

**Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет**

**І. В. Севостьянов**

# **ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**Підручник**

**Вінниця  
ВНТУ  
2014**

**УДК 62 (075)**  
**ББК 30я73**  
**С28**

Автор  
**Севостьянов І. В.**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками підготовки «Машинобудування» та «Інженерна механіка». Лист № 1/11-20795 від 31.12.2013 р.

Рецензенти:  
**Г. Й. Зайончковський**, доктор технічних наук, професор  
**О. П. Губарев**, доктор технічних наук, професор  
**В. Ф. Анісімов**, доктор технічних наук, професор

**Севостьянов, І. В.**  
С28 Теорія технічних систем : підручник / Севостьянов І. В. –  
Вінниця : ВНТУ, 2014. – 181 с.  
ISBN 978-966-641-592-2

У підручнику наведено основні поняття, пов'язані із технічними системами, їх класифікації, структура, елементи, параметри, етапи створення і використання, методи оцінювання технічних систем та їх еволюцію. Також наводяться методика постановки задач інженерної творчості і найбільш відомі методи їх розв'язання, в тому числі із застосуванням комп'ютерів. Для одержання практичних навичок з постановки і розв'язання творчих задач студентам пропонуються контрольні завдання.

**УДК 62 (075)**  
**ББК 30я73**

**ISBN 978-966-641-592-2**

© І. Севостьянов, 2014

## ЗМІСТ

ПОЗНАЧЕННЯ.....	6
ВСТУП.....	7
<b>ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС</b> .....	<b>8</b>
1 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ (ТТС), МЕТА, ЗАДАЧІ ТА СТРУКТУРА КУРСУ, ЗВ'ЯЗОК З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ.....	8
1.1 Наукові основи ТТС.....	8
1.2 Практичні основи ТТС.....	11
1.3 Мета і задачі ТТС.....	12
1.4 Зв'язок ТТС з іншими дисциплінами.....	15
1.5 Контрольні запитання.....	17
2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТТС.....	18
3 СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕНЬ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ.....	26
4 ТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ.....	31
4.1 Модель технічного процесу.....	31
4.2 Елементи технічного процесу.....	34
4.3 Параметри та ефективність технічного процесу.....	38
4.4 Подання технічних процесів.....	39
4.5 Класифікації технічних процесів.....	42
4.6 Контрольні запитання.....	42
5 ТЕХНІЧНІ ОБ'ЄКТИ.....	43
5.1 Загальні ознаки технічних об'єктів.....	43
5.2 Загальна модель технічних об'єктів.....	45
5.3 Типові моделі технічних об'єктів.....	45
5.4 Контрольні запитання.....	52
6 КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	53
6.1 Класифікація технічних об'єктів за виконуваною функцією.....	53
6.2 Класифікація технічних об'єктів за принципом дії.....	54
6.3 Класифікація технічних об'єктів за рівнем складності.....	54
6.4 Класифікація технічних об'єктів за способом виготовлення.....	56
6.5 Класифікація технічних об'єктів за ступенем конструктивної складності.....	57
6.6 Класифікація технічних об'єктів за ступенем стандартизації та походженням.....	58
6.7 Класифікація технічних об'єктів за ступенем оригінальності конструкції.....	59
6.8 Класифікація технічних об'єктів за типом виробництва.....	60
6.9 Контрольні запитання.....	61
7 ПАРАМЕТРИ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	62
7.1 Класифікації параметрів технічних об'єктів.....	62
7.2 Зв'язки між параметрами технічних об'єктів.....	78

7.3	Визначення параметрів технічних об'єктів та їх взаємозв'язків.....	79
7.4	Складання переліку заданих параметрів технічних об'єктів .....	81
7.5	Реалізація параметрів технічних об'єктів.....	83
7.6	Контрольні запитання.....	85
8	<b>ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	86
9	<b>ПОДАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	90
10	<b>ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	92
10.1	Стадії створення та використання технічних систем серійного виробництва.....	93
10.2	Стадії створення та використання технічних систем одиничного виробництва.....	96
10.3	Стадії створення та використання технічних систем четвертого рівня складності.....	98
10.4	Часова послідовність стадій створення та використання технічних систем .....	99
10.5	Розподілення стадій і операцій між виконавцями.....	102
10.6	Контрольні запитання.....	103
11	<b>ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	104
11.1	Закономірності еволюції технічних систем .....	104
11.2	Тенденції технічного розвитку .....	109
11.3	Керування процесом технічного розвитку .....	112
11.4	Мотивація досліджень та розробок.....	114
11.5	Контрольні запитання.....	114
12	<b>СПЕЦІАЛЬНІ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</b> .....	115
<b>МАТЕРІАЛИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ</b> .....		116
13	<b>ПОСТАНОВКА І АНАЛІЗ ЗАДАЧ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ</b> ...	116
14	<b>НАЙПРОСТІШІ ПРИЙОМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТВОРЧИХ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ</b> .....	129
15	<b>МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ</b> .....	135
15.1	Морфологічна комбінаторика.....	135
15.2	Послідовність реалізації методу морфологічного аналізу та синтезу технічних розв'язків .....	137
15.3	Приклад виконання індивідуального практичного завдання з морфологічного аналізу та синтезу технічних розв'язків .....	141
15.4	Контрольні запитання.....	149
15.5	Контрольні завдання.....	150
16	<b>АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ ТЕХНІЧНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ</b> .....	151
16.1	Багаторівневі морфологічні таблиці .....	151
16.2	Послідовність реалізації методу автоматизованого синтезу варіантів технічних розв'язків.....	152

16.3	Послідовність розв'язання задач автоматизованого синтезу ефективних технічних розв'язків .....	161
16.4	Контрольні запитання.....	162
16.5	Контрольні завдання.....	163
17	АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ (АРВЗ) .....	164
17.1	Переваги АРВЗ перед іншими методами інженерної творчості.....	164
17.2	Основні поняття АРВЗ.....	165
17.3	Послідовність розв'язання творчих задач за допомогою АРВЗ .....	172
17.4	Контрольні запитання.....	174
17.5	Контрольні завдання.....	175
	ПІСЛЯМОВА.....	178
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	179

## ПОЗНАЧЕННЯ

- в** – внутрішній вплив;  
**В** – множина внутрішніх впливів системи;  
**В<sub>з.вх</sub>**, **В<sub>з.вих</sub>** – зовнішні вхідний та вихідний впливи системи;  
**В<sub>з.п.вх</sub>**, **В<sub>з.п.вих</sub>** – зовнішні побічні вхідний та вихідний впливи;  
**В<sub>з.п.вх</sub>**, **В<sub>з.п.вих</sub>** – загальні зовнішні побічні вхідний та вихідний впливи;  
**в<sub>п</sub>** – внутрішній побічний вплив;  
**В<sub>п</sub>** – загальний внутрішній побічний вплив;  
**В<sub>з.вх</sub>**, **В<sub>з.вих</sub>** – загальні зовнішні вхідний та вихідний впливи;  
**е<sub>з.б</sub>** – зовнішній елемент безпосереднього впливу;  
**Ен** – енергетичний потік;  
**І** – інформаційний потік;  
**ІТ** – інженерна творчість;  
**КС** – конструктивна схема (конструктивні схеми);  
**Л** – людина;  
**ΣЛ** – множина людей як елемент системи перетворень;  
**М** – матеріальний потік;  
**НС** – навколишнє середовище;  
**О** – об'єкт впливу;  
**Ор** – операція (операції) технічного процесу;  
**п** – параметр системи;  
**ПП** – процес перетворення (процеси перетворень);  
**ПС** – принципова схема (принципові схеми);  
**С** – система (системи);  
**С<sub>з.б</sub>** – зовнішня система безпосереднього впливу;  
**Сн** – стан системи;  
**Сн<sub>вх</sub>**, **Сн<sub>вих</sub>** – вхідний та вихідний стани;  
**СП** – система (системи) перетворень;  
**Стр** – структура (структури) системи;  
**ТЗ** – технічне завдання на розробку;  
**ТО** – технічний об'єкт (технічні об'єкти);  
**ТП** – технічний процес (технічні процеси);  
**ТпП** – технічний підпроцес (технічні підпроцеси);  
**ТС** – технічна система (технічні системи);  
**ΣТС** – множина технічних систем як елемент системи перетворень;  
**ТпС** – технічна підсистема (технічні підсистеми);  
**ТТС** – теорія технічних систем;  
**ф** – внутрішня функція (внутрішні функції) системи;  
**Ф** – зовнішня функція системи;  
**ФС** – функціональна структура (функціональні структури).

## ВСТУП

Підручник відповідає робочій програмі дисципліни «Теорія технічних систем», що вивчається студентами напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» та 6.050503 – «Машинобудування».

Вивчення дисципліни дає студентам загальне уявлення про галузь техніки, в якій вони будуть працювати, виявляє її взаємозв'язки з іншими галузями та навколишнім світом, що сприяє формуванню гармонійно розвинутого фахівця. В курсі теорії технічних систем з високим ступенем узагальнення викладаються всі основні аспекти системного підходу і дається інструмент для орієнтування в будь-якій спеціальній області техніки. Теорія дозволяє пов'язати між собою різні навчальні курси і пояснити мету їх вивчення. Такий підхід буде забезпечувати краще розуміння зв'язків між окремими елементами системи навчання і змісту багатьох підручників.

Теорія робить для студента зрозумілою всю систему навчання і прояснює місце окремих дисциплін, наприклад, термодинаміки як спеціальної теорії процесів в теплових машинах (окремому типі технічних систем) або теорії опору матеріалів як загального вчення про міцність – один з параметрів систем. В курсі подається системний огляд спеціальної проблематики, завдяки чому легше виявляються прогалини, які необхідно ліквідувати при повторенні навчального матеріалу, а взаємозв'язки між дисциплінами висувуються на передній план. Більш того, включення даної дисципліни в загальний курс інженерного навчання дозволяє пояснити і довести до свідомості всіх, в тому числі і не спеціалістів, суть техніки як одного з основних елементів ноосфери, що створений і використовується людиною.

Завдяки застосуванню теорії стає більш глибоким розуміння історії інженерної діяльності, а також процесу розвитку технічних систем, оскільки на теоретичному та практичному рівні усвідомлюється залежність їх конструктивних параметрів від факторів навколишнього середовища.

Таким чином, дисципліна може слугувати: базою знань для розробки нових технічних систем, вчень про конструкції; вихідним пунктом для спеціальних теорій; основою для застосування комп'ютерної техніки (алгоритмів, систем банків даних і банків знань); керівництвом для системи навчання; з'єднувальною ланкою для фахівців різного профілю; базою для систематичних досліджень в сфері історії інженерної діяльності.

На закінчення можна сказати, що теорія технічних систем є відображенням сучасного розвитку техніки і являє собою один з проявів розуміння інженерами своєї ролі в сучасному суспільстві.

## ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

### 1 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ (ТТС), МЕТА, ЗАДАЧІ ТА СТРУКТУРА КУРСУ, ЗВ'ЯЗОК З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ

#### 1.1 Наукові основи ТТС

Загалом ТТС вивчає закономірності структури, створення та використання технічних систем (ТС) різного призначення [1]. ТС ми будемо називати технічні об'єкти (пристрої) (ТО) – різальні інструменти, контрольні прилади, металорізальні верстати, виробничі ділянки тощо – (системи типу «об'єкт») та технічні процеси (ТП) – механічної обробки заготовок на верстатах, складання та випробовування машин, зварювання, лиття і т. д. – (системи типу «процес») [1, 2]. Але для розробки цих положень необхідно спочатку створити достатньо велике число самих ТС, дослідити їх, узагальнити та систематизувати інформацію про них, відпрацювати термінологію та визначити основні поняття. На все це необхідно було багато часу.

Людині під час розробки та удосконалення основних положень фундаментальних та інших дисциплін, в тому числі ТТС, допомагав принцип виділення найбільш загального та важливого у досліджуваних об'єктах та абстрагування від несуттєвого і другорядного. При цьому відпрацювання положень дисциплін неможливе без взаємодії теорії та практики. Теорія, як правило, (але не завжди) випереджає практику, потім перевіряється нею, удосконалюється, таким чином, згодом на підставі відкоригованої теорії з'являється можливість покращити й практичні результати [1].

Перші примітивні ТС виникають ще у первісний період (400 – 100 тисяч років до н. е.) і являли собою прості знаряддя праці (кам'яні рубала, сокири, списи) та технології, пов'язані, в основному, з добуванням та приготуванням їжі (наприклад, технологія добування вогню) – (рисунок 1.1). Для опису цих ТС використовуються найпростіші схеми, що пояснюють їх

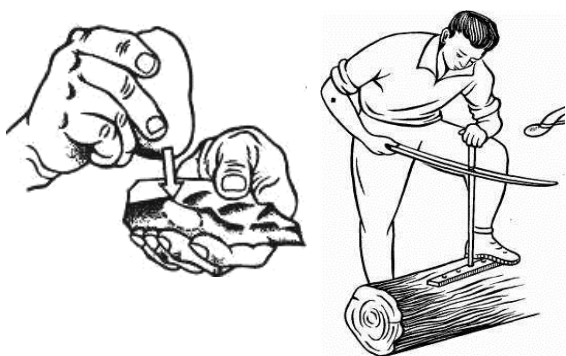


Рисунок 1.1 – Перші пристрій та технологія, створені людиною

будову або принцип [3].

У давніх Єгипті, Греції, Римі, інших країнах використовуються механізми і прості машини (водяні колеса, катапульти, преси для вичавлювання соку та олії – рисунок 1.2), для яких наводяться словесні описи та виконуються розрахунки (Архімедом, Ктесібієм) з метою визначення конструктивних та функціональних параметрів ТС [3].



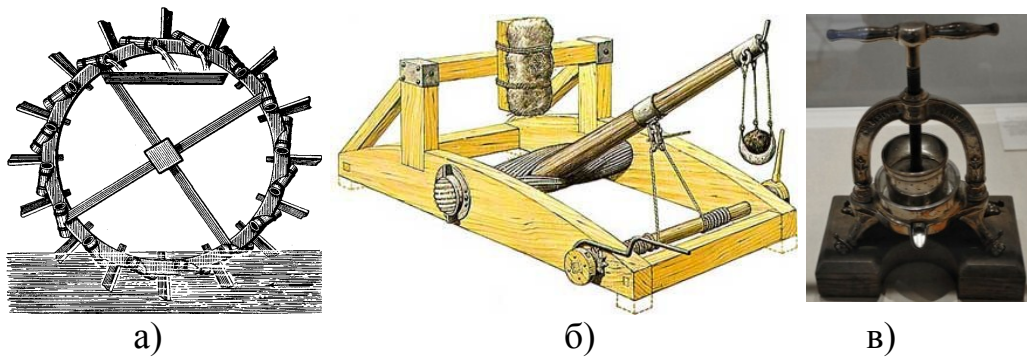


Рисунок 1.2 – ТО і ТП епохи античності: а – водопідйомне колесо; б – катапульта; в – прес для вичавлювання соку з сирого м'яса

У Середні віки ТС змінюються мало. Обмін інформацією ще утруднений, тому кожна ТС, навіть вже достатньо відома, вивчається «з нуля» і розглядається як об'єкт, що складається з тільки йому належних елементів. Загальноприйнята термінологія ще відсутня, тому одна і та сама ТС не тільки в різних країнах, але й в одній країні, в роботах різних авторів може означатись тим чи іншим терміном [1].

На більш передових позиціях в той час стояв видатний учений та винахідник Леонардо да Вінчі (1452 - 1519 рр.). На жаль його наукові роботи залишились неопублікованими і впливу на розвиток учення про ТС не зробили [1, 3]. Да Вінчі розглядав елементи ТС як загальні для ряду однотипових зразків і займався їх дослідженням. У праці «Мадридський кодекс» він сформулював два постулати про машини, які у перефразованому вигляді можна подати таким чином:

- головним у будь-якій машині є її призначення (виконувана функція), інші параметри – конструктивні, естетичні – є другорядними;
- механізми і машини удосконалюються за допомогою математики, що дозволяє розраховувати їх оптимальні параметри, в той же час машини здійснюють позитивний вплив на розвиток математики [2].

Тільки з появою перших технічних шкіл (у Парижі в 1794 р. і в Празі в 1806 р.) починається процес упорядкування теорії механізмів в рамках загального учення про машини (яке згодом стане однією з основ ТТС). В цей період теорія механізмів розробляється в основному французькими вченими Монжем, Карно, Ашеттом, Лансом. Вводяться 10, а пізніше – 21 клас механізмів, призначених для перетворення руху. Коріоліс і Понселе виділяли у машинах три основні елементи: рецептор, що сприймає обертальний або поступальний рух від привода, передавальний механізм, який сприймає рух від рецептора та перетворює його, а також інструмент (виконавчий елемент), що безпосередньо виконує функцію машини. Наприклад, у токарного верстата виконавчими елементами є шпindel, на якому закріплюється і приводиться в обертання оброблювана заготовка, та супорт, що забезпечує фіксацію і переміщення різального інструмента. У подальшому концепція Коріоліса і Понселе була розвинена засновниками навчання про механізми, в тому числі й А. М. Ампером [1].

Лише у XIX ст. після створення великого числа різних машин було проведено систематичне дослідження їх елементів та механізмів, що дозволило, ґрунтуючись на реальних надійних конструкціях, вести пошук закономірностей, які лежать в основі машин. На той час поряд з машинами, що застосовувалися у військовій та гірничій справах, а також гідроенергетичних машин, існували прядильні, ткацькі (рисунок 1.3, а) та металообробні верстати, друкарські та підйомні машини (рисунок 1.3, в) [1, 3]. Розроблялися нові типи двигунів: парова машина (рисунок 1.3, б), парова та газова турбіни, гідравлічні та електричні двигуни, двигун внутрішнього згоряння. Важливою проблемою, пов'язаною з механікою і, насамперед, з теорією міцності, стало визначення оптимальних розмірів механізмів та їх елементів. Ф. Рело (1829 – 1905 рр.) бачив основу для виявлення загальних принципів роботи машин у прикладній механіці і, зокрема, у кінематиці [1].

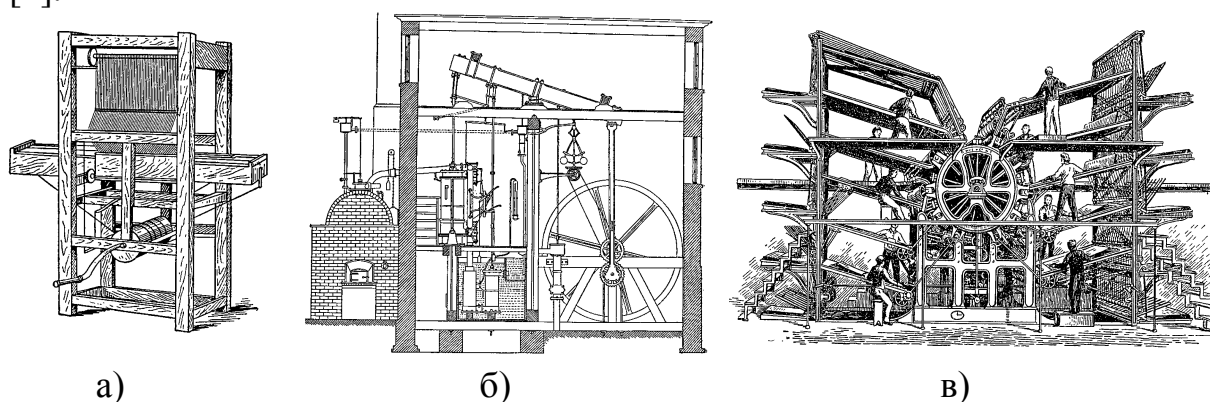


Рисунок 1.3 – Машини XIX ст.: а – ткацький верстат Картрайта; б – парова машина Уатта; в – друкарська машина

Саме Рело в 1874 р. у своїй роботі «Теоретична кінематика», опираючись на дослідження Редтенбахера (1809 - 1869 рр.), зробив першу спробу створення загальної теорії механізмів і машин (ТММ). Далі вона розвивається в роботах Р. Вілліса і П. Л. Чебишова, а у XX ст. – остаточно сформована в роботах І. І. Артоболевського [1, 4].

З практичних міркувань усі питання, пов'язані з проектуванням, виробництвом і експлуатацією машин різного призначення, розв'язувалися окремо в рамках кожної галузі. Внаслідок цього виникли відокремлені одна від одної галузі знань і професій, в яких професійне навчання повинно було доповнюватися багаторічним досвідом. Причина цього полягала у відсутності загальної теорії, а також відповідної системи збирання інформації і класифікації нових технічних пристроїв і технологій.

Таке положення було можливим і прийнятним тільки на етапі промислової революції (кінець XVIII – початок XIX ст.), коли здійснювався перехід від ручних форм виробництва до машинних. Зростаюче промислове виробництво, різні кризові ситуації (особливо Друга світова війна), сировинні й екологічні проблеми, що виникли в ході науково-технічної революції (XX ст.), – усе це потребувало нового підходу і загальної теорії сис-

тематизації машин. Створення нових **ТС**, поряд з підвищенням вимог до них, розробка нових способів розв'язання задач (наприклад, за допомогою комп'ютерної техніки), обумовлюють необхідність перегляду методів вивчення **ТС** [5].

Доводиться тільки дивуватися відсутності протягом такого довгого часу загальної теорії **ТО** і **ТП**, тоді як в інших галузях знання об'єкти дослідження (наприклад, мінерали, тварини, рослини) вже давно вивчаються й упорядковуються в строгих рамках єдиної системи.

Загальна теоретична основа **ТС** почала формуватись після Другої світової війни, спочатку у вигляді окремих положень в рамках декількох тематично пов'язаних між собою досліджень Вегербауера і Кессельрінга, а пізніше в більш інтегрованій формі в роботах Гослінга, Ротта, Хубки, Хансена, Рополя, Йошикави [1].

## 1.2 Практичні основи **ТТС**

Як вказувалось вище, перші **ТС** були достатньо прості і могли бути виготовлені або реалізовані з використанням елементарних схем або словесних описів. Але у подальшому **ТС** ускладнювались в результаті збільшення в них числа елементів та впливів між елементами. Якщо у первісний період найскладнішими **ТС** були кам'яні сокири, рубала, абразивний пристрій для висвердлювання отворів у кам'яних заготовках, технологія добування вогню, то зараз такими є оброблювальні центри з числовим програмним керуванням (**ЧПК**), авіаційні та космічні апарати, лазерні та біотехнології (рисунок 1.4) [6]. Разом з тим розширювалась номенклатура **ТС** різного призначення, яка зараз нараховує 20 млн. одиниць [6].



Рисунок 1.4 – Сучасні **ТО** і **ТП**

У останні десятиріччя суттєво збільшилось число фізико-технічних ефектів, що використовуються у **ТС** (до таких ефектів відносять, наприклад, ефект важеля, гравітації, збільшення об'єму тіла при його нагріванні, нагрівання провідника під час проходження по ньому електричного струму тощо), розширилась номенклатура матеріалів і комплектуючих, зросли об-

сяги патентної та науково-технічної інформації, скорочується час, що виділяється на створення нових ТС [6].

Відмічені тенденції призвели до того, що починаючи з 50-х рр. ХХ в. середня сумарна трудомісткість робіт інженерної творчості (ІТ) збільшується через кожні 10 років у десять разів, тоді як число інженерів, які займаються розробками, з 1980-х рр. залишається незмінним; з них спроможних створювати нову ефективну техніку менше 20% [6].

Невідповідність між збільшенням обсягів робіт та чисельністю кадрового потенціалу фахівців обумовлює ймовірність зниження якості та надійності розроблюваних ТС. Правда останнім часом при створенні нових ТО і ТП широко застосовується комп'ютерна техніка, що дозволяє суттєво прискорити розв'язання задач ІТ, проаналізувати значно більшу кількість прототипів (ТП або ТО, що виконують одну і ту саму функцію, але відрізняються за конструкцією або принципом дії) і більш обґрунтовано обрати найкращий варіант (найдешевший, найнадійніший, найприбутковіший, найменш шкідливий для людини або навколишнього середовища тощо). Але для ефективного використання комп'ютерів необхідні спеціальні методи ІТ та відповідне програмне забезпечення [7].

Загалом у інженерній практиці розрізняють творчі та чітко визначені задачі. В творчих задачах потрібно запропонувати ідею, спрощену схему, пристрій, технологію, за допомогою яких може бути усунена проблема на виробництві, транспорті або в інших галузях. При цьому усунення цієї проблеми з використанням відомих схем, пристроїв або технологій, як правило, неможливе або не забезпечує необхідного ефекту. Тому інженер, який розв'язує творчу задачу, повинен придумати щось нове або удосконалити відомі ТС. Чітко визначені задачі, наприклад, з обчислення об'єму тіла складної конфігурації, з розрахунку вала на міцність, з визначення параметрів редуктора або з вибору технологічного обладнання є вторинними відносно творчих задач. Вони ставляться і розв'язуються після того як знайдені або розроблені ідея, схема, пристрій чи технологія для усунення проблеми, але для їх впровадження необхідно більш детально розробити конструкцію або складові процеси та операції, виконати проектні, перевірені та технологічні розрахунки, оформити відповідну документацію (складальні креслення виробу та його вузлів, робочі креслення деталей виробу, специфікації, технологічні карти). Для постановки і розв'язання чітко визначених задач є відомі, добре відпрацьовані методи, методики, залежності, а також відповідне програмне забезпечення. У таблиці 1.1 проведено порівняння двох типів інженерних задач за рядом показників. Дане порівняння доводить більшу трудомісткість творчих задач [1, 6].

### **1.3 Мета і задачі ТТС**

*Метою дисципліни «Теорія технічних систем» є узагальнення та систематизація теоретично обґрунтованих та експериментально перевірених*

положень, що стосуються закономірностей структури, створення та використання ТС різного призначення, їх параметрів, методів оцінювання та удосконалення.

Для досягнення вказаної мети потрібно розв'язати такі *основні задачі*:

- розробка основних понять та термінології, пов'язаних з ТС, їх елементами та впливами між елементами;
- вивчення структури та класифікацій ТС різних типів та призначення;
- ознайомлення з параметрами ТС та класифікаціями параметрів;
- вивчення етапів створення та використання ТС;
- розробка методів оцінювання (визначення ефективності) ТС;
- вивчення напрямків, факторів та умов еволюції (розвитку) ТС;
- оволодіння методами постановки і розв'язання задач ІТ – задач з удосконалення відомих ТО і ТП та створення принципово нових ТС, задач з реконструкції та модернізації, економії сировини, праці, часу та енергії.

Таблиця 1.1 – Порівняння чітко визначених і творчих інженерних задач

Показники порівняння задач	Інженерні задачі	
	чітко визначені	творчі
Постановка задачі	Є	Як правило, відсутня
Метод (спосіб) розв'язання	Як правило, вказаний	Не вказаний
Навчальний приклад	Як правило, наводиться	Типових прикладів немає
Результат розв'язання	Однозначний	Багатоваріантний

Що стосується основних понять та термінології ТТС, то вибір і розробка їх повинні здійснюватись з таким розрахунком, щоб значення будь-якого поняття або терміна міг зрозуміти любий кваліфікований інженер на інтуїтивному рівні, без додаткових пояснень. При цьому число основних понять повинно бути не занадто великим, щоб їх легко можна було запам'ятати, і не дуже малим – для вільного пояснення положень дисципліни. З основних більш простих понять ТТС методом їх об'єднання виводяться складніші комплексні поняття, які також можна зрозуміти достатньо легко [1].

### Види теорії

Залежно від сфери використання розрізняють:

- загальну ТТС, яка справедлива для всіх ТС;
- спеціальні теорії, що конкретизують загальну ТТС для окремих типів, класів і видів ТС [1].

Структура спеціальних теорій може також бути ієрархічною, наприклад: теорія верстатів → теорія металорізальних верстатів → теорія токарних верстатів → теорія токарно-гвинторізних верстатів. Особливе положення займають спеціальні теорії, які застосовуються в ряді галузей техніки, наприклад: теорія механізмів і машин, теорія деталей машин.

## Класифікація методів інженерної творчості

Основне практичне значення ТТС полягає у методах ІТ, які можна поділити на дві групи: евристичні (інтелектуальні) та комп'ютерні (машинні) методи [6].

Евристичні методи реалізуються на підставі інтелекту та інтуїції людини, яка розв'язує задачу ІТ. При цьому людина виконує всю роботу щодо постановки задачі, пошуку можливих варіантів її розв'язку, визначення критеріїв оцінювання та вибору за ними найкращого варіанта розв'язку задачі [8].

Реалізація комп'ютерних методів основана на використанні комп'ютерної техніки, за допомогою якої виконується найбільш трудомістка частина задачі, пов'язана із синтезом допустимих варіантів розв'язків, їх аналізом та пошуком найбільш раціонального варіанта розв'язку. Від людини ж вимагається грамотно поставити задачу, укласти список вимог до прототипів ТС та визначити основні критерії їх оцінювання. При цьому, завдяки високій швидкодії та значним обсягам пам'яті комп'ютера, з'являється можливість проаналізувати велике число варіантів розв'язку задачі (значно більше, ніж при використанні евристичних методів), порівняти їх за великим числом критеріїв і більш обґрунтовано вибрати найкращий варіант [7].

Евристичні методи почали розробляти ще зі стародавніх часів (Сократ, Архімед). Пізніше багато уваги їм приділяли провідні вчені XVII – XVIII століть. Ф. Бекон, Р. Декарт і Г. Лейбніц. Починаючи із 1940-х років різко зросла інтенсивність досліджень і розробок зі створення і застосування евристичних методів, методик, прийомів, правил, принципів і т. д. На даний момент їх відомо більше 100. У СРСР значний внесок у розробку евристичних методів зробили Г. С. Альтшуллер, А. І. Половинкін та інші вчені [6].

Комп'ютерні методи почали створюватись у 60-і роки минулого століття з появою ефективних та доступних електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). В наш час їх налічується декілька десятків [6, 9].

Огляд методів обох груп достатньо широко поданий в літературі. До найчастіше використовуваних евристичних методів відносяться методи: мозкової атаки (колективний пошук і обговорення можливих розв'язків задачі), евристичних прийомів (використання комплексу ефективних підходів та методик щодо змін конструктивних параметрів ТС, які дозволяють поліпшити її робочі характеристики), морфологічного аналізу та синтезу (укладання таблиць з варіантами реалізації основних ознак ТС і отримання шляхом їх об'єднання в різні комбінації нових більш ефективних прототипів, див. розділ 15) [6, 8, 10], алгоритм розв'язання винахідницьких задач (АРВЗ) (виявлення та усунення протиріч, що заважають розв'язанню задачі – див. розділ 17) [11]. Відомими методами пошукового конструювання є: синтез технічних розв'язків (ТР) на І-АБО-деревах (укладання багаторівневих морфологічних таблиць і машинний аналіз та синтез на їх основі допустимих та перспективних варіантів ТР – див. розділ 16), синтезу фізич-

них принципів дії (комплексне використання для створення прототипів ТС фізико-технічних ефектів) та синтезу оптимальних структур і форм (використання графічних модулів, з яких машина синтезує варіанти структурних схем або складальні креслення прототипів) [12, 13, 14].

### **Вимоги, що висуваються до методів інженерної творчості**

1. Методи ІТ повинні мати єдину науково-обґрунтовану понятійну основу, узгоджену із системою понять фундаментальних та загально-інженерних дисциплін [6].

2. Для ефективного використання методу необхідно розробити комплект документів – навчально-робочий модуль, який полегшує впровадження методу у навчальну, науково-дослідну та дослідно-конструкторську роботу. Модуль повинен включати:

- чітко описану методику постановки та розв'язання задачі, яка має міжгалузевий або проблемно-орієнтований характер;
- необхідне інформаційне забезпечення;
- комплекси навчальних задач і завдань;
- програмне забезпечення із вказівками до його використання та рекомендаціями щодо підготовки нових версій;
- рекомендації щодо застосування навчально-робочого модуля у навчальній, дослідно-конструкторській та науково-дослідній роботі, а також в САПР (системах автоматизованого проектування) [6].

### **1.4 Зв'язок ТТС з іншими дисциплінами**

Окрім фундаментальних (математика, фізика, хімія, біологія), ТТС пов'язана з рядом загально-інженерних та спеціальних дисциплін (опір матеріалів, теоретична механіка, матеріалознавство, теорія механізмів і машин, деталі машин, ОНДР (основи науково-дослідної роботи), САПР та іншими) [2].

Зокрема, з курсу математики у ТТС використовуються: теорія множин та теорія графів – для подання структури ТС; диференціальні та інтегральні рівняння – для моделювання функціонування ТС та визначення їх функціональних та конструктивних параметрів; теорія ймовірностей та математична статистика – для дослідження ТС, функціонування яких має ймовірнісний характер.

З фізики у ТТС застосовуються рівняння та залежності для розрахунку параметрів ТС, фізичні принципи – для удосконалення відомих та створення нових ТС. Крім цього, у курсі ТТС зустрічається багато фізичних прикладів для пояснення основних теоретичних положень дисципліни.

З хімії взято деякі важливі властивості хімічних елементів та сполук, рівняння їх реакцій – для опису структури, функціонування та взаємодії хімічних ТС.

З біології використовуються: деякі закономірності життєдіяльності та взаємодії біологічних істот, що беруть участь у технологічних процесах (наприклад, у реакторах для виробництва біогазу) з метою моделювання цих процесів та використовуваних при цьому пристроїв; принцип класифікації рослин та тварин – для упорядкування та систематизації всієї множини ТС; закони еволюції (необоротності еволюційних процесів, прискорення темпів еволюції, нерівномірності еволюційного розвитку, збільшення розмаїтості організмів тощо) – як й живі організми, ТС постійно змінюються, розвиваються та удосконалюються [15].

З дисциплін «Опір матеріалів» та «Теоретична механіка» запозичені залежності для визначення параметрів деяких ТС, а також схеми металоконструкцій та механізмів – як приклади для пояснення суті основних та допоміжних понять ТТС.

З курсу «Матеріалознавство» використовуються властивості різни груп матеріалів.

З ТММ взято структурні схеми механізмів, аналогом та розвитком яких є принципові схеми ТС; також в обох курсах спільно використовуються методи аналізу та синтезу [1].

Досить значним є внесок у ТТС з курсу «Деталі машин»: принципові та конструктивні схеми, класифікації деталей, стандартних виробів та складальних одиниць; формули для визначення конструктивних та функціональних параметрів ТС [1].

З ОНДР використовується послідовність та рекомендації зі здійснення теоретичних та експериментальних досліджень нових ТС, зокрема, методи їх динамічного та математичного моделювання, удосконалення, розробка методик проектного розрахунку створених ТС. Також і в ОНДР, і у ТТС вивчається послідовність подання заявки на видачу патенту, дається поняття про світовий сучасний науково-технічний рівень, а також патентно-ліцензійну комерційну діяльність [2].

Із САПР спільними є програмні засоби для автоматизованого проектування нових ТС, а також бази даних з інформацією про типові елементи та впливи між ними, з яких може формуватись структура прототипів ТС або з кресленнями стандартизованих виробів та складальних одиниць, що входять до складу сучасних ТО (використання останніх спрощує, здешевлює та прискорює проектування та виробництво ТО) [7, 9].

Також використовуються елементи таких дисциплін, як «Електротехніка», «Гідравліка та гідропневмоприводи», «Металорізальні верстати», «Ріжучий інструмент»: методи побудови принципових схем технічних об'єктів (електричних, гідравлічних, пневматичних, кінематичних схем), впливи між принциповими елементами, принципи, що лежать в основі функціонування різних технічних пристроїв та реалізації технічних процесів.

З курсу «Експлуатація та обслуговування машин» використовується поняття про основні експлуатаційні параметри технічних об'єктів.



## 1.5 Контрольні запитання

1. Що собою являє метод абстрагування?
2. Якими були перші технічні пристрої та технології, створені людиною? Коли вони з'явилися?
3. Якими були підходи до створення машин в епоху античності та у Середні віки?
4. Яким був внесок у теорію систем Леонардо да Вінчі?
5. Розкажіть про початковий період розвитку теорії механізмів і машин.
6. Які нові машини і двигуни з'явилися у ХІХ ст.?
7. Як змінювались підходи до вивчення механізмів і машин в історії людства?
8. Як систематизувались знання про машини і механізми?
9. Назвіть вчених, які зробили суттєвий внесок у формування дисципліни «Теорія технічних систем».
10. Як змінювались технічні системи у продовж всієї історії їх еволюції?
11. В чому полягає складність створення сучасних технічних систем?
12. В чому специфіка творчих інженерних задач порівняно із чітко визначеними інженерними задачами?
13. Сформулюйте мету і задачі ТТС.
14. Якою є структура дисципліни ТТС?
15. Які є види теорії технічних систем?
16. Як класифікуються методи інженерної творчості?
17. Розкажіть про найбільш відомі методи інженерної творчості.
18. Які вимоги висуваються до методів інженерної творчості?
19. З якими дисциплінами і яким чином пов'язана ТТС?

## 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТТС

Звичайно для формулювання власних думок люди користуються словами і словосполученнями, що обирають інтуїтивно, на рівні підсвідомості. Однак такий інтуїтивний підхід є непридатним для формування теорії та методик розв'язання задач наукової дисципліни (в тому числі і ТТС) у зв'язку із тим, що призводить до непорозумінь і втрат важливої інформації. Тому для основних понять, а також для їх означень рекомендується використовувати загальну наукову термінологію, що вже склалась протягом останніх трьох сторіч [1].

В основу теоретичних положень фундаментальних та загальноінженерних дисциплін покладено здебільшого спеціалізовані або вузькоспеціалізовані терміни (наприклад, «профіль повздовжнього перерізу», «станина», «карданний вал»), однак зустрічаються і слова взяті із мови загального використання, які отримали друге або третє, але вже наукове значення (наприклад, терміни «коромисло», «кулачок», «бабка»).

Заради точності треба відмітити, що і в ряді фундаментальних дисциплін між вченими ще не досягнуто єдності з питання вибору термінів та формулювання означень. Наприклад, основна деталь певного механізму або машини, яка безпосередньо виконує задану функцію (такою деталлю в ТО слюсарні лещата є губки, між якими затискається оброблювана заготовка і в такий спосіб виконується функція лещат) у різних дисциплінах та різними авторами називається «виконавчий елемент» або «робочий орган». Це не дозволяє робити посилання на відповідні літературні джерела і змушує повторно розглядати деякі елементарні, але важливі поняття [1].

Ще одна термінологічна проблема пов'язана із відмінами значень одних і тих самих слів у різних мовах, або навпаки, із різним вимовлянням та написанням термінів, що застосовуються для одного поняття. Так, наприклад, німецький термін «Technik» (техніка) не збігається з англійським «technique» (методика, технічний прийом, обладнання), а німецьке слово «Konstrukteur» (конструктор, будівельник) є неадекватним відповідному англійському «designer» (конструктор, проектувальник) [1].

У зв'язку із вищевикладеним, при формуванні понятійної основи ТТС було використано такі принципи:

- орієнтація в термінологічному плані, в першу чергу, на поняття фундаментальних дисциплін, які мають загальне визнання;
- максимально широке використання міжнародної термінології.

Крім того, для ряду понять будуть рекомендовані аббревіатури та літерно-цифрові символи, що, по-перше, відповідає вимогам міжнародних стандартів і, по-друге, дозволяє скороти записи і витрати інженерної праці при розв'язанні задач [1, 2].

Означення понять буде здійснюватись в два етапи. Спочатку (в даній лекції) даються означення найбільш важливих основних понять, що зу-

стрічаються протягом усього курсу. Спеціальні поняття будуть розглядатись пізніше, в порядку обговорення відповідних тем. Для полегшення орієнтації основні поняття об'єднуються в групи за ключовим словом, наприклад групи «множина», «система» і т. д. При цьому, кожна з груп вивчається у порядку черговості, який залежить від необхідності застосування того чи іншого ключового поняття у формулюваннях означень групи. Наприклад, в означенні ключового поняття «система» використовується інший ключовий термін «множина». Отже, спочатку треба розглянути групу понять «множина» [1, 16].

### **Множина**

*Множина* – це сукупність реальних або уявних процесів або об'єктів – елементів ( $e$ ) множини. За кількістю елементів розрізняють скінченні і нескінченні множини. Якщо  $e$  — елемент множини  $M$ , то записують:  $e \in M$ . Дві множини  $M$  і  $N$  *еквівалентні*, якщо кожному елементу множини  $M$  точно відповідає елемент множини  $N$  і навпаки. Якщо всі елементи множини  $N$  містяться в  $M$ , то  $N$  — *підмножина*  $M$ :  $N \subset M$ . Тоді сукупність всіх елементів  $M$ , неналежних  $N$ , називається *доповненням* множини  $N$ . *Об'єднання*  $M \cup N$  — це множина, яка складається зі всіх елементів  $M$  і  $N$ . *Перехрещення*  $M \cap N$  – множина, що містить елементи, які одночасно належать як  $M$ , так і  $N$  [1].

### **Система**

*Системою* ( $C$ ) ми називаємо сукупність, утворену і упорядковану за певними правилами зі скінченної множини елементів, які можуть впливати один на одного (пов'язані внутрішніми впливами). Відомі також системи, між елементами яких відсутні впливи [1].

Розрізняють *системи типу «процес»* (елементами є операції) і *системи типу «об'єкт»* (елементами є реальні об'єкти).

*Внутрішні впливи* ( $v$ ) між елементами системи являють собою зв'язки матеріального ( $M$ ), енергетичного ( $En$ ) або інформаційного ( $I$ ) характеру. Інші більш складні впливи можуть бути подані комбінаціями трьох вказаних простих.

Елемент і система є відносними поняттями. Залежно від того, відносно чого розглядається об'єкт або процес, він може бути системою (для об'єктів або процесів нижчого рівня складності) або елементом в системі вищого рівня складності. Наприклад, коробка швидкостей є системою для валів і зубчастих коліс, з яких вона складається. Однак ця ж коробка в системі металорізального верстата розглядається як елемент. Інколи системи вищого і нижчого рівня складності називають *над-* і *підсистемами* ( $TnC$ ) [1, 2].

Користуючись положеннями  $TnC$  можна досліджувати як найпростіші (атоми), так і найскладніші системи (космічні апарати, міжгалузеві підприємства). Залежно від рівня складності систем визначаються профіль та ква-

ліфікація фахівців, яких необхідно залучити для їх розробок та дослідження (фізиків–ядерників, конструкторів металорізальних верстатів або проєктувальників заводів) [2, 17].

З поняттям «система» пов’язані такі похідні поняття як призначення, функціонування, структура, зовнішні системи і елементи, зовнішні впливи, параметри і стан системи.

### **Призначення системи**

*Призначення* системи – це виконання її зовнішньої (загальної) функції ( $\Phi$ ). Наприклад, зовнішньою функцією металорізального верстата є забезпечення розмірної обробки металевих заготовок шляхом зняття з них стружки. *Зовнішню функцію* системи можна подати множиною *внутрішніх функцій* ( $\phi$ ) або функцій елементів, що містяться в її складі [1, 2]:

$$\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n\},$$

де  $n$  – число елементів системи.

Як внутрішню функцію кожного елемента системи, так і зовнішню функцію системи в цілому математично можна описати як [2, 6]

$$\Phi = (\mathbf{B}; \mathbf{O}; \mathbf{Y}), \quad (2.1)$$

де  $\mathbf{B}$  – загальний внутрішній вплив, який необхідно реалізувати для виконання заданої функції  $\Phi$ ;  $\mathbf{O}$  – об’єкт, на який спрямований вплив  $\mathbf{B}$ ;  $\mathbf{Y}$  – умови та обмеження, що накладаються на реалізацію впливу  $\mathbf{B}$ . Так, в описаній вище функції металорізального верстата: «забезпечення розмірної обробки» – це вплив ( $\mathbf{B}$ ), «металевих заготовок» – об’єкт ( $\mathbf{O}$ ), «шляхом зняття стружки» – умова ( $\mathbf{Y}$ ). Опис функції системи може бути якісним (у словесній формі або у формалізованому вигляді) або кількісним (додатково охарактеризованим кількісними параметрами). Наприклад, для «забезпечення розмірної обробки» можна вказати числові значення швидкості різання, подачі і глибини різання, з якими вона відбувається.

### **Параметри системи і їх чисельні значення**

Кожна система та її елементи характеризуються якісними або кількісними *параметрами* ( $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_n$ ), які визначають дану конкретну систему та її місце серед інших систем. Наприклад, основними параметрами металорізального верстата можуть бути потужність електродвигуна привода головного руху, діапазон швидкостей обертання шпинделя та діапазон подач супорта, які на ньому можна реалізувати, клас точності верстата, його маса та інші. За значеннями цих параметрів один металорізальний верстат може відрізнитись від іншого верстата аналогічного призначення [1, 2].

Основними для будь-якої системи є величини, що характеризують її зовнішню та внутрішні функції – *функціональні (робочі) параметри*. Вка-

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хубка В. Теория технических систем / Хубка В. – М. : Мир, 1987. – 208 с.
2. Севост'янов І.В. Теорія технічних систем. Ч. І. : навчальний посібник / Севост'янов І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 125 с.
3. Іскович-Лотоцький Р. Д. Історія інженерної діяльності. Ч. III. : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севост'янов. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 121 с.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И. И. – М. : Наука, 1988. – 640 с.
5. Чернов Л. Б. Основы методологии проектирования машин : учебное пособие для вузов / Чернов Л. Б. – М. : Машиностроение, 1978. – 148 с.
6. Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учебное пособие для студентов вузов / Половинкин А. И. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
7. Половинкин А. И. Автоматизация поискового конструирования / Половинкин А. И. – М. : Радио и связь, 1981. – 344 с.
8. Мюллер И. Эвристические методы в инженерных разработках / Мюллер И. ; пер. с нем. – М. : Радио и связь, 1984. – 144 с.
9. Джонс Дж. К. Методы проектирования / Джонс Дж. К. ; пер. с англ. – [2-е изд.] – М. : Мир, 1986. – 326 с.
10. Борисов В. И. Общая методология конструирования машин / Борисов В. И. – М. : Машиностроение, 1978. – 120 с.
11. Алгоритм решения изобретательских задач : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0\\_%D0%90%D0%A0%D0%98%D0%97](http://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0_%D0%90%D0%A0%D0%98%D0%97).
12. Буш Г. Я. Методы технического творчества / Буш Г. Я. – Рига : Лиесма, 1974. – 94 с.
13. Севост'янов І. В. Теорія технічних систем. Ч. II : навчальний посібник / Севост'янов І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 72 с.
14. Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем / Кузнецов Ю. М., Луців І. В., Дубиняк С. А. – К. – Тернопіль, 1997 – 310 с.
15. Петров В. Алгоритм решения изобретательских задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / Петров В. – Тель-Авив, 1999. – 256 с. – Режим доступа : <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/ariz.pdf>.
16. Ковришкін М. О. Теорія технічних систем. Конспект лекцій з елементами кредитно-модульної системи організації навчального процесу з курсу «Теорія технічних систем» для студентів спец. 6.090202 «Технологія машинобудування», 6.090203 «Металорізальні верстати та системи», 6.090205 «Обладнання ливарного виробництва», 6.090206 «Обладнання

для обробки металів тиском» / Ковришкін М. О. – Кіровоград : КНТУ, 2006. – 72 с.

17. Кузнецов Ю. Н. Теория технических систем / Кузнецов Ю. Н., Новоселов Ю. К., Луцив И. В. – Севастополь, 2010. – 210 с.

18. Саламатов Ю. П. Система законов развития техники : сборник «Шанс на приключение» / Саламатов Ю. П. – Петрозаводск : Карелия, 1991. – 365 с.

19. Придальний Б. І. Електронний посібник з дисципліни : «Теорія технічних систем» [Електронний ресурс] / Придальний Б. І. – Луцьк, 2011. – Режим доступу:

[http://lib.lntu.info/books/tf/kpv\\_ta\\_tm/2011/11-84/](http://lib.lntu.info/books/tf/kpv_ta_tm/2011/11-84/).

20. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения / Альтшуллер Г. С. – М. : Моск. Рабочий, 1974. – 296 с.

21. Петров В. М. Основы теории решения изобретательских задач [Електронний ресурс] / Петров В. М. – Тель-Авив, 2002. – Режим доступу:

<http://www.natm.ru/triz/articles/petrov/000.htm>.

22. Основы ТРИЗ – Викиучебник [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[http://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B\\_%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%97](http://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B_%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%97) .

23. Очнев А. В. Курс ТРИЗ для оружейников [Електронний ресурс] / Очнев А. В. – Тула, 2004. – 99 с. – Режим доступу:

[http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/weapons\\_ochnev.pdf](http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/weapons_ochnev.pdf).

24. Вірич С. О. Методичні вказівки до самостійної роботи з нормативної навчальної дисципліни професійної та практичної підготовки «Теорія технічних систем» (для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» / С. О. Вірич, М. О. Бабенко – Красноармійськ : Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2012. – 25 с.

25. Севостьянов І. В. Експлуатація верстатних комплексів. Ч. І. : навчальний посібник / І. В. Севостьянов. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 125 с.

*Навчальне видання*

**Севостьянов Іван Вячеславович**

# **ТЕОРІЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Підручник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено І. Севостьяновим

Підписано до друку 07.11.2014 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 11,6.  
Наклад 500 (1-й запуск 1-100) пр. Зам. № 2014-082.

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.