text{ якщо } X_i = X_j, \longleftrightarrow \\ 0.5, \text{ якщо } X_i < X_j, \longleftarrow \end{cases}$$

Побудуємо та заповнимо матрицю суміжності [див.табл.4.4].

На другій ітерації за вагу приймається ітерована сила I порядку, при цьому ітерована сила II порядку розраховується з врахуванням ваги конкуруючих варіантів:

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot P_j(1),$$

де  $j = 1 \dots n$ ,  $n = 4$ ,  $j = 1 \dots 4$ .

Проводимо необхідні розрахунки:

$$\begin{aligned} P_1(2) &= a_{11} \sum_i^j a_{1j} + a_{12} \sum_i^j a_{2j} + a_{13} \sum_i^j a_{3j} + a_{14} \sum_i^j a_{4j} = \\ &= 1 \cdot 2.5 + 0.5 \cdot 5.5 + 0.5 \cdot 4.5 + 0.5 \cdot 3.5 = 9.25 \end{aligned}$$

$$P_2(2) = a_{21} \sum_i^j a_{1j} + a_{22} \sum_i^j a_{2j} + a_{23} \sum_i^j a_{3j} + a_{24} \sum_i^j a_{4j} =$$

$$= 1.5 \cdot 2.5 + 1 \cdot 5.5 + 1.5 \cdot 4.5 + 1.5 \cdot 3.5 = 21.25$$

$$P_3(2) = a_{31} \sum_i^j a_{1j} + a_{32} \sum_i^j a_{2j} + a_{33} \sum_i^j a_{3j} + a_{34} \sum_i^j a_{4j} =$$

$$= 1.5 \cdot 2.5 + 0.5 \cdot 5.5 + 1 \cdot 4.5 + 1.5 \cdot 3.5 = 16.25$$

$$P_4(2) = a_{41} \sum_i^j a_{1j} + a_{42} \sum_i^j a_{2j} + a_{43} \sum_i^j a_{3j} + a_{44} \sum_i^j a_{4j} =$$

$$= 1.5 \cdot 2.5 + 0.5 \cdot 5.5 + 0.5 \cdot 4.5 + 1 \cdot 3.5 = 12.25$$

Таблиця 4.4

Матриця суміжності варіантів

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$\sum a_{ij}$	$P^{opt}_1(1)$	$P_i(2)$	$P^{opt}_1(2)$	Місце
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
$X_1$	1	0.5	0.5	0.5	2.5	0.156	9.25	0.157	IV
$X_2$	1.5	1	1.5	1.5	0.344	0.28	21.25	0.360	I
$X_3$	1.5	0.5	1	1.5	4.5	0.281	16.25	0.275	II
$X_4$	1.5	0.5	1.5	1	3.5	0.219	12.25	0.208	III
$\Sigma$					<b>16</b>	<b>1.00</b>	<b>59</b>	<b>1.00</b>	

Аналізуючи матрицю суміжності варіантів, приведену в табл.4.4 робимо висновок, що найкращим варіантом є  $X_2$ , оскільки його відносна вага  $P^{opt}_1(2) = 0,360$ , що відповідає I ступеню по мінімальним витратам матеріалу при виготовленні заданої двохступінчастої циліндричної деталі.

## 2. Зміст звіту про роботу

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.
2. Записати основні теоретичні відомості.
3. Скласти та проаналізувати морфологічну матрицю заданої технічної системи.

4. Зробити висновки.

### **3. Завдання для виконання**

Згідно варіанту заданої деталі розглянути можливі існуючі варіанти її обробки. Визначити їх основні ознаки. Скласти морфологічну матрицю. Виконати аналіз отриманих варіантів обробки заданої деталі методом морфологічного аналізу та обрати кращий варіант за критерієм мінімальної витрати енергії.

### **4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування**

1. Яка основна ознака взаємодії в технологічному (робочому) процесі?
2. Скільки альтернатив може бути в кожній колонці морфологічної матриці?
3. Які ознаки для елемента технологічного процесу заготовка?
4. Які ознаки для елемента технологічного процесу робочий процес?
5. Які ознаки для елемента технологічного процесу інструмент?
6. Які агрегатні стани заготовки можуть бути?
7. Які фізико-хімічні ефекти реалізуються в робочому процесі?
8. Які види енергії можуть використовуватись в робочому процесі?
9. Який характер дії енергії може бути в робочому процесі?
10. Який характер підведення енергії може бути в робочому процесі?

### **5. Використана література**

1. Блюмберг В.А., В.Ф. Глущенко. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
3. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ системы. Построение морфологических матриц.– К.:Наукова думка, 1977.– 183 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

**Тема:** «Типові прийоми усунення протиріч в технічних системах»

**Мета роботи:** навчити студентів проводити аналіз технічної системи, ознайомити з типовими прийомами виявлення та усунення протиріччя в системі.

### *1. Теоретичні відомості*

В зв'язку з необхідністю проектування систем розрізняють три характерні типи задач: аналізу, синтезу та вимірювання.

В умовах **задачі аналізу технічної системи** задана структура технічної системи, а визначити необхідно функціонування системи.

В окремі періоди розвитку технічної системи відбувається чергування етапів кількісного росту і якісних стрибків. В процесі кількісного росту в результаті нерівномірного розвитку характеристик технічної системи проявляються протиріччя.

Протиріччя як невідповідність між різними вимогами, які пред'являються до системи і обмеженнями, що накладаються на неї законами природи, технічними, соціальними і економічними законами, а також рівнем розвитку науки і техніки, конкретними умовами експлуатації.

Наприклад, підвищення продуктивності механічної обробки потребує збільшення глибини рвання і подачі, а це призводить до погіршення шорсткості оброблюваної поверхні, збільшення спрацювання інструменту, збільшення навантаження на привод верстату, тощо.

На початкових етапах розвитку технічної вимоги відносно невисокі, система має великі ресурси, тому протиріччя вирішуються шляхом компромісів: шукаються нові варіанти конструкції, які забезпечують прийнятні значення обох конкуруючих характеристик. Але кількісне зростання

продовжується, відбувається накопичення і загострення протиріч. Ці протиріччя знімаються в результаті якісних стрибків - створення принципово нових технічних рішень, нових технічних систем та підсистем.

Технічна система може мати рівні види протиріч – технічні, фізичні, економічні, екологічні, тощо.

**Технічне протиріччя** – ситуація, коли спроби покращити одну характеристику системи призводять до погіршення іншої її характеристики.

Так, збільшення крейсерської швидкості літака потребує зменшення площі крила, а збереження якісних злітно-посадочних характеристик - її збільшення. Перехід від задачі до її моделі дозволяє чітко визначити фізичне протиріччя: крило літака повинно бути невеликим для збільшення швидкості і значним для покращення злітно-посадочних характеристик.

Протиріччя будується за схемою:

– об'єкт повинен мати властивість  $A$  і разом з тим протилежну властивість  $\text{анти-}A$ .

Фізичне протиріччя загострює конфлікт до межі і завдяки цьому полегшує рішення. Якщо крило літака повинне бути невеликим і великим, залишається одна можливість рішення: воно повинне бути змінним.

Таким чином, від невизначеної технічної ситуації можна перейти до конкретної задачі, а потім і до моделі задачі та її вирішення.

Для рішення задані необхідно визначити, до якого саме параметра висуваються протилежні вимоги і яким способом можна зробити його функцією.

Інструментом для рішення вказаних протиріч може бути комплекс типових прийомів усунення технічних протиріч.

### **Прийоми усунення технічних протиріч:**

1. *Принцип подрібнення:*

- а) розділити об'єкт на незалежні частини;
- б) виконати об'єкт розбірним;

в) збільшити ступінь подрібнення (здрібнювання) об'єкта.

2. *Принцип винесення*: відокремити від об'єкта частину (властивість), "що заважає", або, навпаки, виділити єдину потрібну частину (властивість).

3. *Принцип місцевої якості*:

а) перейти від однорідної структури об'єкта (чи зовнішнього середовища, зовнішнього впливу) до неоднорідної;

б) різні частини об'єкта повинні мати різні функції;

в) кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, найбільш відповідній її роботі.

4. *Принцип об'єднання*:

а) з'єднати однорідні або призначені і для суміжних операцій об'єкти;

б) об'єднати в часі однорідні або суміжні операції. Приклад – процес механічної обробки деталей з нагріванням поверхневого шару, у результаті чого значно знижуються зусилля різання. Приклад – роторний автомат (обробка під час транспортування).

5. *Принцип універсальності*: об'єкт виконує кілька різних функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

6. *Принцип «матрьошки»* (інтегруючої концентрації):

а) один об'єкт розміщений усередині іншого, котрий, у свою чергу, знаходиться усередині третього, тощо;

б) один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

Приклад – телескопічні захисні кожухи напрямних верстатів.

7. *Принцип антиваги*:

а) компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншими об'єктами, що володіють підйомною силою;

б) компенсувати вагу об'єкта взаємодією із середовищем (за рахунок аеродинамічних та інших сил).

Приклад – зрівноважування сил, що діють на кулачки патрона за

рахунок вантажів, що створюють зворотний момент на іншому плечі.

8. *Принцип попереднього навантаження* – заздалегідь додати об'єкту напруги, протилежні неприпустимим або небажаним робочим навантаженням.

Приклад – попереду натяг підшипників, пружна ланка в затискних механізмах з попереднім натягом.

9. *Принцип попереднього виконання:*

а) заздалегідь виконати необхідні зміни об'єкта (цілком або хоча б часткою);

б) заздалегідь розставити об'єкти так, щоб вони могли вступати в дію з найбільш зручного місця і без витрат часу на їх доставку.

10. *Принцип «заздалегідь підкладеної подушки»:* компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта заздалегідь підготовленими аварійними засобами.

11. *Принцип еквіпотенціальності:* змінити умови роботи так, щоб не приходилося піднімати або опускати об'єкт.

12. *Принцип «навпаки» (інверсії):*

а) у місце дії, що передбачене умовами задачі, здійснити зворотну дію (наприклад, не прохолоджувати, а нагрівати);

б) зробити рухому частину об'єкту (або зовнішнього середовища) нерухомою, нерухома – рухомою;

в) перевернути об'єкт «догори ногами».

13. *Принцип сферіодальності,*

а) перейти від прямолінійних частин об'єкта до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у виді куба або паралелепіпеда, до кульових конструкцій;

б) використовувати ролики, кульки, спіралі;

в) перейти до обертового руху, використовувати відцентрову силу.

14 *Принцип динамічності:*

а) характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) повинні

змінюватися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи;

б) розділити об'єкт на частини, здатні переміщуватися відносно один одного, приклад: для стабілізації положення центра ваги об'єкт, що рухається по нерівній поверхні, проміжні сполучні елементи мають перемінну твердість (амортизатори, демпфери, тощо).

15. *Принцип часткового чи надлишкового рішення:* якщо важко одержати 100% необхідного ефекту, потрібно одержати або «ледве менше», або «ледве більше». Задача при цьому може істотно спроститися, приклад – з метою виключення перебоїв з подачею деталей з бункера, наприклад, на позицію складання останній завжди має надлишок деталей, хоча з великої кількості однойменних деталей на робочу позицію подається тільки по одній деталі.

16. *Зміна середовища, а також використання механічних картань:*

а) змінити середовище, що оточує об'єкт, або об'єкти, що стикаються з даним;

б) надати об'єкту коливальний рух;

в) збільшити частоту коливального руху (аж до ультразвукової);

г) використовувати резонансну частоту,

д) використовувати ультразвук, нові коливання.

Приклад – для забезпечення автоматичної подачі і заготовок останні знаходяться на лотку, що здійснює коливальні (вібраційні) руху.

17. *Принцип періодичної дії*

а) перейти від неперіодичної дії до періодичної (імпульсної) або змінити періодичність;

б) використовувати паузи між імпульсами для здійснення іншої дії.

Приклад – з метою зменшення сил різання під час точіння, а також автоматичного дроблення стружки (під час обробці важких сталей) різці надають переривчасту подачу.

18. *Принцип безперервності корисної дії:*

а) вести роботу безупинно (усі частини об'єкта повинні працювати з постійним навантаженням);

б) усунути холості та проміжні ходи.

Приклад – використовувати час подачі деталі в зону зборки для її орієнтації в просторі;

19. *Принцип проскакування – вести процес і окремі його етапи (шкідливі чи небезпечні) на великій швидкості.*

Приклад – патент ФРН № 1134821: у пристрої для розрізання пластмасових труб великого діаметра ніж розсікає трубу так швидко, що труба не встигає деформуватися.

20. *Принцип «шкода на користь»:* використовувати шкідливі фактори (зокрема, шкідливий вплив середовища) для одержання позитивного ефекту.

Приклад – використання абразивного зношування для очищення поверхонь деталей після загартування.

21. *Принцип «клин клином»:* усунення шкідливого фактора за рахунок додавання до іншого шкідливого фактору.

22. *Принцип «перегинання цівка» – посилення шкідливого фактора до такого ступеня, що він стає корисним.*

23. *Принцип самообслуговування:*

а) об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконуючи допоміжні та ремонтні операції;

б) використовувати відходи (енергії, речовини).

24. *Принцип копіювання:*

а) замість недоступного, складного, дорогого, незручного або тендітного об'єкта використовувати його спрощеним чи дешевим.

б) замінити об'єкт або систему об'єктів оптичними копіями (винаходами).

Приклад – авторське свідоцтво № 180829: спосіб контролю поверхні

внутрішньої порожнини сферичних деталей полягає у тому, що на деталь наливають мастило відбиваючу рідину і, послідовно змінюючи її рівень, здійснюють фотографування на той самий кадр кольорової плівки. На знімку виходять концентричні кола. Порівнюючи після збільшення з теоретичними лініями креслення, з великою точністю визначають відхилення форми деталі.

25. *Дешева недовговічність замість дорогої довговічності.*

26. *Заміна механічної схеми:*

- а) замінити механічну схему оптичною, акустичною або «запаховою»;
- б) використовувати електричні, магнітні та електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом;
- в) перейти від нерухомих полів до рухливого.
- г) використовувати поле в сполученні з феромагнітними частками.

Приклад – шліфування отворів малого діаметра (0.5...1.5 мм) є трудомістким. Звук і його тональність (процес обробки).

27. *Використання пневмо-гідроконструкцій:* замість жорстких частин об'єкта використовують газоподібні та рідкі: надувні і гідро наповнювані, повітряну подушку, гідростатичні, гідрореактивні.

Приклад-багатомісні затиски і пристрої – гідропласт.

29. *Використання гнучких оболонок і тонких плівок.*

30. *Принцип магнітів і електромагнітів.*

31. *Принцип зміни фарбування:*

- а) змінити фарбування об'єкта або зовнішнього середовища;
- б) змінити ступінь прозорості об'єкта або зовнішнього середовища;
- в) для спостереження за погано видимими об'єктами використовують кольорові добавки;
- г) використовувати мічені атоми.

32. *Принцип викидання і регенерації частини:*

а) частина об'єкта, що стала вже непотрібна, повинна бути відкинута або видозмінена безпосередньо в ході роботи;

б) частини об'єкта, що витрачаються, повинні бути відновлені безпосередньо в ході роботи.

33. *Зміна фізико-хімічних параметрів:*

а) змінити агрегатний стан;

б) змінити конструкцію або консистенцію;

в) змінити ступінь гнучкості;

г) змінити температуру, обсяг.

34. *Застосування термічного розширення:*

а) використовувати розширення або стискування сталі (вал прохолоджують, а підшипник розігрівають);

б) застосувати кілька матеріалів з різними коефіцієнтами термічного розширення.

35. *Збільшення ступеня інертності;*

а) заміна звичайного середовища нейтральним;

б) ввести в об'єкт нейтральні частини;

в) застосувати вакуум.

36. *Застосування композиційних матеріалів:* перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

## **2. *Зміст звіту про роботу***

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.

2. Записати основні теоретичні відомості.

3. Виконати аналіз заданої технічної системи та виявити існуючі протиріччя.

4. Запропонувати декілька методів щодо усунення виявлених протиріч.

5. Зробити висновки.

### 3. Завдання для виконання

Виконати аналіз наявності протиріч технічної системи згідно зі своїм варіантом за методикою, наведеною у пункті 1. Варіанти базових технічних систем наведено у табл.5.1.

Таблиця 5.1

Варіанти базових технічних систем

<b>№ варіан</b>	<b>Технічна система</b>	<b>№ варіанту</b>	<b>Технічна система</b>
1	Токарний верстат	16	Токарний різець
2	Свердлильний верстат	17	Циліндрична фреза
3	Розточувальний верстат	18	Торцева фреза
4	Шліфувальний верстат	19	Свердло
5	Заточувальний верстат	20	Зенкер
6	Доводочний верстат	21	Розгортка
7	Електрофізичний верстат	22	Метчик
8	Електрохімічний верстат	23	Плашка
9	Зубообробний верстат	24	Шліфувальний круг
10	Різьбонарізний верстат	25	Протяжка
11	Фрезерний верстат	26	Довбач
12	Строгальний верстат	27	Черв'ячна фреза
13	Довбальний верстат	28	Пасова передача
14	Протяжний верстат	29	Зубчасте зачеплення
15	Розрізний верстат	30	Накатний інструмент

#### ***4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування***

1. Що розуміють під протиріччям в технічних системах?
2. Які бувають види протиріч?
3. Що таке технічне протиріччя?
4. Що таке фізичне протиріччя?
5. Які існують прийоми усунення протиріч?
6. В чому полягає принцип подрібнення?
7. Наведіть приклад застосування принципу об'єднання?
8. В чому полягає принцип періодичної дії?
9. В чому полягає принцип часткового або надлишкового рішення?
10. В чому полягає принцип попереднього виконання?
11. В чому полягає принцип об'єднання?
12. В чому полягає принцип універсальності?
13. В чому полягає принцип місцевої якості?
14. Розкрийте сутність принципу зміни фарбування?

#### ***5. Використана література***

1. Бондаренко А.А. Теория технических систем: Учебное пособие.– Днепропетровск: Национальный горный университет, 2004.– 103 с.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теория технических систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
3. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.: «ГНОЗИС», 1998.– 80 с.
4. Хубка В. Теория технических систем.– М: Мир, 1987.– 208 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

**Тема: «Типові прийоми виявлення та усунення недоліків в технічних системах»**

**Мета роботи:** навчити студентів проводити аналіз технічної системи, ознайомити з типовими прийомами виявлення недоліків конструктивного, технологічного та функціонального характеру в системі та її удосконалення.

### *1. Теоретичні відомості*

В зв'язку з необхідністю проектування систем розрізняють три характерні типи задач: аналізу, синтезу та вимірювання. В умовах задачі аналізу технічної системи задана структура технічної системи, а визначити необхідно функціонування системи.

Процес проектування технічної системи розглядають як сукупність процедур переробки інформації, в результаті чого виникає кінцевий продукт цього процесу – проект. Значна частина таких процедур є типовими, тобто вони призначені для багаторазового застосування під час проектування багатьох типів технічних систем.

Розрізняють проектні процедури аналізу і синтезу.

Аналіз технічної системи – проектна процедура, яка полягає у визначенні властивостей проєктованої системи і дослідженні працездатності технічної системи за її описом. Процедури аналізу поділяють на процедури одно- і багатоваріантного аналізу. Основою функціонального проектування є одноваріантний аналіз технічної системи – визначення вихідних параметрів технічної системи за умови заданих внутрішніх і зовнішніх параметрах.

Досвід експлуатації технічних систем технологічного обладнання показує, що переважні їх кількість мають визначені недоліки конструктивного, технологічного та функціонального характеру [див.рис.6.1].



Рис.6.1 – Недоліки технічних систем технологічного обладнання.

Слід зазначити, що внаслідок традиційних підходів до проектування технічних систем технологічного обладнання, більша частина цих недоліків закладається у їх конструкцію на перших етапах проектування, а саме:

- практично усі існуючі технічні системи технологічного обладнання мають розімкнені кінематичні ланцюги, що не забезпечує необхідний рівень їх жорсткості. У таких випадках необхідна жорсткість кінематичних ланок забезпечується шляхом збільшення розмірів поперечних перетинів тягових елементів механізмів, що збільшує матеріалоемність та підвищені енергетичні витрати на їх переміщення;

- **незамкненість кінематичних ланцюгів** створює консольні конструкції технічних систем та нераціональне розміщення їх центрів ваги, що

обумовлює перекося рухомих елементів на напрямних та створює додаткові навантаження;

– **однофункціональність технічних систем** обумовлює збільшення номенклатури їх складових елементів, що також впливає на матеріалоемність технологічного обладнання та збільшує витрати на його виробництво;

– **однопоточність передачі рухів та навантажень** потребує збільшення жорсткості елементів механізму за рахунок підвищення матеріалоемності та попереднього натягу елементів.

Підвищення ефективності технічних систем технологічного обладнання здійснюється як шляхом удосконалення конструкцій існуючих механізмів, так і пошуком нових нетрадиційних рішень їх побудови.

Одним з перспективних напрямків удосконалення механізмів технологічного обладнання є їх побудова на основі:

– передачі потоку рухів і сил декількома кінематичними ланцюгами шляхом раціонального перерозподілу рухів та навантажень між ними;

– реалізації паралельної передачі енергії декількома кінематичними ланцюгами та механізмами;

– створення замкнених кінематичних ланцюгів, які відтворюють замкнений контур підвищеної жорсткості;

– побудови безконсольних конструкцій механізмів.

Отже, удосконалення, створення та проектування високоефективних механізмів може формуватись на наступних положеннях [див.рис.6.2].

## ***2. Зміст звіту про роботу***

1. Записати тему та мету лабораторної роботи.
2. Записати основні теоретичні відомості.
3. Проаналізувати недоліки заданої технічної системи.
4. Зробити висновки.

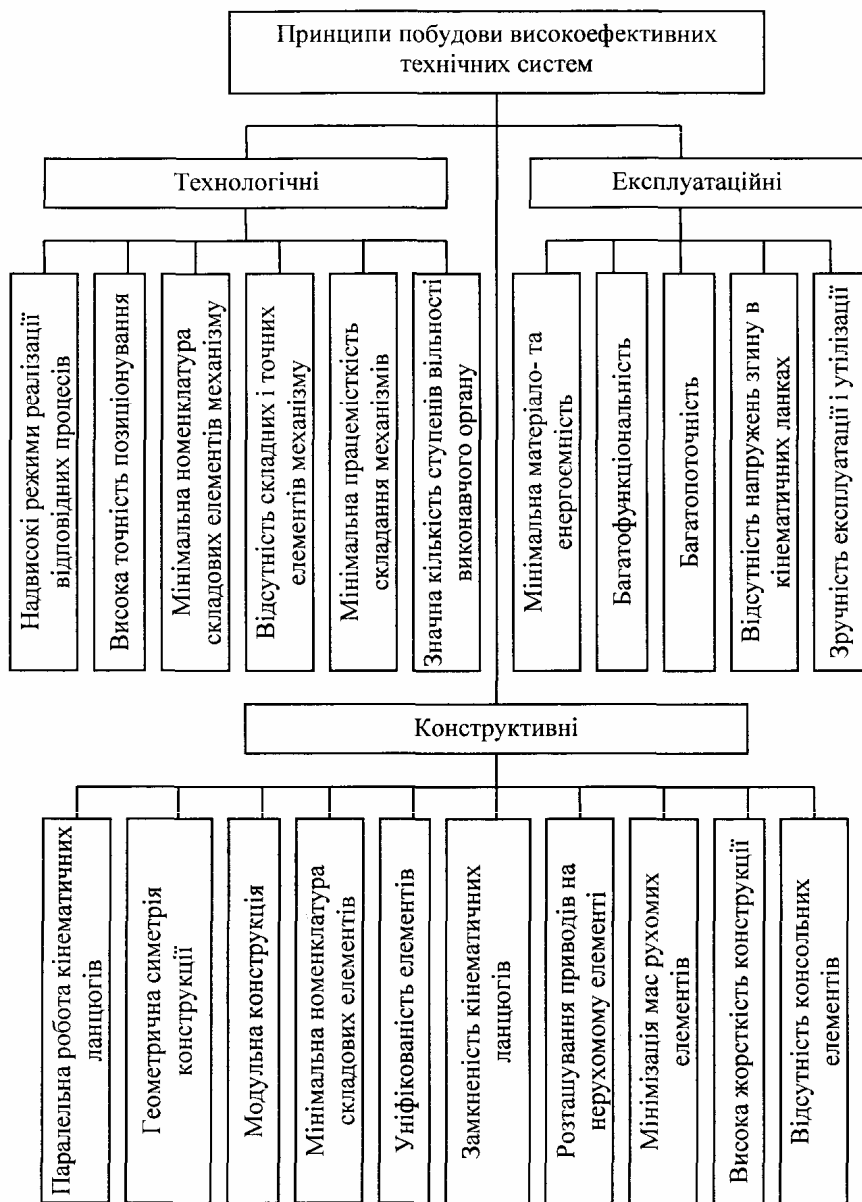


Рис.6.2 – Вимоги та принципи побудови високоєфективних технічних систем.

### **3. Завдання для виконання**

Проаналізувати задану технічну систему: виявити недоліки конструктивного, технологічного та функціонального характеру в системі згідно з рис.6.1 та запропонувати її удосконалення згідно рис.6.2.

### **4. Контрольні питання для самоаналізу та тестування**

1. Що таке недолік технічної системи?
2. Які бувають види недоліків технічних систем?
3. До яких недоліків технічних систем призводить незамкненість кінематичних ланцюгів?
4. До яких недоліків призводить однофункціональність технічних систем?
5. До яких недоліків технічних систем призводить однопоточність передачі рухів та навантажень?
6. Які існують напрями вдосконалення технічних систем?

### **5. Використана література**

1. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубняк С.А. Теорія технічних систем.– К.: Тернопіль, 1997.– 310 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Методы создания технических систем.– К.:«ГНОЗИС», 1998.– 80 с.
3. Крыжановский В.А., Кузнецов Ю.Н., Валявский И.А., Складов Р.А. Технологическое оборудование с параллельной кинематикой.– Кировоград, 2004.– 449 с.

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

#### Порядок проведення тестового контролю з лабораторної роботи

На тестовий контроль з лабораторної роботи відводиться 9 хвилин часу з розрахунку 1 хвилина на питання та 4 хвилини на оформлення та здачу тестового листа.

Під час проведення тестового контролю з лабораторної роботи студент отримує варіант тесту, що складається з 5 запитань, в кожному з яких міститься 5 варіантів відповіді (А, Б, В, Г, Д). Столпчик **Е** в даних тестах не використовується.

Заповнення тестового листа ведеться ручкою з синім або чорним кольором пасти.

Перед тим, як дати відповіді на тестові запитання студент заповнює титульну частину тестового листа, а саме: в рядку **П** вказує своє прізвище; в рядку **І** вказує своє ім'я; в рядку **Б** вказує своє по-батькові; в рядку **Група** вказує шифр своєї групи; в рядку **Варіант завдання**, вказує номер варіанта завдання, що отримав; в рядку **Лабораторна робота** вказує номер лабораторної роботи, з якої складається тест.

Після цього студент дає відповіді на тестові запитання закреслюючи відповідну літеру навпроти відповідного номера запитання. В одному рядку повинна бути закресленою тільки одна літера (А, Б, В, Г, або Д).

Якщо в одному рядку закреслено більше однієї літери, то кількість балів за відповідне запитання – 0.

Приклад. Якщо студент вважає, що на **3** запитання вірною є відповідь з літерою **В**, то він у рядку 3 тестового листа закреслює літеру В проставивши позначку ✓, × або ■.

Зразок тестового листа

П						
І						
Б						
Група						
Варіант завдання ____						
Лабораторна робота ____						
№	Варіант відповіді					
1	А	Б	В	Г	Д	Е
2	А	Б	В	Г	Д	Е
3	А	Б	В	Г	Д	Е
4	А	Б	В	Г	Д	Е
5	А	Б	В	Г	Д	Е

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП .....	3
Лабораторна робота №1 «Методика прогнозування розвитку технічних систем» .....	6
Лабораторна робота №2 «Метод морфологічного аналізу, його особливості» .....	11
Лабораторна робота №3 «Вибір кращого варіанту методом розстановки пріоритетів» .....	22
Лабораторна робота №4 «Синтез способів обробки (технологічних принципів) методом морфологічного аналізу» .....	35
Лабораторна робота №5 «Типові прийоми усунення протиріч в технічних системах» .....	46
Лабораторна робота №6 «Типові прийоми виявлення та усунення недоліків в технічних системах» .....	56
ДОДАТКИ .....	61
ДОДАТОК А Порядок проведення тестового контролю з лабораторної роботи .....	61

Електронне навчально-методичне видання

**Теорія технічних систем**

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт**

з елементами кредитно-трансфертної системи організації навчального процесу  
для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування»,  
спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування"

---

Укладачі: Ковришкін М.О., Лисенко О.В., Шелепко О.В.

---

Формат 60×84 1/16. Ум.друк.арк.4,0.

---

Кафедра «Металорізальні верстати та системи»  
м. Кропивницький, просп. Університетський, 8