

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

С.В.Подлесний, Ю.О.Єрфорт, В.М.Іскрицький

Історія інженерної діяльності

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник
для студентів вищих технічних учбових закладів

Краматорськ 2004

ББК 30г

УДК 62(09)

П44

Рецензенти:

Долматов А.І.- доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології виробництва авіадвигунів НАКУ “ХАІ”

Сердюк Л.І. - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки Полтавського національного технічного університету

Ковалевський С.В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і управління виробництвом Донбаської державної машинобудівної академії

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
Лист № _____ від _____ 200 р.

С.В.Подлесний, Ю.О.Єрфорт, В.М.Іскрицький

П 44 Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник / – С.В.Подлесний, Ю.О.Єрфорт, В.М.Іскрицький. - Краматорськ: ДДМА, 2004. – 128 с.

ISBN 966-7851-25-7

Викладені відомості про розвиток доінженерної та інженерної діяльності від стародавніх часів до теперішнього часу, історії техніки, про закони її будови і розвитку. Розглянуті структура та функції інженерної діяльності, методи інженерної творчості. Соціально-психологічні аспекти інженерної діяльності.

ББК 30 г

ISBN 966-7851-25-7

© С.В.Подлесний
Ю.О.Єрфорт
В.М.Іскрицький, 2004
© ДДМА, 2004

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ВІД НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ ДО ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ XVIII СТОЛІТТЯ	10
1.1 Технічна діяльність у найдавніші часи. Виникнення і поширення простих знарядь праці.....	10
1.2 Техніка рабовласницького способу виробництва. Розвиток і розповсюдження складних знарядь праці.....	17
1.2.1 Знаряддя праці з металу	17
1.2.2 Землеробство і зрошувальні споруди	18
1.2.3 Відокремлення ремесла від землеробства.....	19
1.2.4 Будівельна справа	20
1.2.5 Гірнична справа	22
1.2.6 Розвиток військової техніки.....	23
1.2.7 Покращення засобів руху.....	24
1.2.8 Доінженерна діяльність та становлення науково-технічних знань.....	26
1.3 Технічна діяльність в середні віки	30
1.3.1 Розвиток ремесла	30
1.3.2 Виплавляння металу.....	31
1.3.3 Гірнична справа	32
1.3.4 Великі винаходи: порох, папір, книгодрукування, окуляри, компас.....	32
1.4 Технічна діяльність у період занепаду феодалізму і зародження капіталістичних відносин	34
1.4.1 Мануфактура, диференціація й удосконалення робочих інструментів	34
1.4.2 Водяне колесо – основний двигун мануфактурного періоду.....	34
1.4.3 Розвиток гірничої справи.....	36
1.4.4 Зміни в техніці металургії.....	36
1.4.5 Зміни у військовій техніці в зв'язку з застосуванням вогнепальної зброї	37
1.4.6 Текстильне виробництво	38
1.4.7 Годинник і млин як основа для створення машин. Перші машини і винахідництво	39
1.4.8 Стан науково-технічних знань і природознавства.....	41
2 ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ XVIII-XIX СТОЛІТТЯХ	47
2.1 Історична послідовність виникнення машинного виробництва	47
2.2 Перші робочі машини в текстильному виробництві	49
2.3 Створення універсального теплового двигуна	52

2.4	Створення робочих машин в машинобудуванні	55
2.5	Розвиток металургії	59
2.6	Розвиток гірничої справи	61
2.7	Розвиток техніки хліборобства	65
2.8	Розвиток транспорту	66
2.9	Зміни в техніці зв'язку	69
2.10	Нове у галузі світлотехніки. Прогрес у поліграфії. Створення фотографії	69
2.11	Винаходи у галузі військової техніки	70
2.12	Винаходи і відкриття, які стали основою технічного прогресу в наступний період розвитку техніки	70
3	ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ВІД ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ ДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ ХХ СТ	71
3.1.1	Основні особливості і напрями розвитку техніки в період між 70-ми роками ХІХ ст. та 20-ми роками ХХ ст.	71
3.2	Вимоги транспорту, будівництва і військової справи до машинної індустрії	72
3.3	Розвиток металургії	74
3.4	Розвиток гірничої справи	76
3.5	Розвиток машинобудування	77
3.5.1	Особливості розвитку машинобудування.....	77
3.5.2	Розвиток верстатобудування	78
3.5.3	Упровадження електропривода в машинобудування	79
3.5.4	Розвиток науки про металообробку	80
3.5.5	Винахід електричного зварювання	80
3.6	Прогрес в електротехніці.....	81
3.7	Зародження нових галузей техніки. Винайдення двигуна внутрішнього згорання. Створення літака, телефону, радіо	82
3.8	Розвиток техніки виробництва машин в ХХ ст. Масове поточне виробництво. Перехід до автоматичних ліній	84
3.9	Розвиток інших галузей техніки (транспорту, електроніки, ядерної фізики)	86
4	ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ В ЕПОХУ НАУКОВО -ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ (НТР).....	88
4.1	Основні напрями НТР. Сучасний стан машинобудування.....	88
4.2	Виникнення і розвиток інформаційно-кібернетичної техніки	92

4.3	Космонавтика.....	98
4.4	Інженерна діяльність в умовах обмеження ресурсів і жорстких екологічних вимог	99
4.5	Технічні науки і державна науково - технічна політика	100
5	ЗАКОНИ ПОБУДОВИ І РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ. ЕВОЛЮЦІЯ МАШИН	100
5.1	Закон прогресивної еволюції техніки.....	101
5.2	Закон відповідності між функцією та структурою	102
5.3	Закон стадійного розвитку техніки.....	106
5.4	Використання інших законів техніки.....	107
5.5	Про роль краси в інженерній творчості	107
6	СТРУКТУРА І ФУНКЦІ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. МЕТОДИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ	110
6.1	Структура розвинутої інженерної діяльності	110
6.2	Винахідництво	113
6.3	Методи інженерної творчості	113
6.3.1	Постановка і аналіз задачі.....	114
6.3.2	Методи мозкової атаки.....	114
6.3.3	Метод евристичних прийомів.....	115
6.3.4	Морфологічний аналіз і синтез технічних рішень.....	116
7	СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ СКЛАД ТВОРЧОГО ІНЖЕНЕРА. МАЙБУТНЄ ІНЖЕНЕРНОЇ ПРОФЕСІЇ	116
7.1	Мотивація інженерної творчості	116
7.2	Ділові якості інженера.....	119
7.3	Бюрократичні перепони на шляху інженерної творчості.....	120
7.4	Джерела нераціонального використання творчих можливостей інженера.....	121
7.5	Зустріч з людиною “із завтра”. Погляд в майбутнє.....	121
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	124

ВСТУП

XX століття було досить насичене подіями. Як тільки його не називають - “вік атому”, “вік хімії”, “епоха освоєння космосу“. Але з не меншим правом його можна назвати і “віком інженерії”. Прогрес науки і техніки призвів до розквіту інженерної професії, дав у руки інженерам небачені творчі (і руйнівні) сили і в той же час поклав на них велику відповідальність за долю людської цивілізації. Відкриття нових форм перетворення, концентрації і використання енергії, нових можливостей підвищення і зниження температур, тиску, швидкостей, створення матеріалу з наперед заданими властивостями – все це і багато інших досягнень наукової думки служать фундаментом для удосконалення засобів праці, організації нових видів виробництва.

Збудувати ж на цьому фундаменті грандіозну будівлю нових технологій – задача інженерних працівників. Без їх участі неможливе оперативне рішення жодної із складних проблем, висунутих новою науково-технологічною і економічною реальністю. Адже наука безпосередньо з'єднується з технікою і втілюється в проектах складних агрегатів, автоматизованих ліній, потужних виробничих комплексів перш за все завдяки напруженим творчим зусиллям великого загону інженерів. Інженерна діяльність є ключовою ланкою у відомому ланцюжку “наука – техніка – виробництво“, яка визначає відповідні темпи зростання виробничих сил суспільства.

Майбутнє виростає з теперішнього, але зароджується воно і починає розвиватись у минулому. Перш ніж придбати нинішнє значення і розмах, інженерна справа пройшла непростий, історично довгий шлях становлення. Ціною зусиль багатьох поколінь людство по крихтам здобувало знання, готуючи ґрунт для паростків інженерної думки. Те, як вони пробивались і міцніли, важливо знати не з марної цікавості. Усвідомивши минуле інженерії, співвіднівши його з сьогодишнім станом, ми зможемо глибше усвідомити закономірність її розвитку, розібратися в сутності змін, які відбуваються у її структурі і змісті в наші дні, передбачати її майбутнє.

Даний курс покликаний сприяти формуванню у студентів технічних спеціальностей загальної картини розвитку інженерної справи як цілісного (внутрішньо єдиного) процесу, який відбувається закономірно і проходить в органічному взаємозв'язку і взаємодії з історією суспільства. Інженер – це не вузький технічний спеціаліст, його рішення і діяльність справляють великий вплив на соціальне і природне середовище, на саму людину. Власне через усвідомлення історії своєї професії майбутній інженер може залучитися до найвищих досягнень людської культури в цій галузі, зрозуміти своє місце в сучасному світі.

Історія інженерної діяльності відносно самостійна; її не можна звести ні до історії техніки, ні до історії науки. Історичні дослідження передумов інженерної діяльності передбачають її вивчення з самого початку. Але що повинно вважатися таким початком? Технічна діяльність, яка притаманна людині на самих ранніх етапах її розвитку, тільки тоді стала інженерною, коли, поперше, вона почала орієнтуватися на науку (регулярне застосування наукових

знань щодо технічної практики, або, в крайньому випадку, наукову картину світу); по-друге, коли виникла професійна організація інженерів, а потім і спеціальна інженерна освіта. Але перш, ніж перейти до розгляду основного курсу, слід з'ясувати декілька термінологічних та загальнотеоретичних питань.

Слово "техніка" походить від грецького "техне" та латинського "ARS", які перекладаються як "мистецтво, майстерність, умілість". Це слово також є похідним від індоєвропейського кореня "texin", яке означає теслярське мистецтво або будівництво. У нефілософській античній літературі слово "техне" використовувалось для позначення роботи, майстерності, ремесла різного роду. У роботі старогрецьких філософів "техне" розглядалось не тільки як діяльність особливого роду, а і як вид знання. Від слова "техне" в грецькій мові утворився прикметник "tecnikom", а від нього латинське "tecnikom ars", від нього у французькій мові з'явився термін "technigne", який увійшов у німецьку мову як "technik". Англійський термін "technology" має іншу етимологію і походить від грецького "technologia".

Спорідненим до слова "техніка" вважається слово "інженер" (фр. "ingenieur" від лат. ingenium – розум, винахідливість, природжені здібності). Воно виникло від латинського кореня що означає "творити", "створювати", "упроваджувати". До нього близькі за значенням українські слова "винахідливий", "майстерний", "мистецький", "хитромудрий". Слово "ingenious" уперше використовувалося в значенні деяких військових машин у II ст. Людина, яка могла створювати такі хитромудрі прилади стала зватися "ingeniator" (винахідник). Також слово "механік" у першому своєму значенні відповідало вправнику, винахіднику, творцю машин.

Слово "машина" (на Русі спочатку "махіна") було запозичене з давньогрецької театральної практики і означало підйомну машину, що використовувалась у театрі. Добре відоме висловлювання, що стало афоризмом "Dei ex machina" ("Бог машини"). У давньогрецькому театрі бог звичайно з'являвся з гори за допомогою особливої театральної машини та розв'язував усі складні ситуації, що виникли у ході спектаклю.

У сучасному змісті під технікою розуміють сукупність штучно створених засобів діяльності людей. Техніка створюється та використовується з метою одержання, передачі та перетворення енергії, впливу на предмети праці при створенні матеріальних благ, збору, зберігання, переробки та передачі інформації, дослідження законів та явищ, природи та суспільства, пересування, керування суспільством, обслуговування побуту, забезпечення обороноздатності та ведення воєн.

Тобто слово "техніка" має декілька значень. Воно може бути розтлумачене, як система відповідних навиків, відпрацьованих для будь-якого використання. У більш вузькому значенні технікою називають засоби, за допомогою яких людина впливає на природу, тобто це виготовлення предметів, штучне відтворення процесів та явищ.

Під технікою розуміють набір різних технічних засобів: інструментів, машин, апаратів, приладів та ін., які використовуються у виробництві та повсякденному житті. Техніка розглядається як специфічна людська діяльність,

за допомогою якої людина виходить за край обмежень, які накладаються його власною природою. Іншими словами, техніка – не тільки продукт, але й процес його виготовлення.

Техніка — це також система технічних знань, які включають до себе не тільки наукові, а й різні конструктивні, технологічні та інші подібні знання та евристичні прийоми, відпрацьовані у ході технічної практики.

Історія інженерної діяльності тісно пов'язана з історією цивілізації і закономірностями розвитку техніки.

Перший (праінженерний) етап був етапом становлення інженерної діяльності в епоху рабовласництва, пов'язаним головним чином з будівництвом и архітектурою.

Другий (передінженерний) етап інженерної діяльності почався в епоху Відродження і розвивався в умовах феодалізму та зародження машинного виробництва. Основною сферою інженерної діяльності залишається будівництво, а також створення військових машин та фортифікаційних споруд. Найвидатнішим інженером того часу був Леонардо да Вінчі, художник, архітектор, механік, експериментатор і винахідник, геніальність якого була підкріплена широкими технічними знаннями. До цього часу інженер та архітектор практично не відрізнялись — це той, хто керує створенням складних штучних споруд. Різниця між військовими та громадянськими інженерами стала проводитися пізніше. Уперше став звати себе громадянським інженером відомий англійський інженер Джон Смітон (1724-1792).

Третій етап становлення інженерної діяльності мав місце в епоху промислового перевороту і розповсюдження робочих машин на базі парового двигуна.

Четвертий етап представляв розвиток інженерної діяльності на основі системи машин і технічних наук в умовах монополістичного капіталізму (імперіалізму). У XIX ст. з розвитком науки і машинного виробництва з'явилися соціальні інститути технічних наук і науково обґрунтована технічна діяльність, яка з цього часу вважається інженерною. Ця подія стала ключовою для формування поняття "інженер" у сучасному значенні. З виникненням інженерів за професією, як людей з науково-методичною підготовкою і технічними навичками, реалізується ідея єдності науки та практичних мистецтв, яка раніше розглядалась лише як ідеал.

П'ятий етап - формування сучасного інженера в епоху науково – технічної революції. У XX ст. інженерія поділилась на багато галузей та підгалузей: фізична (електротехнічна, механічна, радіо та ін.), хімічна, біохімічна інженерія, інформаційна та обчислювальна техніка являє собою лише деякі її розділи. Але для них усіх характерно одне – це не той, хто робить штучний об'єкт, а той, хто керує процесами його створення, планує та проектує складну технічну систему.

Слід розрізняти інженерну та технічну діяльність як у плані сучасної операції, поділу праці, так і в історичному плані. Сучасна технічна діяльність за відношенням до інженерної несе виняткову функцію, спрямовану на безпосередню реалізацію у виробничій практиці інженерних ідей, проектів та

планів. В історичному ж плані інженерна діяльність відокремилася на першому етапі розвитку суспільства з технічної діяльності, яка притаманна людству на самих ранніх його стадіях і пов'язана з виготовленням знарядь.

Інженерна діяльність виникає тоді, коли виготовлення знарядь праці не може базуватися лише на традиції, спритності рук, кмітливості, а вимагає орієнтації на науку, цілеспрямоване використання для цього наукових знань та методів. Інженерна діяльність займає проміжне місце між виконавчою технічною діяльністю та наукою.

Як всяке суспільне явище, інженерна діяльність має цілком визначені історичні рамки, пов'язані з основними етапами розвитку людського суспільства. Її передісторія розгортається в надрах технічної діяльності тривалого періоду ремісницького виробництва (первісне суспільство, античне рабовласницьке суспільство, середньовічне феодальне суспільство). Саме в умовах раннього капіталістичного суспільства створюються умови для того, щоб інженерна діяльність поступово стала особливою професією, що характеризується орієнтацією на наукову картину світу та цілеспрямоване й регулярне використання в технічній практиці наукових знань.

З розвитком масового машинного виробництва в науці формується особлива сфера технічних наук, спеціально орієнтованих на розв'язання інженерних задач у різних галузях інженерної практики. Відбувається прогресивна диференціація інженерної діяльності за окремими галузями та технічними науками, яка на сучасному етапі приводить до їх інтеграції.

1 ТЕХНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ВІД НАЙДАВНІШИХ ЧАСІВ ДО ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ XVIII СТОЛІТТЯ

1.1 Технічна діяльність у найдавніші часи. Виникнення і поширення простих знарядь праці

Історія технічної діяльності та історія людей невід'ємні одна від одної. Початковим етапом історії людства був первіснообщинний лад. Технічна діяльність на цьому етапі характеризувалась появою простих знарядь праці. Виготовлення знарядь, перехід до виробництва — це та грань, той стрибок, який дозволив людству подолати прірву, що відокремлює тваринний світ від світу цивілізації. Тривав цей стрибок дуже довго: порівняно з ним перетворення жолудя у столітній дуб уявляється миттєвим вибухом. Достатньо сказати, що від знайдених у ході археологічних розкопок біля озера Рудольф (Кенія) перших штучних знарядь — вони виготовлялись з гальки — складає 2 600 000 років!

Розглядуваний в цьому розділі кам'яний вік розподіляється на три епохи: палеоліт (від грецького *palaios* – стародавній + *lithos* – камінь) – стародавньокам'яний вік, мезоліт (від *mesos* – середній) – середній кам'яний вік, і неоліт (від *neos* - новий) – новий кам'яний вік. В свою чергу палеоліт ділиться на нижній (ранній) і верхній (пізній).

Епоха початкового оволодіння каменем і навичками його примітивної обробки (палеоліту) охоплює період від виникнення первісної людини (біля 2 млн. років тому) до 40 тис. років до н.е. (табл.1.1).Цей проміжок часу поділяється послідовно на чотири культури: дошелльську (галькову), шелльську (м. Шелль), ашельську (місцевість Сент-Ашель), мустьєрську (печера Ле Мустьє). У дошелльський період землю населяли пітекантропи, на зміну яким в шелльський період прийшли синантропи, а в ашельський та мустьєрський – неандертальці. Дошелльська культура являла собою найдавніший період в історії (біля 2 млн. – 100 тис р. тому), коли люди навчилися застосовувати палки і каміння як знаряддя і засвоїли початкові прийоми їх обробки. Первісні люди в цю епоху жили стадами (ордами), які очолювались стихійно висунутим вожаком. Цей початковий, дородовий етап первіснообщинного ладу, який відносився до епохи раннього палеоліту, називався “первісним людським стадом”. У епоху раннього палеоліту основним видом господарської діяльності первісного стада було збирання плодів (перша ступінь), яке потім доповнилось мисливством (друга ступінь) а потім і рибалкою (третья ступінь). Ці заняття визначили типи перших знарядь: кам'яні рубала і шкребки, ножі, сокири, голки – все це модифікація клина. Застосовувались також палиця та палка як знаряддя і як важіль. Використання вогню, створеного стихійними силами природи, його підтримування, почалося біля 400 тис років тому (засвоєння вогню і винахід засобів його добування відбулось значно пізніше).

Таблиця 1.1 – Основні етапи розвитку техніки в первіснообщинному способі виробництва

Період	Час	Тип знарядь праці	Технологія обробки	Житло	Основні галузі господарства	Етапи розвитку техніки
Епоха палеоліту	1	2	4	5	6	7
	800-400 тис.р. до н.е.	Еоліти	Легка підправка каменів оббивкою	Засвоєння печер	Мисливство Збирання плодів	Поява простих знарядь праці
	400-100 тис. р. до н.е.	Ручні рубала	Оббивка. Застосування дикого вогню			
	100-40 тис.р. до н.е.	Гостроконечники, шкребла, різці, кістяні знаряддя	Виготовлення знарядь з пластин, одержаних шляхом їх сколювання	Землянки	Мисливство	Накопичення простих знарядь праці
40-12 тис. р. до н.е. 12-7 тис. р. до н.е.	Кременеві різці, шкребки. Широке застосування кістяного знаряддя Лук і стріли. Мікроліти	Виготовлення знарядь шляхом сколювання. Віджимна ретуш				

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Епоха неоліту	7-4 тис. р. до н.е.	Глинний посуд. Сокири, долота, булави. Кременеві ножі, шкребки, стріли	Джгутове ліплення	Землянки, будівлі на палях	Мисливство	Накопичення простих знарядь праці
		Сокири без вушка, пізніше - з вушком, клини, ножі, долота, тесла, пилки, струги, проколи, молоти. Мотики, зерноотери, серпи. Лук і стріли, спис, бойові сокири, сокири-молоти, палиці. кастиги	Шліфування, полірування, свердління, пиляння, прядіння, ткацтво			
		Перші мідні знаряддя і зброя. Кременеві зерноотери, мотики, криволінійні серпи	Холодна обробка міді ударом	Глинобитне наземне житло, землянки		

Перші знаряддя прадавніх людей (рис.1.1) важко відрізнити від розколотих природними силами каменів. У цих загострених кусків каміння немає ще навіть визначеної форми. Але немає й сумніву, що вони створювались цілеспрямовано. Про це говорить й схожість прийомів обробки. Намагаючись володіти знаряддям з ріжучими краями або загостреними кінцями, прадавня людина знаходила підходящий камінь, а потім іншим каменем його розколювала.

З часом людина стала виготовляти знаряддя праці, яким уже свідомо надавалась певна форма. Ці знаряддя, які називалися ручними рубалами (або ударниками) (рис.1.2), спочатку були універсальними, так як призначалися для виконання самих різних операцій. Пізніше людина навчилася виготовляти ручні рубала різного типу.

Характер й зміст технічної діяльності на ранніх стадіях антропогенезу змінювались надто повільно. Але загальний напрямок розвитку техніки не викликав сумніву. Тенденція до вдосконалення прийомів праці, збільшення їх ефективності явно простежується хоча б на прикладі кількісного нарощування операцій первісної технології. Так перші галькові знаряддя (див.рис.1.1) отримували 3-7 ударами: найдавніші ручні рубала – 10-30, ручні рубала правильної геометричної форми (див.рис.1.2) – 50-80 ударами. Виготовляючи галькові сколи, наші давні предки використовували одну операцію — оббивку, а для виробництва рубала потрібні були вже три операції: відщеплення заготівки, оббивка, ретуш.

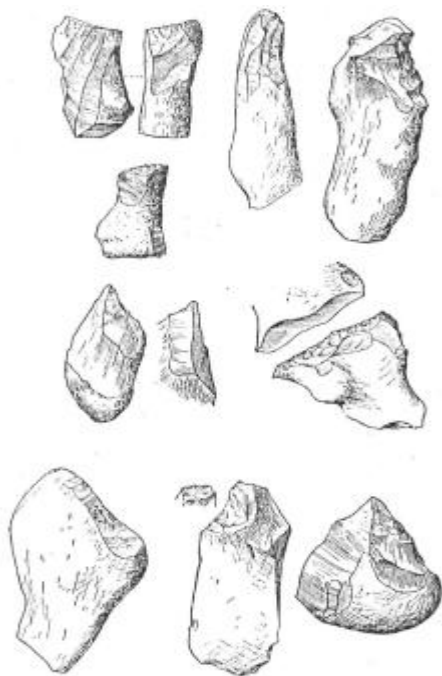


Рисунок 1.1 – Перші кам'яні знаряддя праці – еоліти

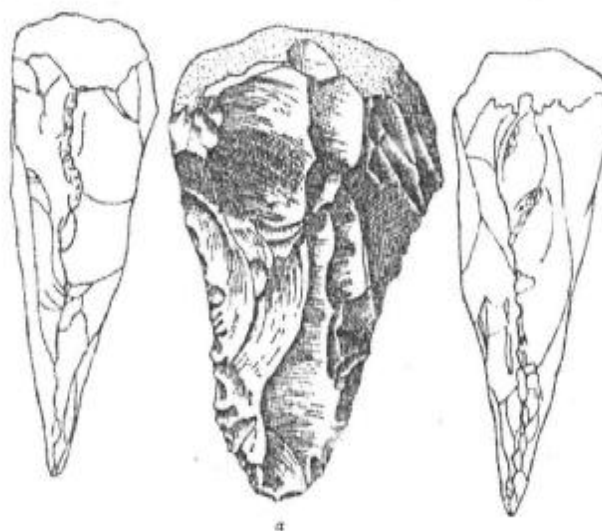


Рисунок 1.2 – Ручне рубало (вигляд спереду та з боків)

На межі між верхнім та нижнім давньокам'яним віком (палеолітом), приблизно 30-40 тис. років тому завершується передісторія людського суспільства й починається його історія. Приблизно 40 тис. років тому з'явилася здатна до ефективної діяльності та пізнання, яка володіла свідомістю та мовою, людина виду *Homo Sapiens*.

У процесі подальшої технічної діяльності відбувається накопичення простих знарядь праці, що сприяє їх диференціації, приводить до появи спеціальних знарядь, призначених для виконання окремих операцій.

Загальною особливістю, закономірністю ранньої технічної діяльності є її розвиток від простого до складного. Програючи у простоті трудових дій, ускладнюючи технологію, людина виграла в ефективності й продуктивності суспільної праці. Цей внутрішній механізм росту складності технічних засобів й знань про них діє потім на протязі всієї наступної історії.

Вже в епоху палеоліту технічні засоби являли собою не розрізнені знаряддя випадкової форми й універсального призначення, а цілісні складні комплекси різних спеціалізованих предметів господарського інвентарю й засобів їх виробництва. Удосконалення техніки виготовлення виражається в застосуванні все більшої кількості простих диференційних знарядь в використанні вогню, застосуванні глиняного посуду, винайденні лука і стріл з кам'яними наконечниками, для виготовлення якого людина зуміла оцінити гнучкість і пружність дерева.

Лук, тятива і стріли – ці великі технічні досягнення – стали першими складними знаряддями праці, які не могли бути створені на попередніх етапах раннього розвитку людини, так як їх винахід передбачає довго часове накопичення знань, а також знайомство з цілим рядом інших винаходів.

Можливо вже в палеоліті люди зазнали Уперше "сировинну кризу" – гостру нестачу найбільш цінної сировини, що відбилось на способах її добування, на підборі матеріалів й на техніці їх обробки. До кінця палеоліту дуже зростає КІМ, зменшується кількість відходів при виготовленні знарядь. Для цього ускладнюються процеси виготовлення заготовок, вводяться складені знаряддя, у яких кам'яний матеріал використовується лише для робочої частини, рукоятки ж і держачи виконуються з деревини, рогу, кісток (рис.1.3).

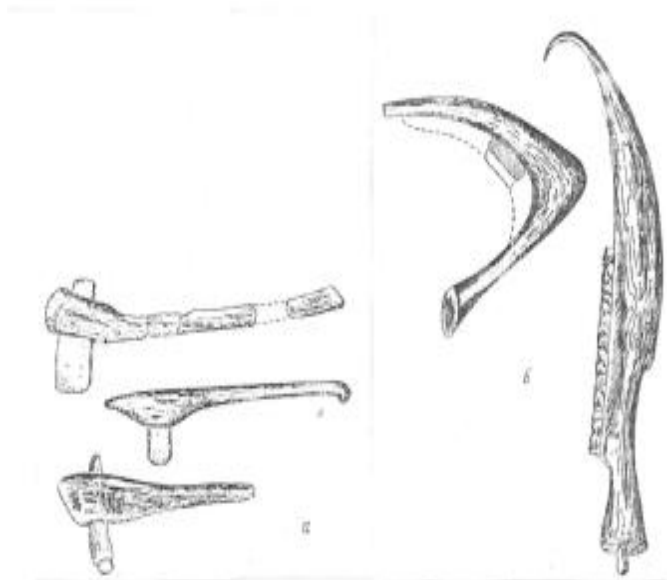


Рисунок 1.3 – Складені знаряддя праці

Економія матеріалу досягається також за рахунок "ремонту" знарядь, їх підправки по мірі зносу робочої частини. Потреба в матеріалах була настільки великою, що вже на рубежі верхнього палеоліту й неоліту виникають перші гірничі розробки. Спеціалісти відносять до верхнього палеоліту появу човнів-однодеревок, лиж, саней, у яких використовувались переваги рідинного тертя. Достатньо широко використовувався у технічних цілях вогонь. Мабуть вже в епоху палеоліту люди вміли піддавати хімічній обробці (дубінню) шкіру. Принциповим моментом в історії ранньої технічної діяльності виступає поява перших складених знарядь, що свідчить про формування нової функції технічного знання-функції конструювання.

У технічній діяльності у найдавніші часи можна виділити два етапи прискореного розвитку технічних засобів. Перший – між 60-м та 40-м тисячоліттями до н.е., коли відзначається засвоєння вогню. Використання вогню було одним з найбільших відкриттів в історії людства. Існували самі різні способи штучного добування вогню : вискоблювання, висвердлювання, випилювання, висікання вогню при ударі каменем по залізу (рис.1.4).

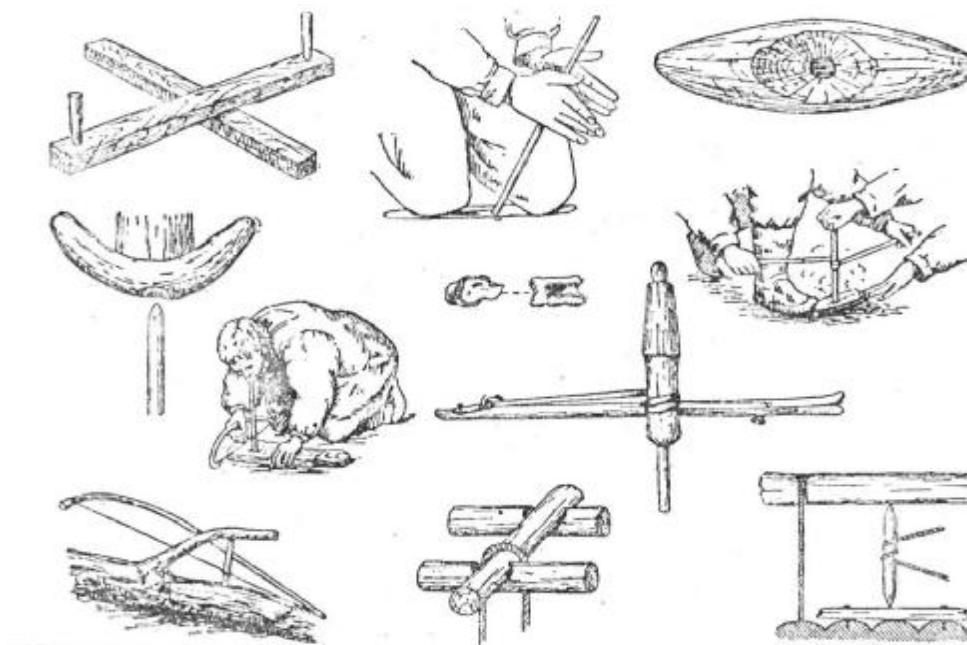


Рисунок 1.4 – Знаряддя для добування вогню тертям і свердленням

Другий етап, який відбувався в епоху неоліту (неолітична революція), пов'язаний з переходом до нових виробничих форм господарства – землеробства і скотарства – і до відповідних їм технічних засобів. У результаті неолітичної революції людина одержала багатше й надійніше джерело харчування і почала перехід до осілого життя. Наслідком цього стало зростання народонаселення. Цей період продовжувався біля 5 тис. років, починаючи з VII-VI тисячоліття до н.е.

Систематична зміна періодів еволюції періодами відносно швидких змін технічних засобів характерна, як ми це побачимо, й для всієї наступної історії технічної діяльності.

Археологічні матеріали, що відносяться до долини Нілу, свідчать, що більш грубі знаряддя палеоліту поступилися місцем спеціалізованим неолітичним знаряддям до середини 6-го тисячоліття до н.е. Для неоліту характерно широке застосування кераміки – першого матеріалу, отриманого за допомогою хімічної технології випалювання глиняних виробів при температурі біля 500°C, необхідного для видалення хімічно зв'язаної у глині води. Відкриття кераміки мало особливо велике значення для становлення культури у Шумері й інших цивілізаціях Двोरіччя, де з глини виготовлялися не лише таблички для письма, але й серпи, цвяхи і навіть молоток. Відкриття кераміки мало принципове значення для виникнення металургії.

Розвиток технологічних процесів обробки матеріалів призвів до збільшення ефективності робочих знарядь й росту продуктивності праці навіть без освоєння принципово нових технічних засобів. Так, полірування робочих поверхонь кам'яних знарядь різко збільшила можливість деревообробки: були освоєні технологічні процеси виготовлення дерев'яних деталей точних профілів — з гніздами, пазами, вушками та ін. З'явилися складні столярні й будівельні конструкції з дерева. Стали застосовуватись більш ефективні засоби з'єднання кам'яних та дерев'яних деталей складних знарядь, що призвело до розвитку конструювання. Застосування шліфованих сокир призвело до поширення посівних площ за рахунок вирубки лісів.

Від плетіння волокон людина перейшла до початкових форм ткацтва. Принципово важливим було відкриття колеса — конструкції, яка не має аналогу у живій природі. Археологи вважають, що колесо використовувалось в Єгипті з Середнього царства, що ж стосується прообразу колеса – котків, то вони, як і важелі використовувались при переміщенні важких предметів з ще більш давніх часів.

Таким чином для рішення технічних проблем періоду між дикістю та варварством потрібен був достатньо високий рівень аналітико-синтетичних властивостей розуму.

Накопичення додаткового продукту, яке стало можливим завдяки успіхам техніки, призвело до подальшого розшарування суспільства. З'явилося рабство, яке змінило давню общину. Виникли клани і держава. Поширювалась спеціалізація праці. При становленні рабовласницького засобу виробництва відбувається уособлення ремесел. Цей другий значний суспільний поділ праці породжує ремісника — людину, яка зайнята головним чином технічною діяльністю.

1.2 Техніка рабовласницького способу виробництва. Розвиток і розповсюдження складних знарядь праці

1.2.1 Знаряддя праці з металу

Археологічні матеріали свідчать, що для виготовлення знарядь і зброї людина перш за все стала вживати мідь, хоч золото вона знала ще раніше. Перші мідні знаряддя (кирка, кинджал, невелика сокира) відносяться до неоліту (4-3 тис. років до н.е.).

Самородну мідь обробляли куванням. Відкриття ефекту зміцнення поверхні мідних знарядь методом холодного кування підвищило їх твердість.

Після винаходу металевих щипців було освоєно гаряче кування.

Займаючись обробкою самородної міді, людина відкрила плавлення металу. До цього часу була відома гончарна піч, температура полум'я в якій значно вище, ніж у вогнищі. Використовуючи таку піч, люди змогли почати систематичну виплавку міді.

Уперше виплавка міді з руд була освоєна в 4 тис. до н.е. в ряді країн Передньої Азії, в Єгипті, Індії. Із міді виготовляли кинджали, сокири, наконечники списів, стріл, предмети, які неможливо виготовляти з каменю: труби, проволочку, цвяхи та ін.

Займаючись виправкою міді з руд з домішками олова чи добавляючи олов'яний камінь, одержали перший штучний сплав-бронзу. Крім одержання різноманітних сокир, ножів, серпів, молотів, зброї бронзу стали використовувати для виготовлення прикрас, посуду, скульптурних виробів.

Розповсюдження металу привело до освоєння ряду методів його обробки. Так при гарячій обробці використовувались литво, паяння та зварювання.

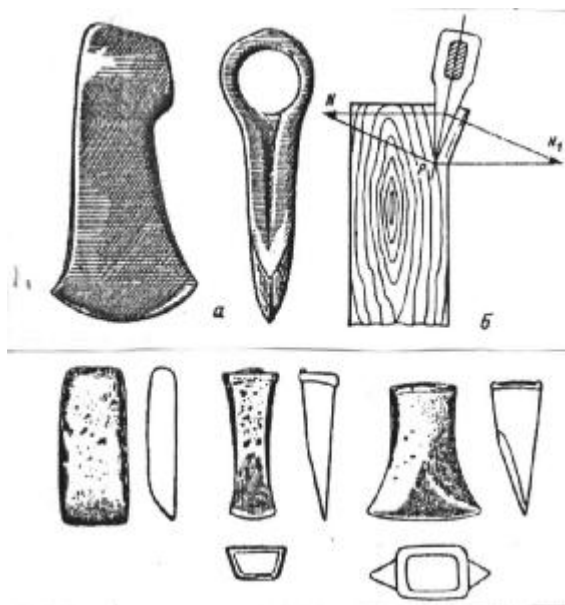


Рисунок 1.5 - Бронзова сокира та її історичний розвиток від кам'яної до залізної

На рисунку 1.5 показана бронзова сокира з вушком, яка виготовлялась литвом в роз'ємній закритій формі, та історичний розвиток сокири від кам'яних до бронзових, а потім до залізних. Перехід до бронзи, а потім і до заліза дозволив зменшити кут загострення леза сокири, що різко покращило її технічні характеристики і технологічні можливості.

Найбільшим досягненням людства було одержання та використання заліза, яке остаточно витіснило кам'яні знаряддя, що не змогли зробити ні мідь, ні бронза.

Одним з найбільших винаходів людства був сиродутний процес плавлення заліза. При цьому способі звичайно використовувались озерні,

болотні, лугові руди, які роздрібнювались, обпалювались на відкритому вогні, потім в ямах або в великих глиняних печах проводилось відновлення металу при 900°C . Для відновлення металу в горно добавляли деревне вугілля та нагнітали повітря. В результаті цього на дні глиняної печі створювалась так звана криця – грудка пористого тістоподібного і дуже забрудненого заліза вагою від 1 до 8 кг.

Потім це залізо піддавали багаторазовому гарячому куванню, після чого з нього виготовляли знаряддя праці, зброю. Намагання мати більш міцні знаряддя праці і зброю привело до відкриття виробництва сталі. Уже в першій половині I тис. до н. е. сталь широко використовувалась для виготовлення знарядь праці і зброї. Грецькі автори в своїх працях розрізняють поняття заліза, яке вони називали "сідеро", і сталі, якій вони дали називу "халінс".

1.2.2 Землеробство і зрошувальні споруди

Особливо велике значення мало залізо для розвитку землеробства. Залізна сокира і соха з залізним лемешем сприяли розширенню обробки землі. Умо-

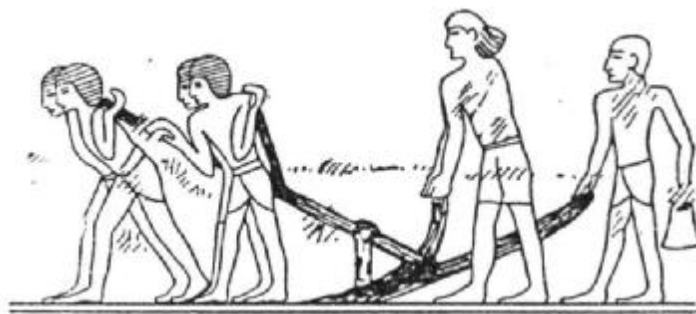


Рисунок 1.6 – Використання тягової сили рабів при оранні землі. Рельєф з єгипетської гробниці

вою виникнення орного землеробства, яке було характерним для рабовласницького виробництва, стало з одного боку, застосування металевих знарядь, а з іншого – розвиток скотарства, що дало необхідну тягову силу. Правда, часто як тяглову силу продовжували застосовувати рабів (рис.1.6).

Природні умови в засушливих країнах Сходу,

особливо у Єгипті, привели до введення штучного зрошення (іригаційне землеробство). Звичайно для затримання води та її підняття використовували греблі, які будували із землі, витягнутої при копанні каналів, із хмизу, очерету і мулу, перемішаного з соломною. Великі греблі для міцності обсаджували деревами. Камінь використовувався в основному для будування горловин греблі і при будуванні набережних.

У Єгипті для підйому води на високо розміщені поля найбільш широке розповсюдження одержали так звані шадуфи (рис.1.7). За допомогою шадуфа можна було на протязі години підняти на висоту 2 метри 3400 л води, на висоту 3 метри – 2700 л. Роботи над створенням іригаційного господарства були можливі тільки при певному розвитку техніки, а вони в свою чергу повинні були сприяти подальшому вдосконаленню сільгосптехніки, а також створенню нових знарядь праці.

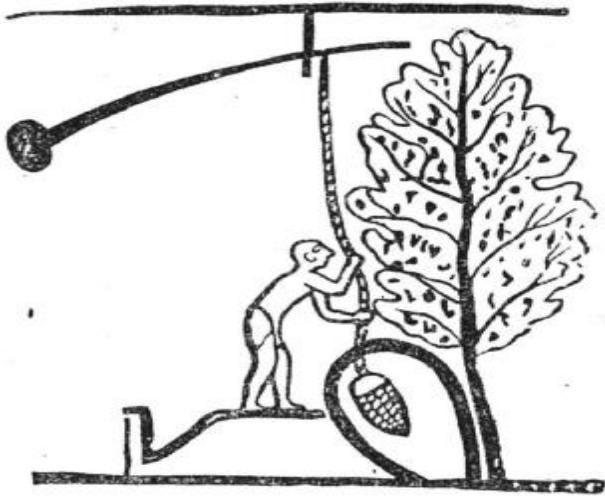


Рисунок 1.7 – Водопідйомний пристрій - шадуф. За Єгипетським розписом 2 тис. до н.е.

1.2.3 Відокремлення ремесла від землеробства

Спеціалізація ремесел показала, що продуктивність праці залежить не тільки від майстерності працівника, а також і від удосконалення його знарядь. Виникла диференціація інструментів. Так, в руках коваля з'явилися три різновиди молота: ковадло, ручник і молоточок для карбування.

Якщо раніше ремесло було підсобним заняттям землероба та скотаря, то при рабовласницькому ладі гончарна і ткацька справи, обробка металу, гірнична справа та інші ремесла стали основним заняттям певної групи людей.

Велику роль в виділенні ремесла відіграла гончарна справа, розвиток якої пов'язаний з винаходом гончарного круга (рис.1.8).



Рисунок 1. 8 – Гончарна майстерня та гончарний круг з приводом від ніг

Значні зміни відбулися у виробництві одягу. Людина ще в глибоку давнину вміла із пальмового листа, луб'яного волокна та трави плести кошики, циновки та інші вироби. Цей досвід поступово був перенесений в ткацьке ремесло. Важливу роль в розвитку текстильного волокна відіграв винахід веретена. Його використання дозволило виготовляти довгу і тонку нитку, рівномірну за товщиною. Використання ткацького верстата дозволило виготовляти різного роду тканини. Відомо багато різновидів примітивних ткацьких верстатів.

Розвиток землеробства дав для виробництва тканин нову сировину: льон, коноплю, кропиву та ін.

1.2.4 Будівельна справа

Центром технічної діяльності було будівництво. Розвиток ремесел і торгівлі привів до створення міст. Спорудження міст в Південному Дворіччі (Месопотамська долина), Єгипті, Малій Азії, Закавказзі, Індії, Китаї відносяться до 3-го –1-го тисячоліття до н.е.

Звичайно в центрі великого месопотамського міста підіймалась споруда з високою ступінчастою пірамідою (зіккурат), святилищем і царським палацом. Навколо розміщувалось внутрішнє місто, яке обгороджувалося високим валом або стінами, а за ними знаходилось передмістя. З метою оборони стіни споруджувались дуже потужними. Стародавній Вавилон мав, наприклад, три оборонних стіни товщиною 8-12 м. Під час розкопок стародавніх міст знайдені заможні вулиці, водоводи, каналізація.

Будівництво міст сприяло розвитку будівельної техніки. Сильною стороною технічної діяльності стародавніх єгиптян була розвинута, єдина в масштабі держави організація. Централізована, багаторівнева система управління і контролю всіх фаз виробництва забезпечувала високу для того часу ефективність простої кооперації праці. Професіональні управителі – писці – без сумніву володіли знаннями про способи організації виробництва та використання технічних засобів. Вони вміли планувати і здійснювати великі технічні програми, такі, як будівництво каналів, водосховищ, храмів і пірамід. Про масштаби робіт можна судити з того, що первісний об'єм однієї тільки піраміди Хуфу – 2 520 000 м³. На її побудову було використано біля 2 250 000 блоків об'ємом більш 1 м³, кожен, загальною масою 6,5-7 млн.т. Одна із експедицій, споряджена за часів Рамзеса IV для добування рожевого і чорного граніту в каменоломні Асунни, складалася з 5000 воїнів, 2000 храмових робітників, 800 іноземних найманців, 230 каменоломів та каменотесів, 2 малювальників, 4 граверів та 20 писців. Вивчення стародавньої архітектури, системи іригацій, складених за конструкцією технічних засобів дозволяє зробити висновок про те, що на території стародавнього Єгипту забезпечувалася єдність вимірів та їх достатньо висока точність.

Значний інтерес викликає будівництво Великої Китайської стіни, яке почалось в IV-III ст. до н.е. Поступово протяжність її була доведена до 4000 тис. км. Висота стіни доходила до 10м. По її широкому верху могли їздити вози і переміщуватись колони військ. Через кожні декілька сот метрів розміщувались сторожеві вежі, а біля головних гірських проходів – фортеці.

Основним будівельним матеріалом були камінь, дерево, цегла. Розповсюдження того чи іншого матеріалу залежало від наявності місцевих ресурсів.

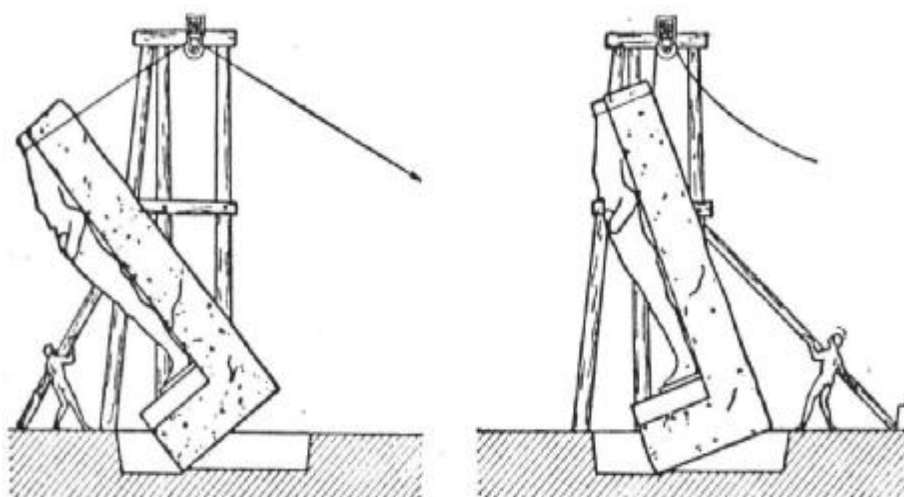
Ведучим будівельним матеріалом камінь став під впливом потреби в монументальних спорудах. Камінь опирається згину у 6 разів менше, ніж стисканню. Це привело до панування в стародавніх архітектурах балочно-стоякових конструкцій з використанням колонади. Найбільшою кам'яною балкою в ті часи було перекриття – вхід в Афінський Акрополь, яке не перевищувало 3,75 м, а плитою – стеля усипальниці фараона в піраміді Хеопса (Хуфу), довжина якої досягала 5,2 м.

У тих випадках, коли приходилось перекривати великі приміщення, треба було користуватись довгими рядами колон. Збільшити величину прольотів вдалося лише після винаходу арки і склепіння, в який камінь працював на чисте стискання. Римські будівники акведука біля міста Німа (Франція) довели розмір прольоту арки до 24,4 м. Діаметр купола в мавзолеї імператора Адріана в Римі досягав 13, 5 м.

У пошуках способу споруджувати монументальні будівлі на основі будь-яких місцевих ресурсів за допомогою некваліфікованої робочої сили легіонерів та військовополонених під керівництвом досвідченого, добре навченого інженера, римські будівельники використали винайдений греками новий будівельний матеріал – бетон, виготовлений з щебеню та вапняного розчину. Можливості цього матеріалу були використані при будівництві Римського Пантеону, де циліндричної форми будівля висотою 22 м, при товщині стіни 7 м, діаметром 45 м перекрито литим куполом, виготовленим з бетону.

Блоки з вапняку або піщаника вирубувались, обтесувались та підганялись один до одного. Штукатурка виготовлялась з вапна та гіпсу. Виготовлення цегли було одним з найдавніших видів ремесла. У Єгипті цеглу робили вже за 4000 р. до н.е. Спочатку її виготовляли з нільського мулу та висушували на сонці. Звичайний розмір 85x52x30 см. Використовуючи досвід гончарного ремесла, людина стала обпалювати сиру цеглу, що підвищило її міцність. Обпалену цеглу Уперше стали використовувати у давній Месопотамії та давній Індії.

Будівництво великих побудов вимагало вирішити задачу транспортування великих вантажів та їх підйому на значну висоту. Для цього широко використовувався відомий вже важіль, потім був винайдений блок, на базі якого були створені перші підйомні механізми (рис.1.9). Широко використовувались котки.



**Рисунок 1. 9 – Найпростіший підйомний механізм.
Реконструкція за описом Вітрувія**

У той час були створені видатні шедеври архітектури (7 чудес світу).

1.2.5 Гірнична справа

Розгорнуте будівництво вимагало великої кількості каменю. М'які камені вирубували. Для добування більш твердих порід металевим засобом робили

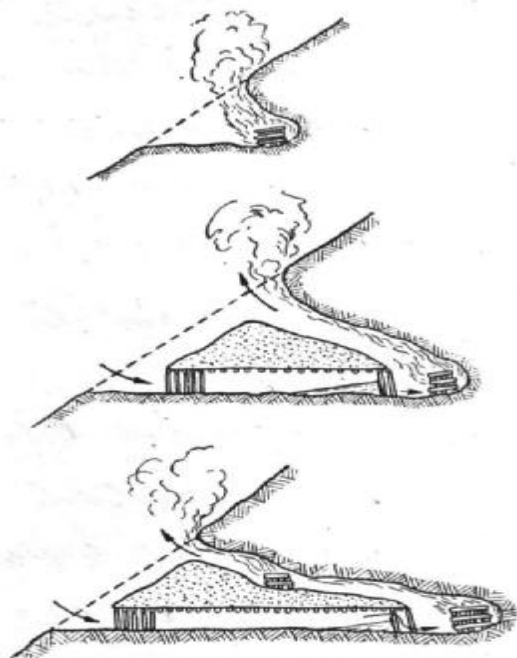


Рисунок 1. 10 – Схема вогневого методу руйнування гірських порід

вруби, куди вбивали сухі дерев'яні клини. Ці клини потім деякий час розмочували водою: набухаючи, вони рвали міцний камінь.

Характерною рисою гірничої справи при рабовласницькому ладі є перехід до видобутку руд міді та олова. Новим способом, що використовувався аж до XVI ст., був так званий вогневий спосіб видобутку руди (рис.1.10). При цьому в забої розпалювали вогнище, яке нагрівало породу, а потім пласт обливали водою. Внаслідок цього порода тріскалась, і, таким чином, значно полегшувалось видобування корисних копалин.

Перехід до розробки більш глибоких горизонтів вимагав нових знарядь для відкачки води. Для розв'язання цієї задачі почали широко використовувати водовідливні штольні, а також найпростіші водовідливні механізми, такі як Архімедів гвинт та водочерпальні колеса (рис.1.11).

В цей період розвивається також збагачення корисних копалин. Окрім удосконалення прийомів дроблення та розкришення використовувались також спеціальні методи збагачення при витягненні золота із руд.

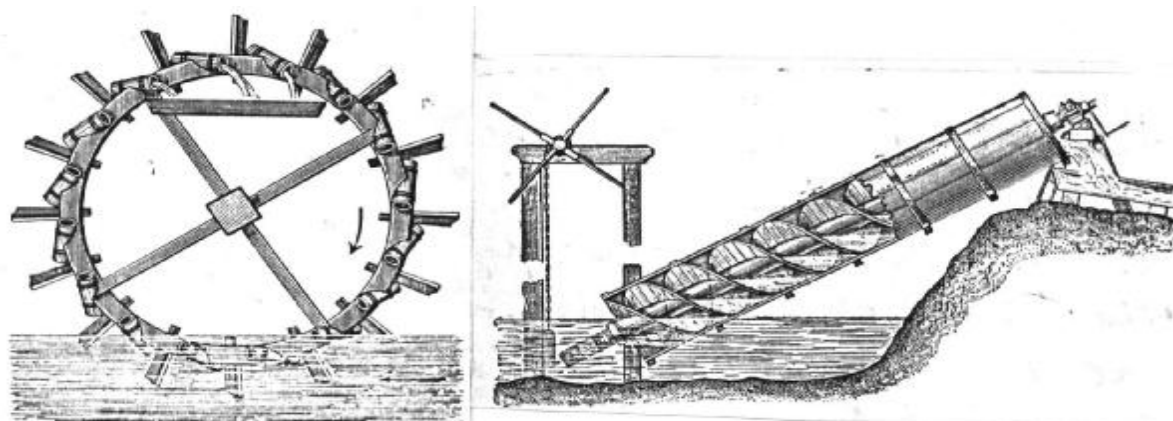


Рисунок 1. 11 – Водовідливні механізми: водочерпальне колесо та Архімедів гвинт

1.2.6 Розвиток військової техніки

Воїни Давнього Сходу, Риму та Греції були озброєні луком та стрілами, списом та мечем. Залізний меч став основним видом зброї. Постійна військова небезпека змушувала зміцнювати міста стінами, ровами, насипами та іншими захисними спорудами. Необхідність ведення як облог так і оборони міста вимагала створення обложних та оборонних машин та механізмів. Особливо широке застосування вони отримали в Давній Греції. Військова техніка, розвиток якої стимулювався безперервними війнами, в цю епоху робить великий крок вперед. Вже при Олександрі Македонському інженер Діад, який керував облогою Тіра та інших міст, широко використовував винайдені та вдосконалені ним військові механізми. За словами грецьких та римських письменників він придумав розбірні обложні вежі, спеціальні бури для свердлення фортечних стін, драбину для підйому на стіну, тарани для руйнування стін (рис.1.12).

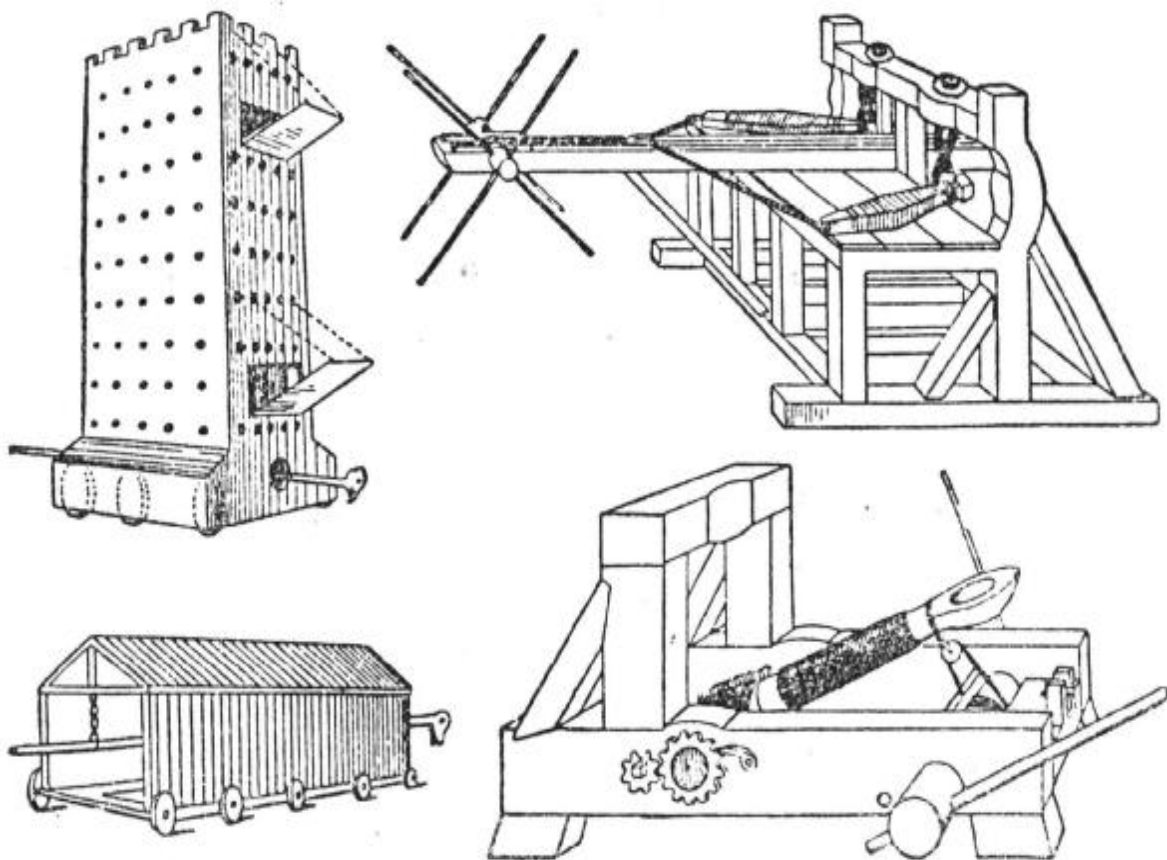


Рисунок 1.12 – Військові машини

При облозі міста Родосу в 304 р. до н.е., була збудована грандіозна обложна вежа, висота якої доходила до 53м та пересувалась вона на 8 колесах.

Під час облоги м. Сіракуз у 213-212 р. до н.е. вчений Архімед споруджував оборонні механізми відносно великої сили. За одностайним свідченням його сучасників він побудував металеві механізми, за допомогою яких можна

було кидати на досить великі відстані велике каміння та цілі колоди, які топили римські човни. За допомогою споруджень, побудованих Архімедом, захисники міста чіпляли спеціальними захватами ворожі човни, підіймали їх та, кинувши вниз, топили. У результаті римляни повинні були відмовитись від спроб взяти місто штурмом та перейшли до тривалої облоги та, тільки скористувавшись внутрішнім розладом у самому місті, захопили Сіракузи.

У рабовласницькому суспільстві широке застосування отримує облогова техніка. Були винайдені тарани для пробивання фортечних та міських стін, різні машини для кидання каменю, довгих стріл та запалюючих снарядів. У Греції та інших державах застосовувались металеві машини 2-х типів: балісти та катапульти. Балісти використовувались для руйнування стін, а катапульти — для знищення ворога, який ховався за захисними побудовами. Металеві машини приходилось робити дуже громіздкими (вони важили до 6 т), за їх допомогою можна було кидати камені та стріли на відстані до 500-1000 м, причому вага снарядів доходила до 150-200 кг.

1.2.7 Покращення засобів руху

Розширення торгівлі та військові походи стимулювали розвиток засобів пересування. Будувались дороги, споруджувались мости.

Найбільшим досягненням стало створення візка з колесами, який Уперше став використовуватися з 4 тисячоліття до н.е. в Мохеджо-Даро (Індія). Винахід колеса дозволив докорінно способи пересування по суші. Цьому сприяв перехід до скотарства та землеробства, коли систематичні пересування стали необхідними для зміни пасовиськ, а домашній інвентар уже був складнішим, виникла необхідність змінити примітивний волок на колісний візок.

Спочатку колесо нерухомо закріплювалось на рухомій осі, а потім винайшли (II тисячоліття до н.е.) колесо з маточиною, що давало значні переваги. Для зменшення ваги візка замість суцільних дерев'яних коліс стали виготовляти колеса зі спицями, пізніше з'явилися металеві вісі та колеса. Загальний вигляд дерев'яних коліс того часу та стародавня єгипетська колісниця з металевими колесами зі спицями зображені на рис.1.13.

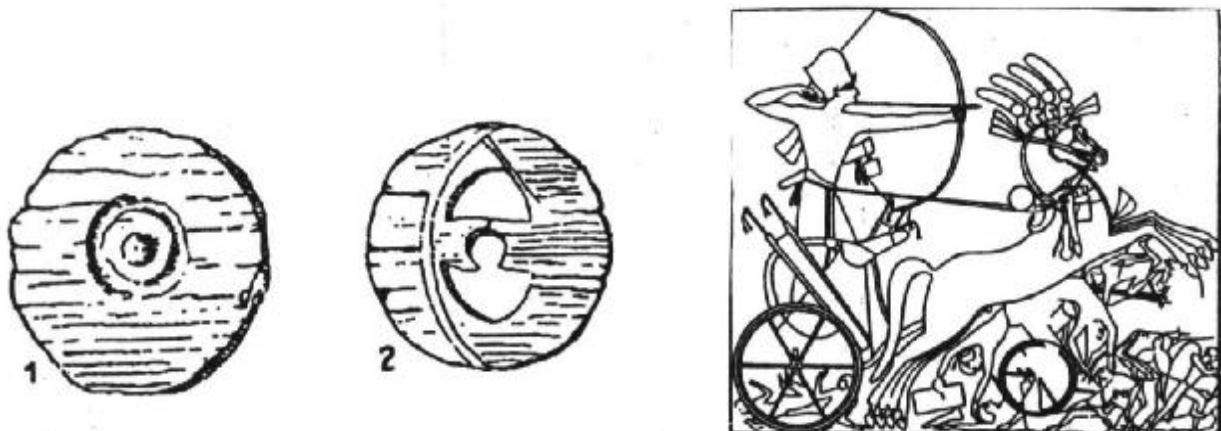


Рисунок 1.13 – Колеса дерев'яні (1-суцільне; 2-з прорізаними отворами) та стародавня єгипетська колісниця

Ще в давнину людина використовувала водні шляхи річок і морський простір для пересування. Особливого розвитку морська справа набула в рабовласницькому суспільстві.

Спочатку мореплавство було каботажним, здійснювалось в основному вздовж берегів, або від острова до острова. Однак великі грецькі судна вже наважувалися пускатися в плавання по відкритому морю. У 325-320 р. до н.е. було здійснено подорож греком Пітієм із Міссімі на Північ з метою придбання олова та янтарю. Він пройшов Геркулесові стовпи (Гібралтар), досяг Британії, обігнув її, наблизився до Ельби та досліджував береги Норвегії аж до полярного кола.

Значно покращуються пристані, гавані, з'являються маяки, наприклад, у Олександрії. Великі зміни відбулися у морському флоті. Основним видом грецького військового корабля була трієра (рис.1.14).

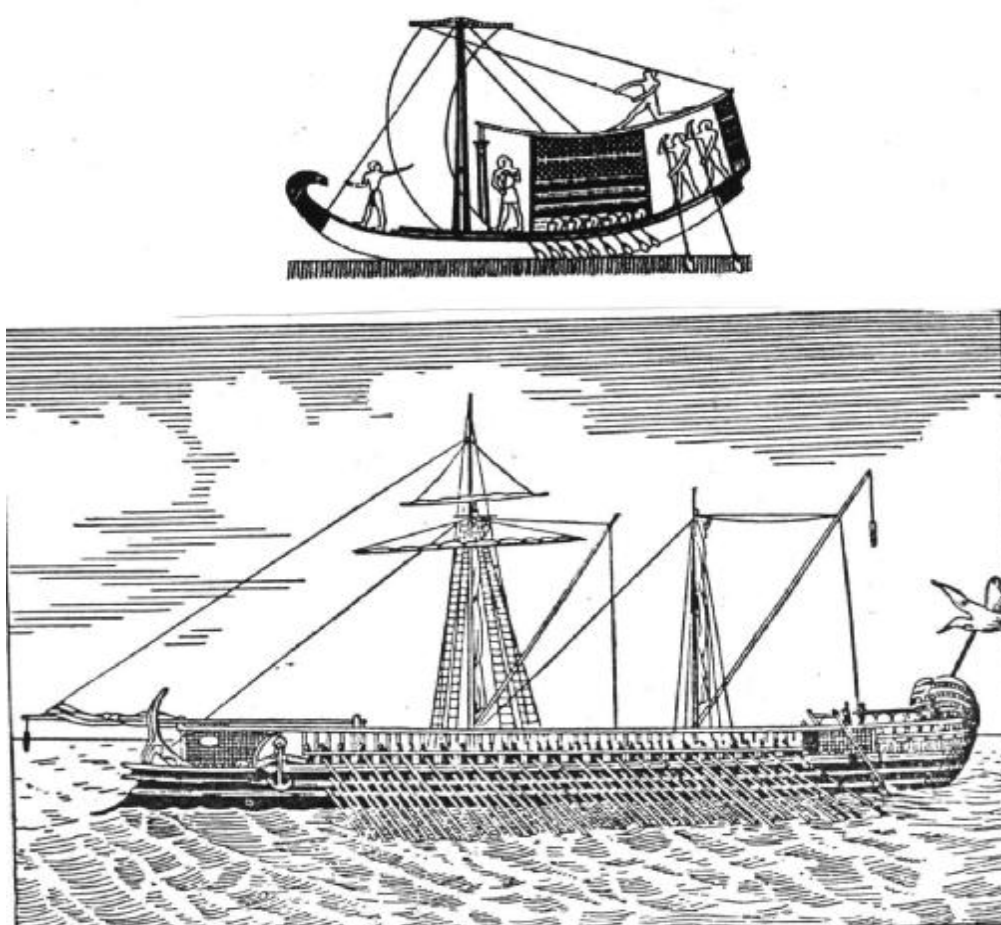


Рисунок 1.14 – Корабель стародавніх єгиптян (зверху) та грецький корабель-трієра

Корабель мав мідний таран поверх води. Кількість екіпажу досягала 150-200 чол. Намагаючись збільшити швидкість кораблів, греки, а потім і

римляни, стали споруджувати човни з чотирма поверхами гребців (тетрери), з п'ятьма поверхами (пентери), і навіть з восьми поверхами (октери).

1.2.8 Доінженерна діяльність та становлення науково-технічних знань

Із сказаного вище видно, що жодна велика та складна споруда давнини не могла бути побудована без детально розробленого проекту, що вимагає уособлення цілеполягаючої діяльності. У процесі будівництва технічна задумка (проект) могла бути реалізована тільки на основі загальної праці рабів. Архітектурна справа та будівництво стали історично першою галуззю виробництва, де виникла необхідність у людях, спеціально зайнятих функціями проектування та керування.

Складна розумова праця, дякуючи якій початкова технічна задумка визрівала, обростала конкретними деталями, ставала проектом, не могла вже бути виконана мимохідь. По-перше, для того, щоб просунутися вперед у пошуках архітектурної форми, яка поєднувала б міцність, зручність і гармонійну пропорційність, треба було проникнути в таємниці зробленого попередниками, не копіювати, а переосмислювати та узагальнювати їх досягнення. По-друге, нові, ускладнені інженерні задачі не допускали рішення навмання; потрібні були точні розрахунки, малюнки, макети. А для цього треба було оволодіти нехитрим, з позиції сьогодення, але недостатньо великим арсеналом спеціальних інженерних засобів та інструментів. У часи Давньої Греції та Риму у розпорядженні інженера-будівельника були лінійки різних конструкцій, циркуль (його, до речі, знали ще вавілоняни), розрахункова дошка – так званий абак, нівеліри та інші найпростіші геодезичні прилади.

Отже, для виробництва пізніх рабовласницьких держав характерна поява складних технічних задач нового класу, розв'язання яких передбачало уособлення інженерно-технічних та інженерно-управлінських функцій. Але тих, хто ці функції виконував, ми ще не можемо назвати інженерами.

По-перше, функції інженерної праці не зводяться до двох вищеназваних, вони набагато ширші. По-друге, діяльність перших інженерів спиралась на відносно примітивні технічні засоби. По-третє, розумова праця довгий час залишалась нерозділеною. Кожного інженера давнини можна з неменшим правом називати вченим, філософом, письменником.

Виходячи з наведених вище роздумів, цей період становлення інженерії точніше можна визначити як передінженерний. Хронологічні його рамки достатньо широкі – від II-I тис. до н.е. і до XVII-XVIII ст. сучасного часовиміру.

Технічна практика великих давніх цивілізацій Сходу та античної епохи дає багатий емпіричний матеріал — необхідну передумову для праці теоретичної думки. Але специфічний науковий апарат, методи теоретичного аналізу та узагальнення емпірії, навіть наукове формулювання висунених практикою задач не могли бути виражені в середині самої предметно-практичної діяльності одними тільки її власними силами. Дослідження показують, що для цього необхідні також духовні передумови. Раніше науково-технічне знання не

сформувалося, наприклад, у Єгипті та Вавилоні, які за рівнем розвитку предметно-практичної діяльності мало чим поступалися Давній Греції, а де у чому помітно перевищували її. Формування перших технічних теорій (теорії важеля, гідростатичної та ін.), виявилось можливим лише на визначеному етапі розвитку предметно-практичної та абстрактно-теоретичної розумової діяльності, на межі, або вірніше, на перетині сфер матеріальної та духовної культур.

Перехід від рецептурно-описувального знання, індуктивних узагальнень та простих умовиводів до логічно обґрунтованих систем дедуктивного висновку, що склав необхідну передумову народження науки, мав глибокі корені у характері давньогрецької культури. Властивий їй дух змагання (у суперечці, художній творчості та ін.) захопив і сферу інтелекту. У давньогрецькій культурі розвинулись навички логічного міркування, експлікації понять, прийоми доведень та заперечень, вміння будувати аргументацію та тому подібних передумов теоретичного мислення. Розквіт давньогрецької рабовласницької демократії, філософії та інших форм духовної культури, які створили передумови науково-технічного мислення, повинен розглядатися і як умова становлення перших технічних теорій.

Першим, хто відійшов від наглядних методів дослідження технічних приладів й притягнув до аналізу принципу дії античних "машин" математичний апарат, був математик, механік, винахідник та державний діяч Архіт з Тарента (429-348 р. до н.е.). Саме Архіт першим застосував для вивчення механізмів геометричні креслення, створив механічний прилад (можливо графопобудувач) для рішення делоської задачі про подвоєння куба. Механічний підхід до рішення математичних задач суперечив засадам Платона, друга Архіта, який суворо засудив "приниження" теоретичних ідей до рівня "низької" технічної практики.

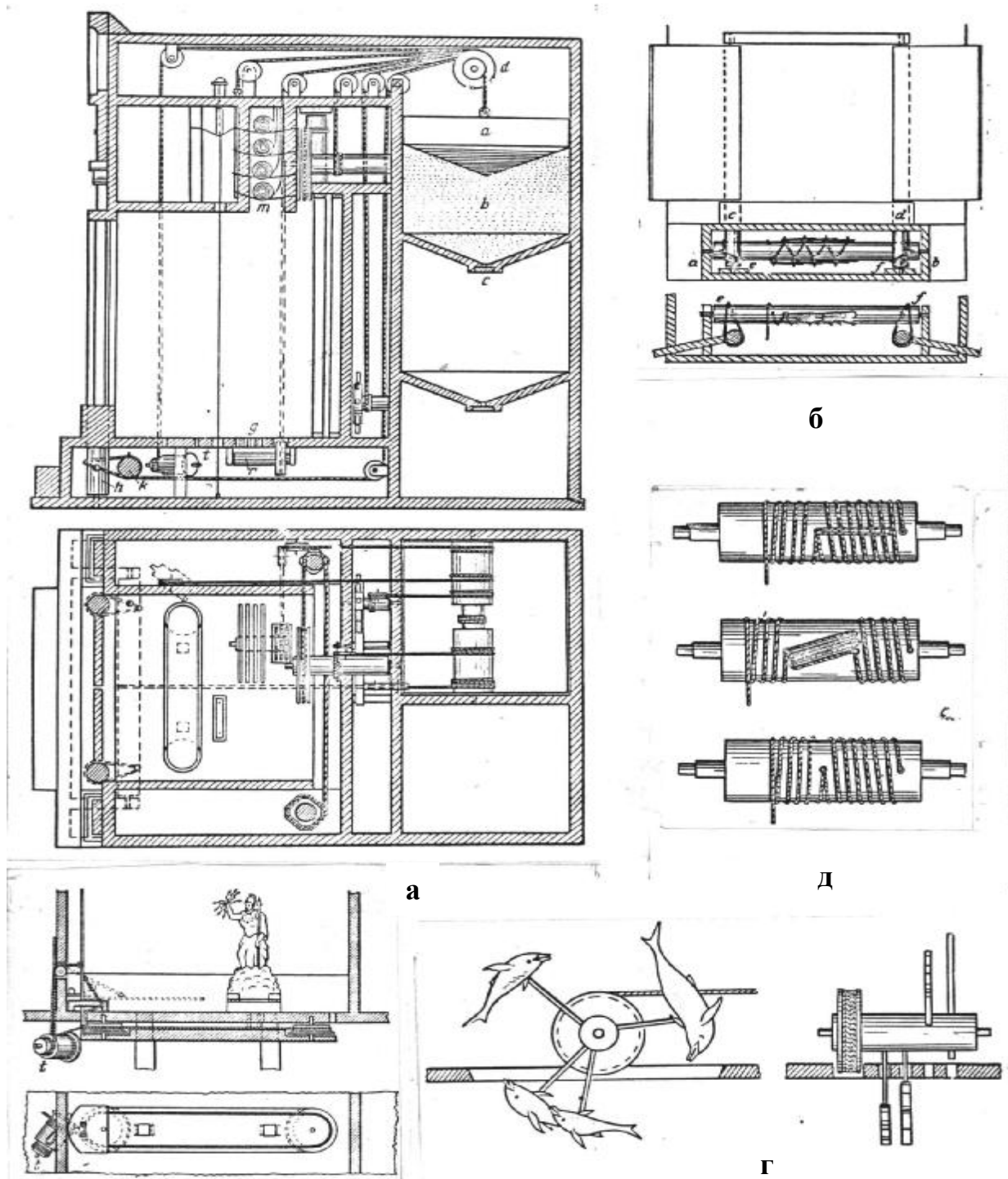
У технічній практиці IV-III ст. до н.е. існували три головних проблеми, для розв'язання яких був застосований новий, оснований не тільки на практичному досвіді, але й на раціональному аналізі підхід до осмислення відомих давнім технічних приладів та способів їх застосування: по-перше, центральна механічна проблема античності – проблема виграшу в силі через застосування технічних приладів (у іншому формулюванні – проблема переміщення даного вантажу на визначену відстань за допомогою певної сили); по-друге, задача про умови рівноваги тіл, що знаходяться під дією сил, і по-третє, задача про розподіл ваги між опорами. Якщо не всі, то більшість механічних задач IV-III ст. до н.е. так або інакше зводились до вміння визначати плечі важеля, положення центру ваги та умови рівноваги тіл. Практичне значення й навіть теоретичний аспект застосування важеля був відомий прадавнім. Але не так легко було пояснити цей принцип або навіть сформулювати його. Уміючи виділити важіль у конструкціях 5 простіших "машин" – важеля, ворота, блока, гвинта, та клина, - античні механіки довгий час не могли встановити закон важеля.

У першій, що дійшла до нас, праці про техніку "Механічні проблеми" принцип дії простих машин вірно зводився до принципу важеля, який пояснювався досить загадковими "особливими властивостями кола".

Такий підхід уперше був подоланий в працях Архімеда. Окрім загального розвитку культури, предметно-практичної діяльності та перших спроб теоретизації механіки, найважливішою передумовою статички Архімеда була створена Евклідом перша в історії дедуктивна теоретична система математичного знання, котра була викладена їм у відомих "Початках". Архімед зробив перші принципово важливі кроки у розвитку теоретичних уявлень про технічні засоби. По-перше, він вийшов на новий рівень абстракції, забезпечив подальший розвиток теоретизації предмета механіки, що виразився у відхиленні від конкретних особливостей механізмів, що розглядаються, та в осмисленні загальних функціональних зв'язків як теоретичних моделей. По-друге, Архімед побудував за класичним зразком Евкліда систему логічно (математично) обґрунтованих та теоретично інтерпретованих наукових знань про механічні властивості штучних матеріальних засобів – першу в історії систему раннього науково-технічного знання. Вершина елліністичної теоретичної діяльності в галузі техніки — раннє науково-технічне знання, представлене статикою та гідростатикою Архімеда, є принципово важливий, але все ж початковий, етап становлення розвиненого науково-технічного знання. Останнє світло науково-технічної діяльності олександрійської школи, що породила феномен Архімеда, донесло до нас уривки праці Герона Олександрійського та Паппа Олександрійського. Але творчість пізніших олександрійців не була типовою для цього періоду. Розважальні механічні прилади типу рухомих іграшок Ктемпбія та театру автоматів Герона Олександрійського користувались великим успіхом, але не мали практичного значення. Конструкція одного з таких механізмів, зображеного на рис.1.15, була призначена для показу давньогрецької драми, в якій демонструвалась побудова данайцями кораблів, спущений в море корабель та плаваючих біля нього дельфінів, появу богині Афіни, яка блискавками поражає героя, і т. ін.

Усі фігури механізму приводились в дію системою зубчатих коліс і тросів (див.рис.1.15,а) за допомогою тягаря, який повільно опускався завдяки висипанню тирси з резервуара через щілину "с". При цьому вал "d", обертаючись через систему тросів, заставляв спрацьовувати механізми повороту дверей (див.рис.1.15,б), руху статуї Афіни (див.рис.1.15,в), руху дельфінів (див.рис.1.15,г). Програмуючі валки (див.рис.1.15,г), на яких розміщувались хитромудро закріплені троси, регулювали час спрацьовування механізмів.

При створенні таких автоматів дуже важливим був перший поштовх, зародження основного принципу, самої ідеї рухомих фігур, яка надалі обростала все більш досконалішими технічними засобами і, нарешті, втілилась в складні механічні пристрої з досить значною кількістю фігур, здатних здійснювати складні взаємопов'язані рухи.



- а** – загальний вигляд;
б – механізм переміщення дверей;
в – механізм руху статуї;
г – механізм руху дельфінів;
д – програмуючі валки

Рисунок 1.15 – Механізм театру автоматів Герона Олександрійського

Хитромудрі конструкції всіх цих "машин" вплинули на наступний розвиток технічно складних механічних приладів, зокрема на годинникове виробництво, розвиток зубчатих передач та тому подібне. Безсумнівно вони зайняли своє місце і в історії автоматики.

Давньоримські інженери прославилися будівництвом Колізею, терм, водопроводів, доріг та іншого. До кінця імперії у Римі було збудовано 9 великих кам'яних мостів. До Рима вело 28 великих вимощених військових шляхів. 11 водопроводів Рима щоденно доставляли у місто 700 тис.м³ води. Дякуючи застосуванню дворучних повітродувних міхів та введенню лавинних печей, римляни підвищили якість сталі. Але при ближчому розгляданні виявляється, що в жодній з цих галузей технічної творчості римські інженери не отримали нових теоретичних висновків. Вони узаконили технічні норми у будівлянні будівель, але не створили нічого нового у методах розрахунку навантаження балок і т.п. Усі наукові засади технічної діяльності римляни перейняли у греків. Це добре видно з книги військового інженера часів Цезаря римлянина Марка Вітрувія, енциклопедична праця якого відобразила стан технічної думки давнього Рима. Праця Вітрувія користувалася широкою популярністю та грала роль практичного керівництва для інженерів на протязі практично всього середньовіччя. Читача, що цікавиться теоретичним обґрунтуванням наведених рецептів та описів, автор відсилає до своїх попередників, до того ж Архімеда.

Суспільство під час занепаду античності та в ранньому середньовіччі практично не мало потреби в теоретичному аналізі досвіду використання технічних засобів. Потенціал рецептурного технічного знання був більш ніж достатнім для рівня вимог практики того часу. Предметно-практична діяльність ще довгий час не висувала нових технічних задач, які вимагали б наукового підходу.

1.3 Технічна діяльність в середні віки

1.3.1 Розвиток ремесла

Ще в рабовласницькому суспільстві виникали міста з великими рабовласницькими ремісничими майстернями. Однак після падіння Рима міста почали занепадати, а місце великих рабовласницьких підприємств зайняли невеликі домашні ремісничі майстерні.

Починаючи з XI ст., коли розвиток виробничих сил пішов більш швидкими темпами, у країнах Західної Європи та на Русі почали створюватись великі міста та знову виникати відокремлені ремесла. Ремісники почали селитися біля замків феодалів, міст та монастирів. Так поступово, звичайно на водних шляхах, починаючи з X-XI ст., почали створюватись міста.

Починаючи з IX ст. у Візантії, з X ст. у Італії, а трохи пізніше — в усіх країнах Європи та на Русі виникли цехи. Цех з'єднував міських ремісників одного чи декількох близьких промислів. Повноправними членами цехів були тільки ремісники-майстри, які мали невелику кількість підмайстрів та учнів. Цех регламентував процес виробництва, тривалість робочого дня, кількість

підмайстрів, кількість сировини, готових продуктів, ціни та інше. При цьому прийоми праці, закріплені довголітньою традицією, були суворо обов'язковими для всіх майстрів. ("шедевр" повинен бути не гірше і не краще).

Усередині дрібної ремісничої майстерні не було скільки-небудь широкого розділу праці, він відбувався між окремими майстернями, а не всередині майстерень. Це призвело до збільшення кількості професій та цехів.

1.3.2 Виплавлення металу

Для вдосконалення знарядь праці вирішальне значення мало покращення плавлення та обробки заліза. Спочатку основним способом отримання заліза був сиродутний процес, при якому виконується пряме поновлення заліза з руди в сиродутному горні, звичайно при температурі 1100-1350С.

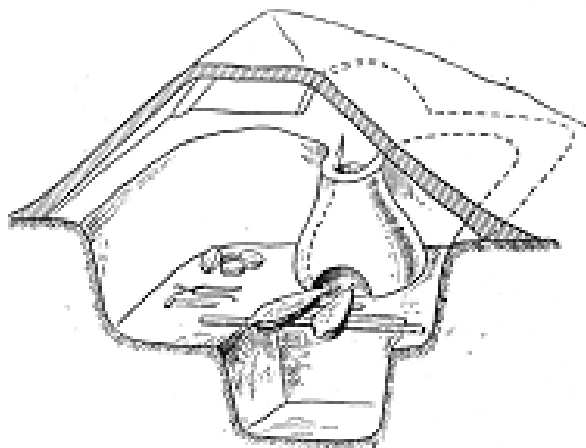
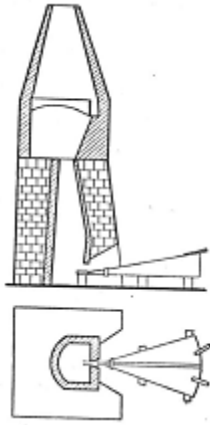


Рисунок 1. 16 – Схема сиродутного горна VI-VIII ст.

Сиродутний горн VI-VIII ст., який застосовувався на Русі, споруджувався з глини і іноді обкладався каменем (рис.1.16). Висота сиродутного горна досягала 35 см, діаметр – 60 см, товщина стінок складала 5-7см. В горн закладалась руда і міхами нагніталось повітря. В результаті відновлення руди одержували залізну крицю вагою до 8 кг. Процес відновлення заліза тривав протягом 2-2,5 годин. Витягнута з горна криця (шматок металу пористого заліза губчатої побудови з деякою кількістю сірки, фосфору, кремнію, марганцю та ін. домішок зі шлаковими включеннями) в подальшому проковувалася, в результаті чого отримувалось залізо. Щоб підвищити ступінь видобутку заліза з руди та продуктивність процесу, збільшили висоту самого горна, в результаті чого горн перетворився в домницю, та підсилили дуття шляхом використання водяного колеса для приведення в дію повітродувних міхів. Внаслідок цих двох удосконалень залізна руда в верхній частині горна, де температура становила 750-900⁰, залізо відновлювалось раніше створення шлаку. Завдяки цьому зменшились втрати заліза в шлаку, а саме залізо більше насичувалось вуглецем. У результаті в нижній частині печі, де температура під впливом дуття підвищилась до 1350⁰ був отриманий чавун. Він був крихким, не піддавався куванню, і тому вважався браком. З часом його стали застосовувати для виробництва відливок, а пізніше непридатний для литва чавун пускали разом з рудою на вторинну переплавку. При цьому зменшувались затрати палива і руди, тому сиродутний процес поступово витісняється двоохступінчатим способом одержання сталі, коли спочатку в доменній печі одержували чавун, а при вторинній переплавці у горні в результаті так званого кричного переділу отримували сталь.



**Рисунок 1. 17 – Схема
доменної печі
XV-XVI ст.**

Перші доменні печі з'явилися у Західній Європі в середині XIV ст. За своїми розмірами вони мало відрізнялись від домниць, але поступово їх конструкт

ція удосконалюється. Доменна піч XV–XVI ст. (рис.1.17) мала висоту 4,5 м, внутрішній діаметр 1,8 м, та в ній отримували 1,6 т чавуну за добу. Звичайно при одній доменній печі працювало декілька кричних горнів, в які завантажувався чавун (150-200 кг). Кричний переділ протікав 1-2 години. За добу можна було отримати біля 1 т металу. Вихід придатного кричного заліза складав 90-92% ваги чавуну.

1.3.3 Гірнична справа

Збільшення виплавки та обробки металів викликало зміну техніки гірничої справи, яка перетворилась у особливу сферу діяльності.

Видобуток руди здійснювався простими гірничими приладами. Широко застосовувався вогневий метод. Для підйому руди застосовувався звичайний коловорот, який приводився в рух вручну. Водовідлив виконувався через ствол шахти в шкіряних мішках або за допомогою штолень.

Широко проводились пошукові роботи за допомогою шурфів та за допомогою "чарівної" лози.

1.3.4 Великі винаходи: порох, папір, книгодрукування, окуляри, компас

Найдавнішою з вибухових речовин є димний, або інакше, чорний порох – вибухова суміш, що складається з калієвої селітри, сірки та деревного вугілля.

Запалювальна суміш, що наближається до цього складу, з'явилась Уперше у Китаї, за одними свідченнями на початку нашої ери, за іншими в VIII-IX ст. Перші згадки про застосування димного пороху у Китаї відносяться до 1232 р.

У середині VII ст. візантійці використовували так званий "грецький вогонь", що складався з сірки, гірської смоли, селітри та льняної олії.

. Перші часописи і свідчення про застосування пороху у Західній Європі та на Русі відносяться до XIV ст.

Довгий час димний порох був єдиною вибуховою речовиною, причому склад його на протязі 500 років майже не змінився. Застосування чорного пороху як метального засобу поклало початок вогнепальній артилерії, яка викликала справжню революцію у військовій справі.

Час та місце винаходження паперу точно не відоме. Китайські часописи повідомляють, що папір був виготовлений в Китаї (рис.1.18) біля II ст. н.е. Цай Лунем. Виробництво паперу потім перейшло до Кореї, Японії, в Середню Азію. У XI-XI I ст. папір з'явився у Європі. В IX ст. н.е. у Китаї почалось

друкування з друкарських дощок. Там вже в XI ст. почалось друкування з набірних літер. У XIII ст. у Кореї були введені літери, які відливалися з бронзи.

У Західній Європі книгодрукування з'явилося у кінці XIV та на початку XV ст. Умовною датою початку європейського книгодрукування з металевих набірних літер вважається 1440 р. Автором винаходу був німець Йоганн Гутенберг. Для друкування були створені ручні друкарські верстати (рис.1.19).

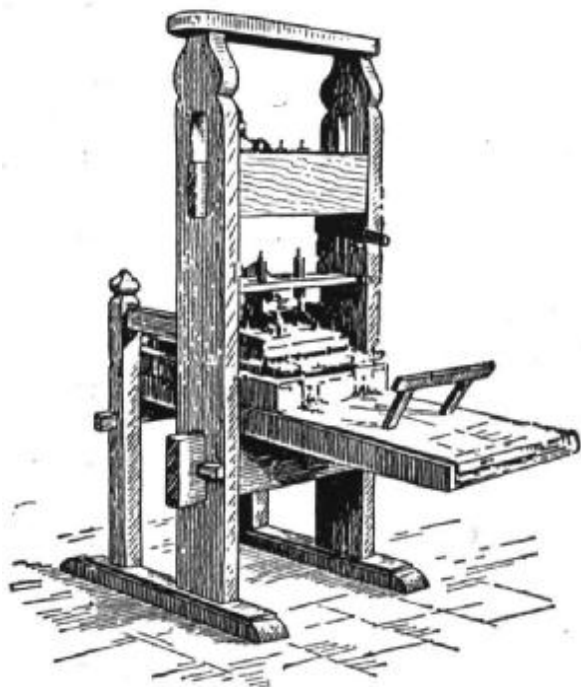


Рисунок 1.19 – Ручний друкарський верстат

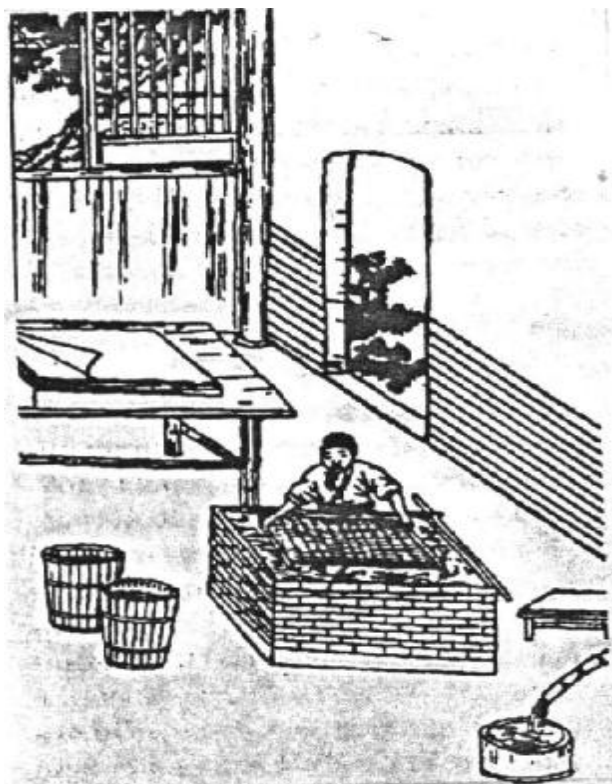


Рисунок 1.18 – Виготовлення паперу в Стародавньому Китаї

Серед великих відкриттів та винаходів того часу знаходяться окуляри, компас. Місце та час виготовлення перших окулярів точно невідомо. Перші окуляри з'явилися у Венеції у XIII ст. Необхідність в окулярах викликала розвиток скляної справи, та, зокрема, шліфування скла. Виготовлення та застосування окулярів підготували винайдення підзорної труби, мікроскопа та призвело до створення теоретичних основ оптики.

Точні данні про час та місце застосування магнетизму та винайдення компасу невідомі. Очевидно, магнетизм Уперше був виявлений у вигляді природного намагнічування деяких залізних руд. Найбільш давнє практичне застосування магнетизму відомо в Китаї, де в часопису III ст. до н.е., існують записи про застосування компасу, що початково вживався при сухопутних мандрюваннях.

Перша згадка про компас у Європі відноситься до XII-XIII ст. Спочатку компас являв собою магнітну стрілку, закріплену на пробці, яка плавала у по-

судині з водою. На початку XIV ст. компас удосконалили: до стрілки прикріпили невелике коло з 16 діленнями (румбами).

Компас, підзорна труба, а також удосконалена техніка морської справи дозволили в кінці XV ст. і в XVI ст. здійснити великі географічні відкриття.

1.4 Технічна діяльність у період занепаду феодалізму і зародження капіталістичних відносин

1.4.1 Мануфактура, диференціація й удосконалення робочих інструментів

До початку XVI ст. у всіх основних галузях промислового виробництва були радикально удосконалені ручні ремісничі знаряддя праці і введені численні покращення в технологічні процеси. У ремісничому виробництві створюються порівняно великі майстерні, рамки виробництва розвиваються. Зростання ремесла і розширення товарного виробництва вимагало нових форм виробничих відносин, що привело до виникнення капіталістичних мануфактур, основаних на розподілі праці всередині підприємства.

Мануфактура виникла двома шляхами. Перший шлях – це об'єднання капіталістичним підприємцем в одній майстерні ремісників різних спеціальностей (гетерогенна мануфактура). Другий шлях – це об'єднання в одній майстерні ремісників однієї спеціальності (органічна мануфактура).

Уже один поділ праці при наявності навіть простих знарядь виробництва забезпечив значний зріст продуктивності праці. У XVIII ст. невелика мануфактура, у якій було зайнято усього 10 робітників, при розподілі праці виготовляла за день 48 тис. голок. Один же ремісник, виконуючи всі операції процесу виробництва голок (до 92), міг виготовити за день не більше 20 голок.

Відбувається подальше удосконалення, спеціалізація і диференціація простих знарядь праці. Наприклад, на деяких англійських залізобудівних мануфактурах XVIII ст. застосовувалося понад 500 молотків різноманітної форми, причому кожним з них проводилася тільки одна операція.

Виникнення і розповсюдження мануфактур підготувало умови для переходу до машинного виробництва.

1.4.2 Водяне колесо – основний двигун мануфактурного періоду

Усі знаряддя, що раніше приводилися в дію вручну або силою тварин, наприклад, ручні млини, насоси, хутра і т.п., в мануфактурний період починають приводитися в рух за допомогою водяного (гідравлічного) колеса.

Гідравлічні колеса застосовувалися вже в країнах Стародавнього Сходу: у Єгипті, Китаї й Індії, водяні млини використовувалися в Древній Греції й у Римі, але тільки в мануфактурний період водяне колесо стало головним двигуном у промисловості.

У Франції майстер Р. Салем під керівництвом А. де Віля спорудив у 1682 р. найбільшу гідросилову установку з 13 коліс, діаметр яких досягав 8 м. Колеса, установлені на ріці Сені, пускали в хід 235 насосів, які піднімали воду на висо-

ту 163 м. Ця система постачала водою фонтани королівських парків у Версалі і Марлі.

Великих успіхів у будівництві гідротехнічних споруд досяг російський винахідник К.Д. Фролов (1726-1800). За його проектом на рудниках Алтаю в 1783-1789 р. було побудовано найбільший гідротехнічний комплекс XVIII ст. (рис.1.20), в якому вода з водоймища, створеного після спорудження греблі висотою 17,5 м і довжиною 128 м, через систему штолень і каналів загальною довжиною біля 800м подавалась на гідравлічні колеса, установлені на чотирьох рудниках. Ці колеса заставляли рухатись пилку для розпилювання деревини, рудопідйомні механізми, водовідливні машини і насоси. Діаметр найбільшого з цих колес досягав 17 м.

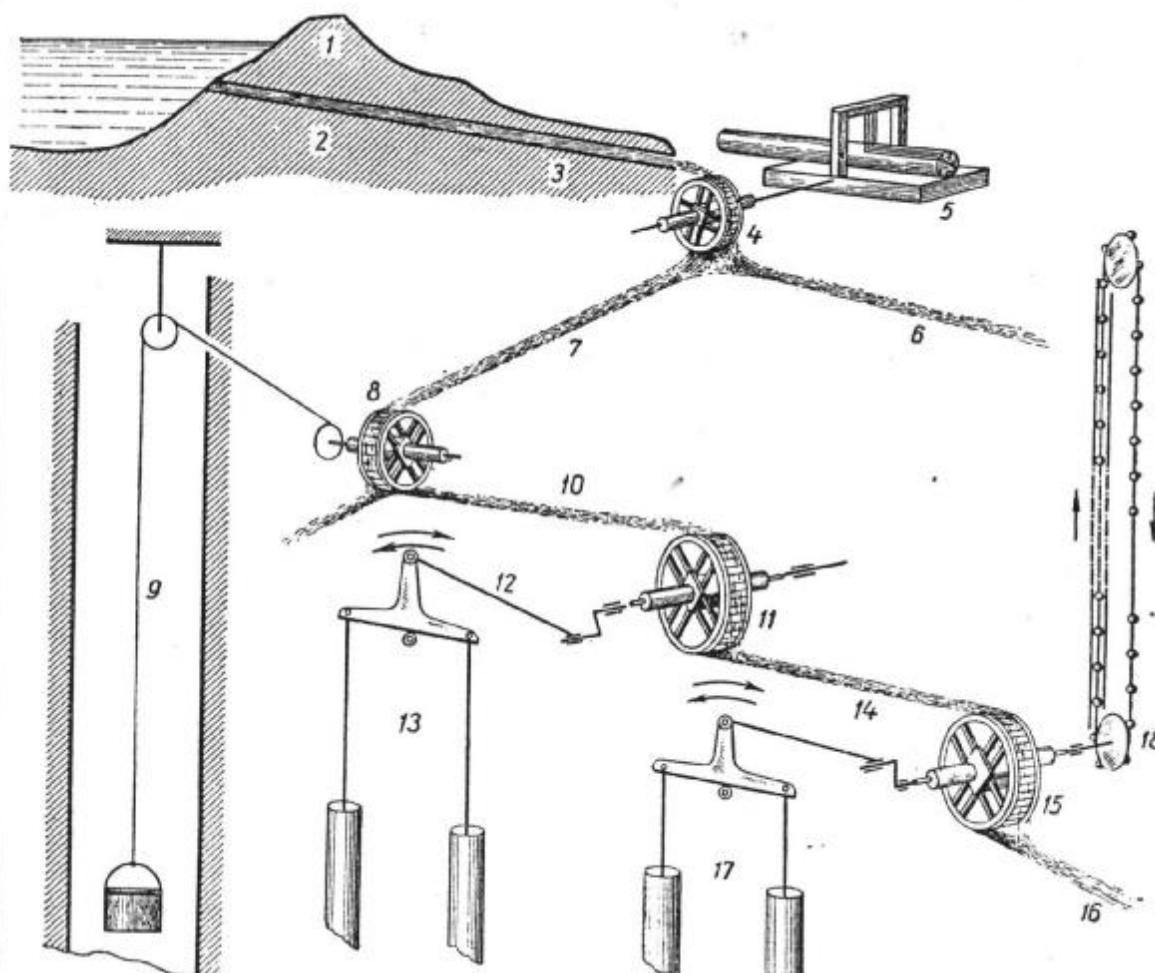


Рисунок 1. 20 – Схема гідротехнічних споруд К.Д. Фролова

Однак, навіть такі колосальні гідравлічні двигуни не мали достатньої потужності. Найбільші колеса мали потужність не більше 200 кінських сил. Потужність звичайних водяних коліс не перевищувала десятка кінських сил.

1.4.3 Розвиток гірничої справи

У мануфактурний період гідравлічні двигуни найбільше застосування одержали в гірничій промисловості, де вони використовувалися для приводу піднімальних, водовідливних, вентиляційних установок, дробильних і транспортних механізмів.

Розвиток продуктивних сил вимагав збільшення видобутку залізної руди, кам'яного вугілля й інших корисних копалин. Розширення торгівлі збільшувало попит на дорогоцінні метали – золото і срібло, видобуток яких у зв'язку з цим значно зріс.

Великий виробничий досвід в галузі гірничої справи, накопичений до початку XVI ст. у країнах Західної Європи, був Уперше узагальнений видатним німецьким вченим Г. Агриколою (1508-1557) у праці "Про гірничу справу і металургію" (1550р.). Ця книга протягом 200 років була основним посібником з гірничої справи.

Роботи велися за допомогою ручних залізних гірничих знарядь (кайл, кирок, молотів, лопат і т.п.). У винятково твердих породах дозволялося застосовувати вогневий метод. У XVIII ст. стали робити перші дослідження із застосуванням пороху для руйнування гірничої породи.

Добуту руду доставляли по гірничих виробкам у тачках або чотириколісних візках. Використовували також різного виду коловороти (ручні, зі шкіряним приводом або гідравлічними колесами).

Особливо гостро стояла проблема водовідливу. Для відкачки води знаходили найрізноманітніші засоби (чашкові і совкові елеватори, норії, прості і складні поршневі насоси)

Маркшейдерські роботи виділилися в самостійну галузь гірничої справи.

Винятковий розвиток одержало збагачення руд.

1.4.4 Зміни в техніці металургії

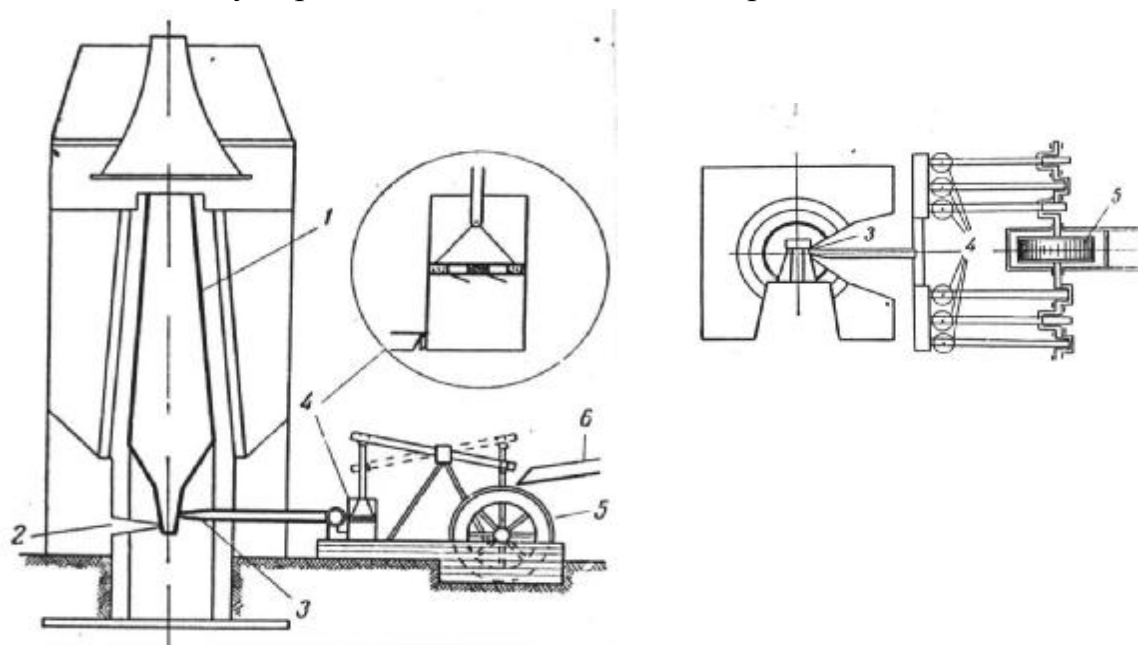
У мануфактурний період відбувається подальше удосконалення двохступінчатого процесу одержання заліза.

Для збільшення кількості повітря, яке подавалось в домни, застосовують гідравлічні колеса для приводу міхів, замінюють недостатньо міцні шкіряні міхи дерев'яними. Великим нововведенням у доменному виробництві стало застосування в 60-х роках XVIII в. циліндричних повітродувок, які забезпечили значне збільшення продуктивності печей. Досить сказати, що в Англії відразу ж після впровадження цих пристроїв продуктивність домни піднялася з 10-12 т до 40 т за тиждень.

Безперервно збільшується розмір доменних печей (рис.1.21). Якщо висота перших печей XVI ст. складала всього 4,5 м, то домни XVII ст. вже досягали 7-8,5 м, а деревовугільні печі кінця XVIII в. споруджувалися висотою до 14 м. Технічні зміни в доменному виробництві, а також значне збільшення кількості металургійних заводів в різних країнах сприяли збільшенню світового

виплавляння чавуну. Якщо у 1500 р. у світі виплавлялося 66 тис. т чавуна, то в кінці розглядуваного періоду (1790 р.) – 278 тис. т.

У Росії в 1700 р. виплавляли 2,5 тис. т чавуна, а в 1800 р. – 162 тис. т. Росія вела велику торгівлю металом з багатьма країнами.



1-шахта, 2- льотка, 3- фурма, 4- повітродувні міхи,
5- гідравлічне колесо, 6- лоток для води

Рисунок 1.21 – Схема доменної печі кінця XVIII ст.

У зв'язку з катастрофічним винищенням лісів вже в середині XVII ст. були початі пошуки заміників деревного вугілля, що, зрештою, привело до перекладу чорної металургії на мінеральне паливо – кокс, який одержували з кам'яного вугілля.

У мануфактурний період на більш високу ступінь піднялося ливарне виробництво, розповсюдились методи лиття дзвонів, художніх виробів і вогнепальної зброї.

Наприклад, у листопаді 1735 р. батьком і сином Моторініми був відлитий "Цар-дзвін". Вага дзвону становила близько 200 т, висота – 6,3 м, діаметр – 6,9 м, товщина стінок: угорі – 0,4 м, унизу – 0,27 м.

1.4.5 Зміни у військовій техніці в зв'язку з застосуванням вогнепальної зброї

Винахід пороху і поширення його в Європі, а також успіхи ливарної справи привели до справжньої революції у військовій техніці, до широкого застосування вогнепальної зброї.

Спочатку стволи гармат виготовлялися з залізних смуг, скріплених обручами (рис.1.22). Потім їх стали робити суцільно кованими з заліза.

У XVI ст. Був винайдений і почав широко застосовуватись колісний лафет. При переході на масове виробництво стволи почали відливати із бронзи, а потім – із чавуна. Гармати в цей час виготовлялися гладкоствольними і

заряджалися з дула. Гладкоствольна артилерія існувала більш 500 років (до середини XIX ст.).



Рисунок 1. 22 – Вогнепальна артилерія XVI ст.

Снарядами були ядра з каменю, свинцю, заліза, запалювальної маси і т.п. У XV ст. стали застосовувати чавунні ядра, що привело до зменшення калібру снарядів при збереженні їхньої ваги, дозволило зменшити вагу ствола і вагу гармати, підвищити їхню рухливість і збільшити бойову міць.

Необхідність збільшення площі влучання привела до винаходу цільних і розсувних кніпелів і картечей. Великим нововведенням з'явився винахід у XVI ст. розривних снарядів. Потім у кар-

течі суцільні кулі замінили розривними. У XVII ст. з'явилася так звана гранатна картеч. У XVIII ст. стали розрізняти снаряди фугасної й осколкової дії. Дальність польоту з мортир складала 500 м, з гармат малого калібру – 600 м, з гармат великого калібру – 1000 м.

Прикладом майстерності відливу гармат є діяльність знаменитого російського ливарника Андрія Чохова, однією з найвидатніших робіт якого є "Цар-гармата" (1586 р.) вагою 40 т, з довжиною ствола 5,34 м і калібром 890 мм (мортира, ніколи не стріляла).

Видатний російський механік і винахідник А.К.Нартов (1694-1756), працюючи в артилерійському відомстві, винайшов верстати для свердління каналу й обточування цапф гармат, оригінальний набір змінних зубчастих коліс, оптичний приціл та ін. Він запропонував нові способи відливки гармат і зашкарування раковин у каналі ствола. У 1741 р. Нартов створив скорострільну батарею з 44 трифунтовими мортирками. У цій батареї Уперше в артилерії був застосований гвинтовий піднімальний механізм, який дозволив надавати стволу бажаний кут нахилу.

1.4.6 Текстильне виробництво

Перші капіталістичні мануфактури виникли в текстильному виробництві, що сприяло технічному прогресу в цій галузі.

З XV ст. на полотняних мануфактурах запроваджуються самопрядки (рис.1.23), що дозволило значно підняти продуктивність праці прядильника. У XVI ст. до самопрядки був приєднаний педальний привод від ноги, завдяки чому звільнювалась права рука прядильника, якою він раніше крутив рукоятку колеса. У техніці ткацтва полотняних виробів широке розповсюдження одержав так званий фламандський ткацький верстат, на якому всі окремі операції виконувалися вручну (рис.1.24).

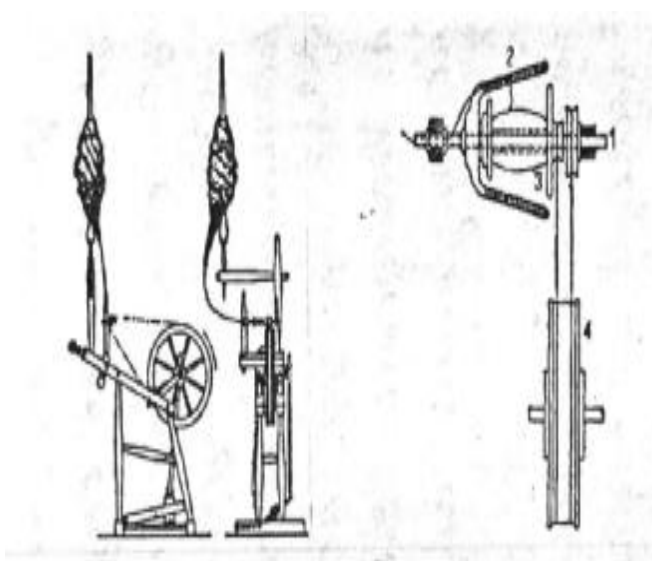


Рисунок 1.23 – Самопрядка. Загальний вигляд і схема її роботи

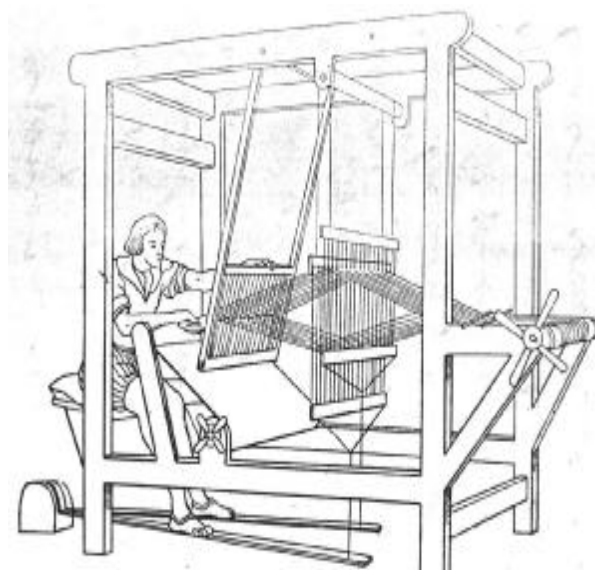


Рисунок 1.24 – Ручний ткацький верстат

У сукняній мануфактурі застосовують майже виключно ручні знаряддя праці. Згодом машини починають застосовувати тільки в двох операціях: для ваяння сукон і ворсування матерії.

Перші шовкокрутильні машини застосовувалися в Італії вже в XIII ст.

Особливий інтерес являє верстат для вироблення шовкових стрічок, винайдений (очевидно, у Голландії) наприкінці XVI ст. Спочатку застосування цього верстата зустріло сильний опір ремісників, але згодом він знайшов широке розповсюдження майже у всіх країнах. (Відмітимо, що винахідника машини піддали довічному тюремному ув'язненню).

Найбільшим винаходом у текстильному виробництві з'явився в'язальний верстат, сконструйований у 1589 р. англійським студентом В.Лі. Ця складна машина, яка складалася із сотні спиць, дозволила приступити до виробництва панчіх машинного в'язання. Винахідник, однак, не зміг організувати панчішне виробництво у себе на батьківщині і змушений був переселитися у Францію, де на початку XVII ст. він разом зі своїм братом побудував перші панчішні майстерні. Після цього машинне в'язання панчіх поширилося і в інших країнах: в Англії, Голландії, Австрії, Саксонії.

1.4.7 Годинник і млин як основа для створення машин.

Перші машини і винахідництво

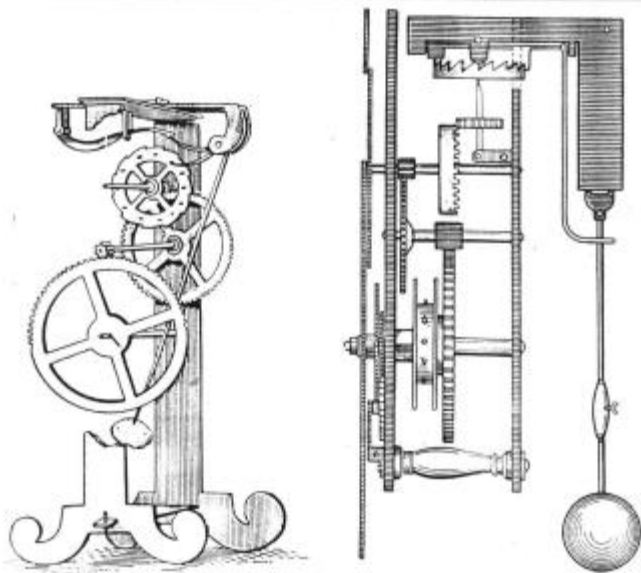
Велику роль в розвитку техніки у XVII ст., і особливо у XVIII ст., відіграли годинник і млин, на яких всередині мануфактури проводилась підготовча робота для переходу до машинної індустрії.

Ще в давнину, майже 3000 р. до н.е., у Єгипті, Індії, Китаї користалися для виміру часу сонячним годинником.

Винахід водяного годинника також відноситься до глибокої давнини. У XIII ст. з'явилися механічні годинники баштового типу з однією стрілкою, які приводилися в рух вантажем, підвішеним на канаті до барабана. Наприкінці

XV ст. були винайдені пружинний переносний годинник, який приводився в рух скрученою пружиною.

Однак усі ці годинники давали дуже приблизні показання часу. Повний переворот у цій галузі був зроблений лише в XVII ст. видатним голландським механіком, фізиком і математиком Х. Гюйгенсом (1629-1695). Правда, перший крок в удосконаленні виміру часу був зроблений Галілеєм, однак Гюйгенс Уперше в 1657 р. застосував як регулятор у стаціонарних годинниках маятник (рис.1.25), а в переносних годинниках – пружну спіраль. Для регулятора ходу



**Рисунок 1.25 – Годинник з маятником.
Проект Галілея (зліва) та
Гюйгенса**

годинника із пружною спіраллю він застосував балансир, тобто винайшов спеціальний спуск для передачі маятнику і пружинам імпульсів. Свій винахід Гюйгенс описав у невеликій роботі «Маятниковий годинник». Ця книжка ввійшла в історію науки як приклад поєднання теорії з конструктивним рішенням проблем.

Великий інтерес має робота російського винахідника І.П.Кулібіна (1735-1818).

Крім годинника матеріальною основою для створення

машинного виробництва став млин. Конструкція млина з самого початку мала всі істотні елементи організму машини: механічну рушійну силу; первинний двигун, який вона приводить в дію; передавальний механізм; і, нарешті, робочу машину, яка обробляє матеріал.

Відомо, що в первіснообщинному суспільстві знаряддями для розмелу зерна були зернотерка і ступка, а потім і жорно, які приводилися в рух вручну. Вже в рабовласницькому суспільстві знаряддя розмелу зерна стали приводитися в рух водяними колесами. Приблизно в X ст. у Західній Європі з'явилися вітряні млини.

Зародившись як пристрій для розмелу зерна, млин вже в XIV ст. набуває “універсального” характеру, знаходячи застосування в ковальському, металургійному, лісопильному то гірничодобувному виробництві. Прикладом може служити млин (рис.1.26), який одночасно роздроблював, розмелював і промивав золоту руду, а також змішував золото зі ртуттю.

Таким чином, винахід, а потім широке застосування, механічних годинників, з однієї сторони дозволило вивчити рівномірний рух, а з іншої наштовхнуло на думку застосувати принцип автоматизму для виробничих цілей.

Розвиток млинів сприяв тому, що принцип звільнення рук людини від зіткнення з предметом праці був перенесений на інші трудові процеси.

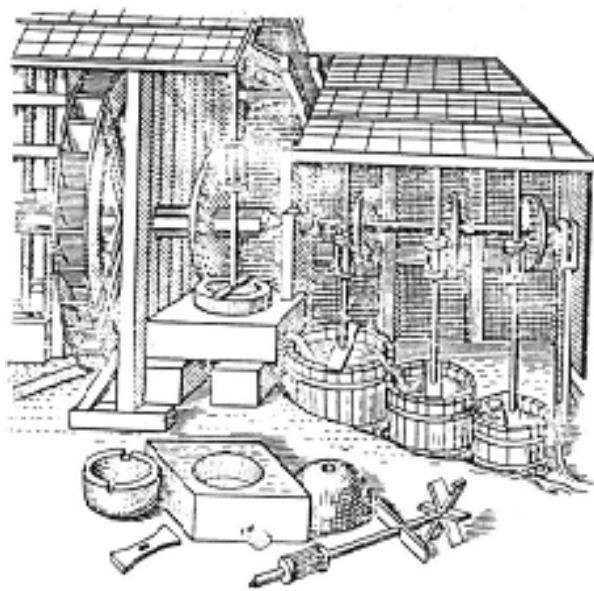


Рисунок 1.26 – Млин, на базі якого створена система для здійснення різноманітних операцій

У мануфактурний період були створені необхідні умови для переходу до машинної індустрії, зроблені перші спроби застосування машин.

Машини як механізми або сполучення механізмів, які здійснювали певні цілеспрямовані рухи для перетворення енергії при виконанні роботи, з'явилися ще в давнину. Як відомо, у залежності від основного призначення розрізняють машини-двигуни, за допомогою яких один вид енергії перетворюється в інший, зручний для експлуатації, і робочі машини (машини-знаряддя), за допомогою яких створюється зміна властивостей, стану і положення об'єктів праці.

У мануфактурний період особливо швидко розвивався перший вид машин. Мануфактурний період характеризувався різким збільшенням числа винаходів і удосконалень. Серед вина-

хідників зустрічалися представники всіляких шарів населення. Поряд з винахідниками-професіоналами (годинникарями, фарбувальниками, ткачами і т.п.) було багато священиків, перукарів, дворян і купців, які або купували винаходи і видавали їх за свої, або іноді самі вносили пропозиції.

Установлення привілеїв на винаходи з'явилося новим джерелом доходу держави – патенти і привілеї обкладалися високими податками. Привілеї, які охороняли права винахідників, були введені в Англії (1623 р.), США (1787 р.), у Франції (1791 р.) і пізніше в інших країнах Європи: у Росії (1812 р.), Голландії (1817 р.), Іспанії (1820 р.), Австрії (1820 р.).

1.4.8 Стан науково-технічних знань і природознавства

Раціональна механіка олександрійської школи, яка узагальнила досвід технічної діяльності стародавності і заклала наукові основи статички і гідростатички, стала вершиною раннього науково-технічного знання. Від античної механіки в працях Архімеда до виходу у світ фундаментальної праці Ньютона, якою під науково-технічне знання була підведена природно-наукова теоретична підстава, пройшло 12 сторіч.

Цей чималий навіть за історичними мірками період зовсім не був "петлею часу", примхливим витком на шляху науково-технічного прогресу, що завершився поверненням до вихідного логічного пункту. Навіть у роки раннього

середньовіччя, коли на європейському континенті панували загальний занепад ремесла і торгівлі, повна безграмотність мас, а паростки раннього науково-технічного знання, здавалося, були назавжди поховані під руїнами римської держави, елліністична вченість була не тільки багато в чому збережена, але й у відомій мірі розвинута. Крім спроб порятунку античних рукописів, які здійснювалися в Європі такими людьми, як Флавій Кассіодор Сенатор, що заснував у 340 р. у своєму маєтку монастир Віваріум, де він зібрав найбагатшу в Європі бібліотеку античних рукописів і організував їхнє переписування, елліністичні традиції наукового мислення були продовжені в країнах Сходу.

На роль спадкоємця античної культури претендує, насамперед, Константинополь, що став столицею Римської імперії в 330 р. Аж до захоплення столиці Східної Римської імперії турками (у 1453 р.) візантійські імператори намагаються підтримувати велич "Другого Рима". У централізованій імперії, що керувалася величезним бюрократичним апаратом, де вільнодумство жорстоко придушувалося підлеглою імператору церквою, розвиток духовної культури і наукової діяльності було сильно обмежено. Проте, у Візантії протягом тисячоріччя якщо не розпалювався, то, принаймні, і не вгасав цілком вогонь античної вченості. У Візантії були досягнуті і нові успіхи в галузі будівельної техніки, досить помітний розвиток одержало ремесло. Візантія стала одним з посередників у передачі античного раннього науково-технічного знання в Європу.

Вигнані з Афін Юстиніаном учені знайшли притулок у Персії, при дворі Хосрова I Ануширвана. Давньогрецька натурфілософія і раннє науково-технічне знання знайшли на Сході благодатний ґрунт – успадковані від минулого багаті традиції технічної діяльності, які сходили коренями в далеке минуле, повага до знання. У Персії, аж до завоювання її арабами, великий розмах одержала робота з перекладу античних рукописів на перську мову. Це стимулювало розвиток культури й у центрі і на окраїнах імперії, створило передумови для наступного розквіту наукової діяльності в арабомовних країнах Сходу і Європи.

Починаючи приблизно з VII ст., близькосхідні й елліністичні традиції наукового мислення були продовжені в країнах мусульманського – арабомовного Сходу, у своєрідній культурі епохи халіфату, яка швидко набирала силу. Досягнення елліністичних вчених і механіків були покладені в основу подальшого розвитку медицини, астрономії, математики. Рукописи Евкліда, Архімеда й інших, які перекладалися з давньогрецької на перську і арабську мови стали потім джерелом для перекладу на латинську мову. Багато праць античних механіків збереглися до нашого часу тільки арабською мовою. У середні століття праці арабських вчених і переклади античних авторів потрапили в Європу за посередництвом іспанського (кордовського) халіфату, через Сицилію і Візантію.

Значну роль у поширенні в Європі античності рукописів і досягнень арабських, візантійських і перських вчених і механіків, які сходили до античності, зіграли хрестові походи.

У Візантії й арабомовних країнах Сходу практично не переривалася антична ремісничча традиція, яка дуже рано одержала настільки характерну для середньовіччя цехову організацію. Природним способом збільшення продуктивності ремісничої праці в цих умовах став її розподіл і кооперація. Однак велика частина окремих операцій як і раніше виконувалася за допомогою примітивної техніки.

Вузькість технічної бази, убогість накопиченого досвіду технічної діяльності і технічних знань, обмежені технології і консервативна політика розвинутої організації цехового виробництва в XIV-XV ст. вступали в протиріччя з необхідністю різкого збільшення випуску товарів, які користувалися великим попитом. Швидко росла потреба в тканинах і матерії.

Зростаюче сільське господарство висувало нові технічні задачі в області іригації. Зростаючі центри ремісничого виробництва – міста – вимагали рішення проблем водопостачання.

Загострилися проблеми розвитку технічних засобів мореплавання – від збільшення мореплавності і вантажопідйомності судів до створення нових методів визначення місцеположення корабля в морі.

У галузі технічних засобів рішення всіх цих задач так чи інакше зводилося до розширення застосування машин і створення нових механізмів і приладів, в організації технічної діяльності – до заміни цехів мануфактурою.

Мануфактурний метод важливий тим, що в цей час під впливом запитів практики були закладені наукові і технічні передумови промислової революції XVIII ст.

Матеріальною основою для переходу до машинної індустрії були годинник і млин. На прикладі млина було створене навчання про тертя, про рушійну силу і передавальні механізми. Майже усі великі математики, починаючи із середини XVII ст., оскільки вони займаються практичною механікою і підводять під неї теоретичну основу, “виходять із простого водяного млина для помелу зерна”. Особливе значення мало застосування одного водяного двигуна для надавання руху відразу декільком машинам. Такі приводи вимагали створення складних передавальних механізмів.

У годинникових механізмах XVI-XVII ст. використовувалися вже дуже складні кінематичні схеми, не тільки пристрої виміру часу, але і дуже своєрідні "планетарії", які демонстрували рухи планет, Місяця і Сонця, картини зоряного неба в різний час доби. Це вимагало досить складного розрахунку кінематики механізмів. Наприклад, годинник, зроблений Джанелло Туррісно містили 1800 зубчастих коліс. Годинникові механізми дуже довго залишалися вершиною техніки, її найбільш складним розділом, який рухав вперед і технологію обробки металів, і технічну творчість механіків. Виготовлення годинників, особливо маятникових (з XVI ст.), крім усього іншого привело до різкого підвищення вимоги до точності вимірів у середовищі масового виробництва, сприяло нагромадженню знань про тертя, постановці проблеми теоретичного обґрунтування роботи маятника і т.д.

У другій половині XV ст. виникло сучасне природознавство. В цей час ряд країн західної і центральної Європи переживав так звану епоху Відродження, яка характеризувалася стрімким підйомом в галузі техніки, науки і культури. Титанами епохи Відродження були Леонардо да Вінчі, Микола Копернік, Георгій Агрікола та інші вчені.

До кінця XV- початку XVI ст. відноситься діяльність великого художника і вченого Леонардо да Вінчі (1452-1519), що залишив після себе численні проекти різноманітних технічних конструкцій, гідротехнічних споруджень, креслення технічних пристроїв, замітки з техніки, оптики й іншого, які свідчать про високий рівень технічних знань того часу. Багато з технічних ідей Леонардо так і не були реалізовані. Більш того, деякі з них залишилися невідомими сучасникам. Але його діяльність вплинула на розвиток технічних знань в епоху Відродження.

Леонардо да Вінчі займався математикою, механікою, фізикою, геологією, ботанікою, анатомією, фізіологією як людини, так і тварин. У галузі механіки він ставив експерименти і намагався визначити коефіцієнт тертя ковзання. Він досліджував явище удару, опору різних матеріалів, вивчав падіння тіл і т.п. Йому належать перші спроби повітроплавання і конструювання літальних апаратів. Базуючись на експерименті, і спостереженні польоту птахів, він, крім малюнків літальних апаратів, які приводяться в дію мускульною силою людини, намалював схеми парашута, вертольота та інших цікавих конструкцій. Він розробив численні конструкції токарних, ткацьких верстатів і друкарських машин, приладів для шліфування скла і т.п. Але більшість його винаходів в той час не могла мати практичного значення, оскільки не були ще створені умови для їх застосування.

У цей період працюють такі видатні інженери, як Георгій Агрікола (1508-1557), Ванноччо Бірінгуччо (1480-1539), Джероламо Кардано (1501-1576), та ін.

Праці механіків XV-XVII ст. свідчать, що вже в той час вони не задовольнялися рецептами Вітрувія, і в пошуках пояснення причин природних властивостей і явищ, що виявляються в процесі створення і застосування нових технологічних засобів, зверталися до праць Архімеда й інших античних механіків. Значення теорії для рішення практичних задач техніки добре розумів Ніколо Тарталья (1499-1557). Він часто виконував замовлення практиків на математичні розрахунки і тому був прекрасно обізнаний з реальними науково-технічними проблемами сучасності. Виконуючи одне з таких замовлень, він розв'язав у загальному вигляді практичну задачу про максимальну дальність стрілянини і тим самим закінчив основи балістики. Використовувавши метод Архімеда, він визначив питомі ваги багатьох речовин, розробив спосіб підйому затонулих судів.

Обстановка економічного підйому, розквіту торгівлі, росту "попиту" на наукове рішення практичних задач сприяла формуванню не тільки високонанукових теорій, але і жваво цікавилися реальними справами фахівців. Таким був

і перший вчитель Галілео Галілея (1564-1642) – математик і винахідник Остенко Річі, який зробив великий вплив на інтерес Галілея до технічних задач.

Велике значення для розвитку механіки мало вчення Миколи Коперніка (1473-1543). Його геліоцентрична система світу була найбільшим відкриттям. Робота Коперніка “Про обертання небесних сфер”, виданий в 1543 р.– один із видатних творів в історії науки.

Першим, хто оцінив значення праць Коперніка, був великий італійський мислитель, матеріаліст і атеїст Джордано Бруно (1548-1600).

Центральне місце в боротьбі за передову науку займає видатний італійський фізик і астроном Галілео Галілей (1564-1642), який виступає основоположником механіки. Він зробив ряд відкриттів у галузі астрономії і показав, що спостережувані за допомогою телескопів явища відповідають геліоцентричній системі світу. Галілей провів велику роботу із створення принципів механіки і Уперше точно сформулював основні кінематичні поняття (швидкість, прискорення). Йому належить формулювання першого закону динаміки – принципу інерції. Він відкрив закон коливання маятника і Уперше висунув ідею відносного руху.

Перша самостійна робота Галілея була присвячена визначенню питомої ваги за допомогою винайдених їм гідростатичних ваг. У будинку Галілея була улаштована механічна майстерня, власне кажучи технічна лабораторія, де крім самого Галілея трудилися його помічники, а також ливарник, токарі і столяри. Тут були перевірені винайдені Галілеєм прилади (той же телескоп, випадкові інструменти для сторонніх замовників), тут же ставилися досвіди, що вимагали застосування технічних засобів. У силу свого авторитету і ясно висловленої точки зору Галілея, більш ніж хто б то не був до нього, уплинув на становлення експериментального методу у фізиці і науково-технічному пізнанні, показав роль наукового пізнання в рішенні практичних задач. Створення Галілеєм початків динаміки означало вихід теоретичного мислення на більш високий рівень абстракції. Велике значення мали його роботи в області теорії тертя й опору матеріалів. Але якими б великими не були досягнення Галілея, він і в останній своїй праці, розпочатій для систематизації результатів, отриманих у механіці, не вибудував їх у систему, рівну чи подібну до упорядкованості і логічній завершеності геометрії Евкліда чи статиці Архімеда. Галілей помер на руках своїх останніх учнів – Вівіоні і Торрічеллі – 8 січня 1642 р. У цей день закінчилися чотири століття універсальної керівної культури Італії. Духовна культура, а разом з нею і науково-технічний прогрес, задумані в Італії католицькою реакцією, продовжили своє просування вперед в інших, більш придатних умовах, що склалися на той час в інших країнах Європи, і, у першу чергу, в Англії, Франції, Нідерландах.

Остаточне визначення геліоцентрична система світу одержала в працях видатного німецького астронома Іоганна Кеплера, який відкрив закони руху планет. Великий англійський математик, астроном і фізик Ісак Ньютон (1643-1727), сформулював ці закони під кутом зору загальних законів руху матерії.

Ісаку Ньютону належить честь завершення справи, початої Архімедом побудови загальної теоретичної системи механіки, яка об'єднала природознавство і наукове-технічне знання. Розширивши до меж універсальні і теоретичні абстрактні представлення про тіла і сили, що впливають на ці тіла, Ньютона зробив наступний після Архімеда і Галілея крок в ідеалізації предмета механіки. Перше видання його фундаментальної праці “ Математичні початки натуральної філософії ” вийшло в 1686 р.

Почала свій триумфальний шлях теоретична механіка, яка заклала основи безлічі інших природно наукових і технічних дисциплін. Цей процес відбувається протягом усього XVIII ст., захоплює XIX ст. і завершується побудовою тієї теоретичної системи фізики, з яким ми маємо справу і сьогодні, звертаючись до так званих точних наук.

Методологічним принципом науково-технічної творчості Ньютона, як і Галілея, було органічне сполучення експериментальної і теоретичної діяльності. Він ніколи не починав дослідів наосліп, поза зв'язком з якою-небудь теоретичною концепцією, яку вони покликані були або підтвердити або спростувати. Ньютон розглядав технічну практику як безбережне море експериментального досвіду. До практики звертався він і тоді, коли шукав підтвердження своїм теоретичним висновкам.

У цей же час почала складатись як самостійна галузь науки і геологія, яка вивчає будову, мінеральний склад і історію розвитку Землі і земної кори. Вже Леонардо да Вінчі виказав ряд цікавих геологічних гіпотез Георгій Агрікола, німецький вчений, провів повну систематизацію мінералів і гірничих порід. Великі зрушення в області геології відбулися в XVIII ст., коли великий російський вчений М.В.Ломоносов поклав початок еволюційному напрямку і порівняльно-історичному методу в геології. Він відкинув існуюче в той час наукове пояснення наявності в прошарках Землі різних комах, тварин і рослин, першим виказав ідею про геологічний час.

Трохи пізніше наступив перелом у розвитку фізики. Учень Галілея Е.Торрічеллі (1608-1647) розробив ряд питань гідродинаміки – відкрив існування атмосферного тиску і створив ртутний барометр; Роберт Бойль (1627-1691), Е.Маріотт (1620-1684) – Закон незалежності об'єму повітря від тиску.

Природознавці намагалися пояснити і електричні явища, відомі ще в стародавній Греції. У середині XVII ст. властивості електрики вивчав німецький фізик Геріке, який створив одну з перших електростатичних машин. Французький фізик Шарль Франсуа Дюре (1698-1739) сконструював прилад для виявлення і виміру електрики – примітивний електроскоп.

Американський вчений Веніамін Франклін доказав, що блискавка являє собою електричне явище, і 1752 р. винайшов громовідвід і плоский конденсатор.

У 1752-1753 р. Ломоносов і Ріхман провели ряд дослідів атмосферної електрики за допомогою спеціальних установок – “громових машин”. В кінці 1753 р. Ломоносов виступив з роботою “Слово про явища, які відбуваються від електричної сили”, в якій виклав теорію атмосферної електрики.

У 1767 р. англійський хімік Джозеф Прістлі (1733-1804) Уперше вика-
зав думку про те, що існує певна кількісна взаємодія двох електричних зарядів.

У 1785 р. французький фізик Шарль Огюстен Кулон (1736-1806) дослі-
дним шляхом встановив залежність взаємодії між двома електричними заря-
дами від їх величини і відстані між ними. Таким чином, до початку ХІХ ст.
вже були створені основні уявлення про електрику.

Потреба виробництва, а також успіхи, досягнуті в астрономії, механіці і
других галузях знань, привели до розвитку математики. Перш за все в цей час
розробляються основні положення алгебри. Ще в ХVІ ст. італійські математи-
ки С.Федро, Н.Тарталья і Л.Феррарі знайшли алгебраїчні способи розв'язання
рівнянь третьої і четвертої ступенів. Подальший розвиток алгебра одержала в
працях італійського вченого Дж.Кардано і французького математика Ф.Вієта.

У ХVІІ ст. найбільшим досягненням в математиці стало відкриття логар-
ифмів шотландським математиком Джоном Непером (1550-1617) і шведсь-
ким математиком Іобстом Бюргі (1552-1632).

Французький фізик і математик Рене Декарт (1596-1650) опублікував в
1637 р. роботу "Геометрія", яка містила основні методи координат в геометрії,
Уперше вводила поняття величини і функції.

Починаючи з ХІ-ХІІ ст., у Європі створюються університети. Перешко-
дою розвитку технічної освіти в університетах стало те, що пануюча система
освіти аж до ХVІІ ст. знаходилася під домінуючим впливом церкви. Але, по-
чинаючи з ХVІ ст., розвиток економіки вимагав підготовки фахівців, здатних
вирішувати технічні задачі. Це змушувало державу брати під своє заступницт-
во наукові товариства, сприяти їх розвитку, перетворенню у формально орга-
нізовані інститути наукової діяльності. З цієї ж причини держава зрештою взя-
ла на себе функцію забезпечення науково-технічної освіти.

У ХVІ ст. у Франції створюються королівські студентські державні війсь-
кові академії для підготовки офіцерських кадрів. У 1600 р. королівським едик-
том університети передаються у ведення державних органів влади. У ХVІІ-
ХVІІІ ст. у Європі створюється вже ряд спеціалізованих інженерних шкіл і ін-
ших навчальних закладів з викладанням науково-технічних дисциплін. Ці пе-
рші успіхи в організації мережі навчальних закладів технічного профілю
вплинули на формування науково-технічних кадрів, які забезпечували розви-
ток машинного виробництва в ХІХ ст.

2 ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ ХVІІІ-ХІХ СТОЛІТТЯХ

2.1 Історична послідовність виникнення машинного виробництва

Від початку середньовіччя до останньої третини ХVІІІ ст. основною
формою організації технологічного процесу була проста кооперація праці.
Перші технологічні машини відігравали ще другорядну роль: основою ману-
фактури залишалося ремісниче мистецтво, доведене до високого рівня
спеціалізації. Разом з тим розвиток машин в мануфактурний період (особли-

во на його заключному етапі – в пізнє середньовіччя і на початку Нового часу) мав важливе значення для історії науково-технічного знання і виникнення крупної машинної промисловості.

Процес переходу мануфактурного виробництва на рейки машинної техніки і мануфактурної організації праці до фабричної системи називається промисловою революцією.

Вихідним пунктом промислової революції стало застосування робочих машин, які замінили руку робітника, що утримувала інструмент, створили можливість майже необмеженого розширення кількості інструментів, одночасно діючих на предмет праці, дозволили в багато разів підвищити продуктивність праці.

Робоча машина є головною частиною розвинутої сукупності машин, яка безпосередньо діє на предмет праці і цілеспрямовано змінює його форму. Дві інші частини машини - двигун, який діє як рушійна сила всього механізму, та передавальний механізм, який передає силу від двигуна до робочої машини - існують тільки для приводу в рух робочої машини.

Перший етап промислової революції був пов'язаний з появою робочих машин в текстильному виробництві.

Другий етап промислової революції почався із винаходу універсального теплового двигуна, тобто парової машини.

Третій етап промислової революції був пов'язаний із створенням робочих машин в машинобудуванні, тобто з винаходом супорта і різцетримача.

Машинобудування, забезпечене потужною енергетичною базою і споряджене робочими машинами, дозволило налагодити безперервний масовий випуск різноманітних машин і постачити ними всі галузі виробництва.

Застосування машин у виробництві призвело до виникнення великої кількості промислових підприємств, створення промислових центрів.

Англія є батьківщиною машинного капіталізму. Буржуазна революція в Англії, яка відбулася ще в XVII ст., підготувала шлях для розвитку капіталістичних стосунків і стала вступом до промислово-технічного перевороту в кінці XVIII ст. Прийшовши до влади, англійська буржуазія створила умови, які забезпечували їй економічне і політичне панування в країні.

Промисловий переворот в Англії був в основному завершений в першій половині XIX ст. До цього часу було ліквідовано суперечність між прогресивною формою розподілу праці в мануфактурі і її вузьким технічним базисом. Внаслідок цього відбулася заміна ручної праці машинною працею. Англія стала промисловою майстернею світу.

Слідом за Англією на капіталістичний шлях розвитку вступила і Франція. Початок промислового перевороту у Франції співпав з періодом наполеонівської імперії (1805-1814 р.). Повного розвитку промисловий переворот у Франції досягнув в період реставрації Бурбонів (1815-1830 р.).

Початок промислового перевороту в США відноситься до кінця XVIII ст. Проте машинна техніка в промисловому виробництві в США стала домінувати лише після закінчення громадянської війни (1861-1865 р.).

Промислова революція в Німеччині проходила з кінця 40-х до 60-х років XIX ст.

Початок промислового перевороту в Росії відноситься до 30-х років

XIX ст. Проте його розвиток йшов надзвичайно поволі. Після відміни кріпацтва в 1861 р. промисловий переворот в Росії пішов надзвичайно швидко. Особливо бурхливо в пореформений період розвивалася гірничозаводська промисловість на півдні Росії.

У першій половині XIX ст. машинне виробництво розповсюджується в Європі і Північній Америці, досягаючи кульмінаційного розвитку до кінця 70-х років XIX століття.

2.2 Перші робочі машини в текстильному виробництві

У ткацькій справі технічні засоби застосовувались ще в глибокій давнині. Пізніше вони неодноразово удосконалювалися (один з проектів прядки належить Леонардо да Вінчі), але історію машин в текстильній промисловості треба починати, певно, від винаходу човника-літака (1733 р.). Створений Джоном Кеєм (1704-1764) механічний човник (рис. 2.1) підвищив

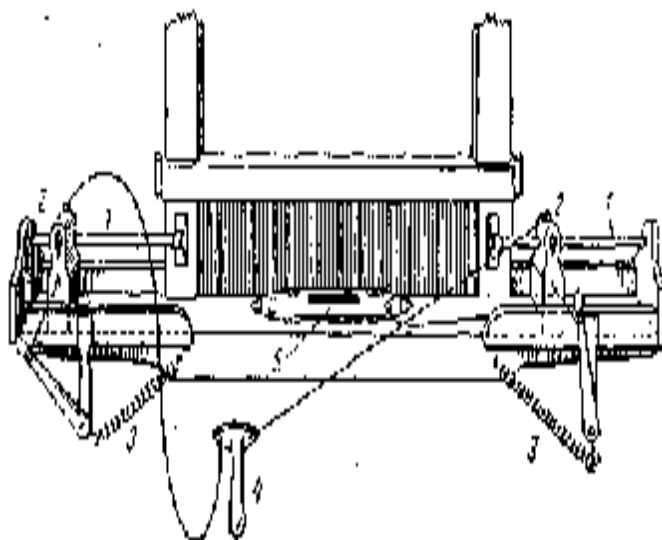


Рисунок 2.1 – Схема будови човника-літака Кея

продуктивність праці ткачів приблизно в два рази. Це викликало необхідність розробки нових прядильних машин, спроможних задовольнити різко зростаючий попит на пряжу. Схема розвитку прядильних машин показана на рисунку 2.2.

Уже в 1735 р. тесляр і механік-самоучка Джон Уайатт запропонував спеціальний витяжний прилад для механізації операції витягування волокон при прядінні. За словами Маркса якраз ця частина машини визначила початок промислової революції. Не маючи засобів, Уайетт продав право на винахід підприємцю Паулю, який в 1738 р. взяв патент на машину, де пальці людини Уперше були замінені двома “витяжними” валками, що оберталися з різними швидкостями. Удосконалюючи свій винахід, Уайатт в 1742 році побудував машину, яка прядла зразу на 50-ти веретенах і приводилась в рух двома віслюками, проте через дороговизну й громіздкість не знайшла широкого застосування.

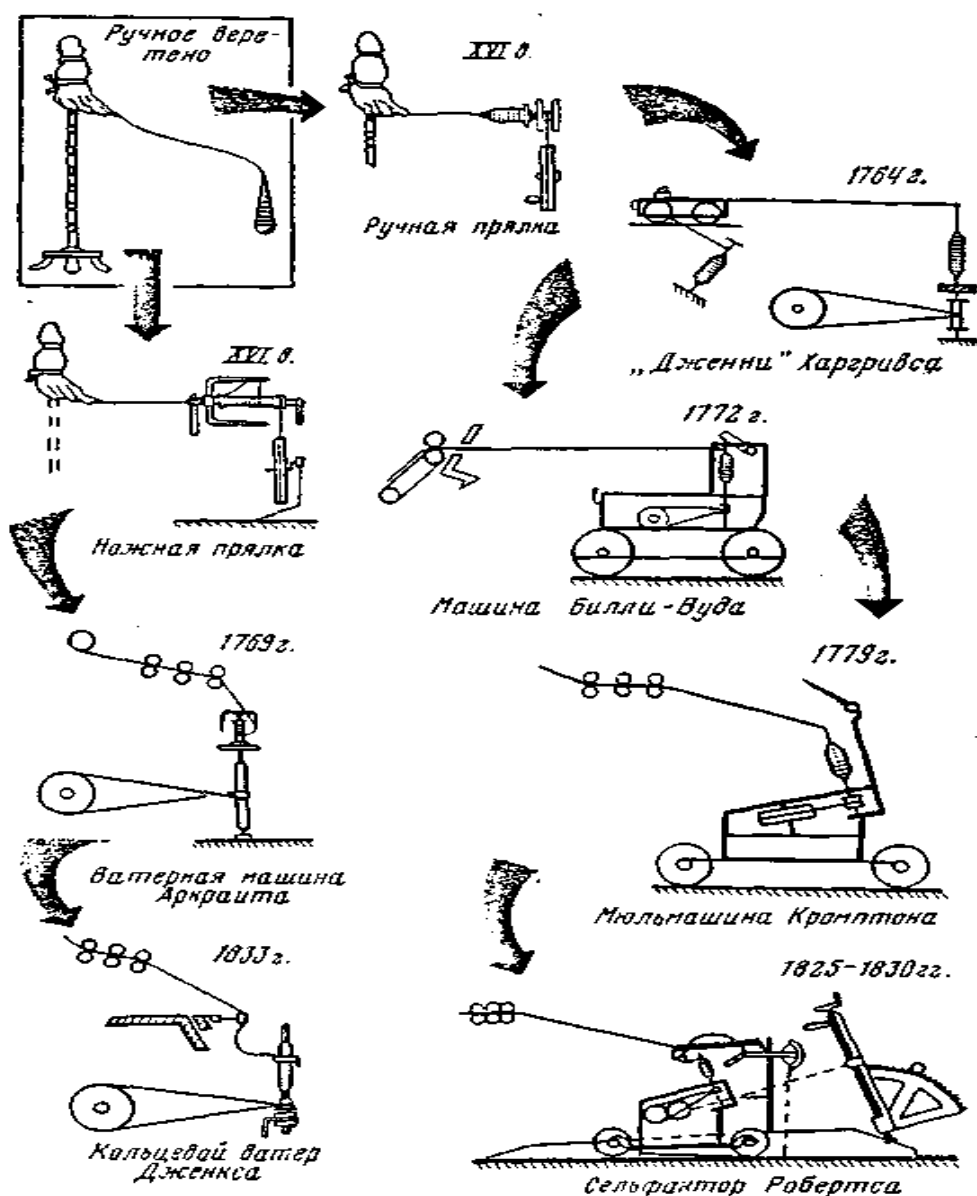


Рисунок 2.2 – Схема розвитку прядильної машини

Але справжній переворот в текстильній промисловості вчинив Джеймс Харгрівс; він побудував в 1764 р. прядильну машину періодичної дії з декількома вертикально розміщеними веретенами, яку назвав ім'ям своєї дочки – “Дженні”. Руку прядильника в своїй машині Харгрівс замінив затискувачем-пресом, в якому одночасно можна було затиснути не одну, а кілька ниток. Харгрівс використовував в конструкції цієї машини кінний привод і канатну передачу, які застосовувались на млинах. Згодом до неї був пристосований водяний двигун, який широко застосовувався в гірничий і металургійній промисловості.

У 1767-1769 роках “Дженні” була удосконалена підприємцем і годинником Річардом Аркрайтом (1732-1792), який до цього намагався побудувати водяний двигун. Тут ми Уперше в текстильній техніці зустрічаємося з математикою: Аркрайт був знайомий із методом розрахунку зубчатих передач, що дозволило йому обчислити швидкості застосованих в машині валів. Проте, і Аркрайт скористався готовими елементами: зубчатими колесами і барабаном, а також нескінченим гвинтом з механізму годинника. В 1771 р. Аркрайт застосовує як силовий привод водяний двигун. Його ватермашина була удосконалена спочатку К.Вудом, а потім С.Кромптоном, який в період з 1774 по 1779 р. сконструював верстат, названий “мюль-машиною”, спроможний виробляти надзвичайно тонку і міцну пряжу.

У 1792-1793 р. Е. Уїтні (1765-1825) винаходить бавовноочисну машину. В 1818 р. В.Ітон механізує навивання нитки. В 1825 р. англійський механік Річард Робертс створює механізм автоматичного регулювання швидкості обертання веретен, використавши ідею будови годинника з гирями. Далі, в 1830 р. Дж.Сміт завершив перетворення мюль-машини в майже автоматичний пристрій, а Г.Гольдсварт, який знав механіку і математику, замінив ступінчасті шківні конічними. Так був створений сельфактор – універсальна прядильна машина. В 1828-1844 р. створюється кільцевий ватер Дженкса, що вчинив переворот в бавовнообробці. Нарешті Дж.Нортрон (американський інженер) скористався ідеєю, застосованою в конструкції револьвера системи “Кольт”, і створив автоматичний пристрій для зміни шпуль.

Внаслідок широкого застосування прядильних машин різко підвищилась продуктивність праці при обробці пряжі, в зв'язку з чим постало питання про необхідність механізації праці ткачів.

Сільський священник, аматор годинникової справи Е.Картрайт (1743-1823) в 1785-1786 р. створює механічний ткацький верстат, що дозволило ліквідувати розрив між механічним прядінням і ручним ткацтвом. У верстаті були застосовані ексцентрики з конструкції парового двигуна Уатта. Спочатку конструкція верстата була досить примітивною, тому над його удосконаленням Картрайт працював до кінця XVIII ст. Тільки в 1792 р. був створений механічний ткацький верстат з легким управлінням і повною механізацією всіх основних операцій ручного ткацтва.

У 1787 р. Картрайт заснував першу механічну ткацьку фабрику з двадцятьма верстатами.

Упровадження в текстильне виробництво сельфактора і механічного ткацького верстата перетворило ткацьке виробництво з ручного на машинне.

2.3 Створення універсального теплового двигуна

Ще в мануфактурний період м'язова сила людини була не єдиною, що застосовувалася у виробництві. Поряд із нею використовувалася сила тварин, а також сила повітря і води. Проте всі ці види енергії не могли задовольнити фабричне виробництво. Тварини використовувались лише на деяких роботах. Вітер як рушійна сила був непридатний через непостійність і неможливість точного контролю за ним. Найбільш широко у фабричному виробництві використовувалася сила води, яка мала також ряд істотних недоліків. Джерела водяної енергії не завжди були розміщені в потрібних місцях, вони залежали від пори року, погоди і інших умов.

З кінця 60-х років XVIII ст. фабрична система, яка зароджувалась, наполегливо вимагала створення зовсім нового за своїм типом і універсального за технічним застосуванням потужного двигуна, який би знаходився цілковито під контролем людини. Такий двигун повинен був звільнити промисловість від обов'язкової залежності від природних джерел енергії, тобто дати можливість концентрувати виробництво в будь-якому місці.

Таким двигуном, який задовольняв всім цим умовам, і стала перша машина подвійної дії, винахід і розповсюдження якої склало основний зміст другого етапу промислової революції.

Спроможність пари виробляти механічну роботу давно відома людині. Починаючи із глибокої давнини, з'являється цілий ряд механізмів, основаних на використанні сили пари. Відомо, що ще Герон Александрійський застосовував пару для руху апарата спеціальної конструкції. Леонардо да Вінчі залишив опис парової машини, що, за його словами, була винайдена Архімедом.

Атмосферний тиск, як джерело рушійної сили, звертав на себе увагу багатьох вчених і винахідників, особливо після дослідів німецького фізика Отто фон Геріке з так званими “магдебурзькими півкулями” (1650р.).

Велике значення мала творчість французького фізика Дені Папена (1647-1714), винахідника першого котла із запобіжним клапаном. Він першим в 1690 р. правильно описав пароатмосферний цикл.

Перший паровий насос “друг рудокопа”, схема якого показана на рисунку 2.3, створив англієць Т.Севері, який в 1698 р. під заявку на паровий насос зміг також одержати патент на “рушійну силу вогню”. Багато років підряд винахідників примушували йти на уклін до Севері, відсилати йому велику данину за можливість запатентувати нову конструкцію парової машини. Нове в машині Севері у порівнянні з паровим котлом Папена полягало в тому, що паровий котел був відокремлений від робочого простору. Але робота пари і її конденсація як і раніше відбувалися в одній і тій же посудині. Машина була вкрай неекономічна і витрачала 80 кг вугілля на 1 кінську силу. Глибина всмоктування цього насоса не перевищувала 10 м.

Подальший крок вперед у справі удосконалення парових машин зробив англійський коваль Томас Ньюкомен, який в 1711 р. для приводу шахтних насосів запропонував використовувати свою конструкцію пароатмосферної машини. У цій машині (рис. 2.4) для конденсації пари в циліндр впорскувалася вода. Потужність машини складала 8 кінських сил, глибина всмоктування – 80 м, витрати вугілля на 1 кінський силу – 25 кг.

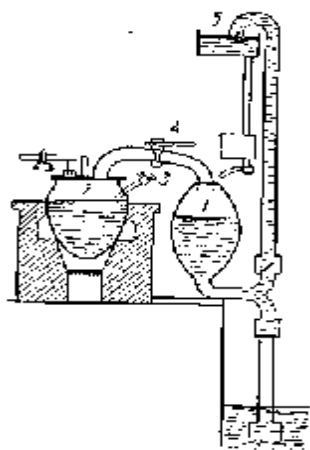


Рисунок 2.3 – Схема парового насоса Севері

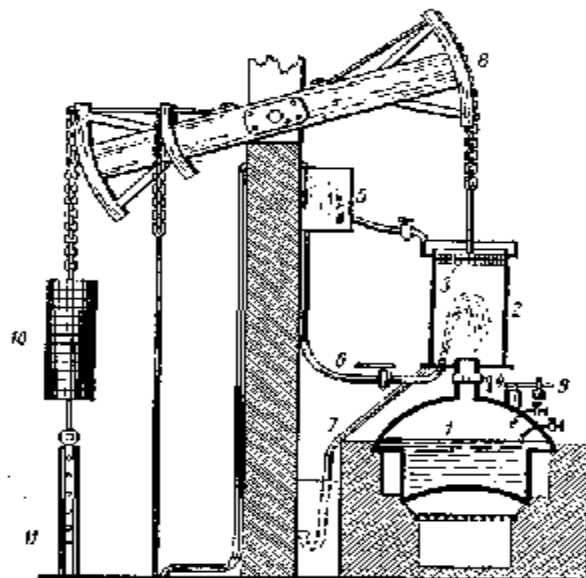


Рисунок 2.4 – Схема пароатмосферної машини Ньюкомена

У 1763 г. російський винахідник І.І.Ползунов розробив проект створення "вогнедіючої машини для заводських потреб" - першого універсального теплового двигуна. Це була двоциліндрова пароатмосферна машина зі спеціальним автоматичним паророзподільним обладнанням (рис. 2.5). Ползунов не дожив до пуску своєї машини, який відбувся в серпні 1766 р. Машина відпрацювала протягом двох місяців, а потім вийшла з ладу в зв'язку з протіканням котла. Машину зупинили, а через декілька років вона була поламана і забута. Проте, парові атмосферні машини були зовсім непридатні для ролі універсального двигуна машинної індустрії. Про них не без підстави казали, що для їх виготовлення потрібен залізний рудник, а для обслуговування – вугільна копальня.

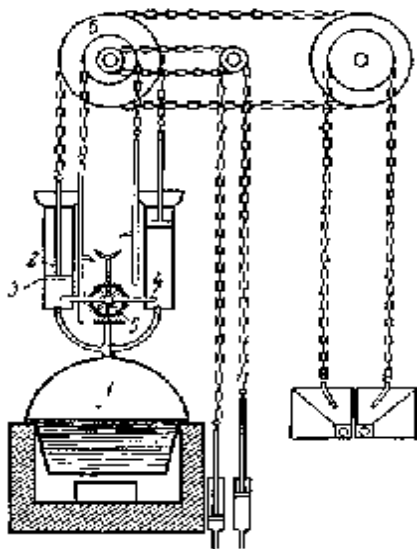


Рисунок 2.5 – Схема теплового двигуна І.І.Ползунова

Універсальний паровий двигун, придатний для практичної експлуатації (рис.2.6), був винайдений англійським теплотехніком Джеймсом Уаттом.

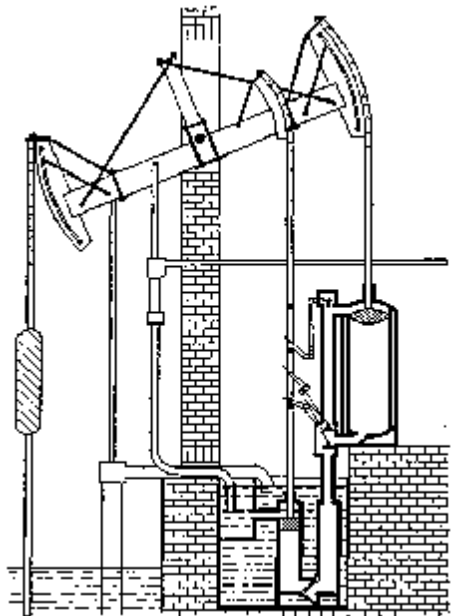


Рисунок 2.6 – Схема машини Д. Уатта, побудованої в 1775 р.

Роботу над паровими машинами Уатт почав з 1764 р. Провівши цілий ряд глибоких досліджень і дослідів, він запропонував здійснювати конденсацію пари в окремому резервуарі – конденсаторі, який з'єднувався з циліндром. Патент на цей винахід Уатт одержав в 1769 р. В 1772 р. Уатт уклав контракт з Болтоном, власником машинобудівного підприємства в місті Сохо біля Бірмінгему. Болтон показав себе розумною і далекосяжною людиною. Він не поскупився на затрати для спорудження машини. Болтон зрозумів, що геній Уатта, звільнений від турботи про шматок хліба, розгорнеться в повну силу і принесе прибуток. Крім того, сам Болтон був великим інженером-механіком.

Проте перша парова машина Д. Уатта не була придатна для ролі універсального двигуна. Треба було, щоб вона мала вал із насадженим на нього колесом, який би обертвся безперервно, від якого можна було передати рух машинам-знаряддям за допомогою пасової передачі. В результаті Уаттом була створена машина подвійної дії (патент 1784), яка і стала універсальним тепловим двигуном (рис. 2.7).

Принцип дії машини полягав у тому, що пара з котла поступала в циліндр через золотник, який дозволяв подавати пару то з одного боку поршня, то із іншого, створюючи тим самим необхідний тиск на поршень. Для вирівнювання обертального руху Уатт застосував махове колесо. В 1781 р. він взяв патент на п'ять способів перетворення коливального руху в безперервний обертальний (патент на кривошипно-шатунний механізм раніше був одержаний французьким винахідником Пікаром). Був застосований також механічний відцентровий регулятор, який за допомогою спеціальної дросельної заслінки в паропровідній трубі регулював надходження пари в машину. Парова машина подвійної дії стала універсальним тепловим двигуном, який знайшов широке застосування майже в усіх сферах господарства багатьох країн.

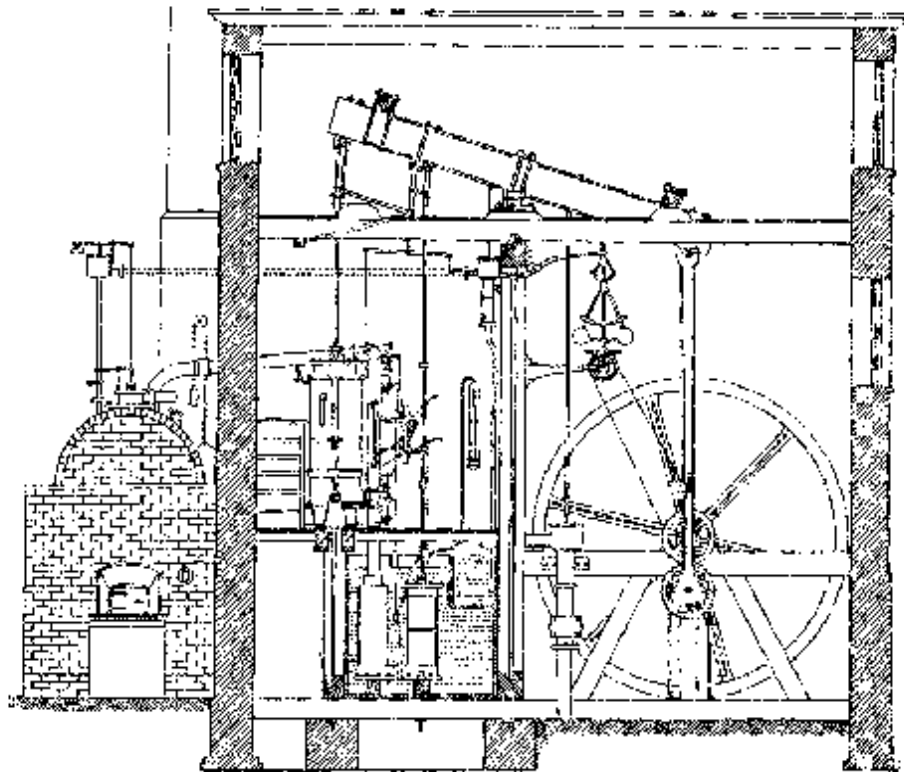


Рисунок 2.7 – Схема машини подвійної дії Д. Уатта

2.4 Створення робочих машин в машинобудуванні

Після винаходу робочих машин і створення універсального теплового двигуна основним завданням подальшого промислового розвитку стало технічне переоснащення машинобудування. Величезні можливості, які виникли перед промисловістю з введенням робочих машин і універсального двигуна могли реалізуватися лише тому, що машинобудування було спроможне поставляти всім галузям промисловості спеціальні машини, і притому у великих кількостях.

Між тим, техніка виготовлення машин, що існувала в середині XVIII ст. навіть в найбільш передових країнах, була ручною, успадкованою ще від мануфактурного періоду.

При ручному виготовленні машини вироблялися поволі, в невеликих кількостях і обходилися вкрай дорого. Ручна праця не могла розв'язати і багатьох чисто технічних завдань, що стали виникати в машинобудуванні. Зростаюча складність машин вимагала збільшення потужностей, швидкостей, надійності і точності роботи механізмів.

Застосування машин в металургії, на транспорті, як і все зростаючі розміри парових двигунів і котлів, диктувало необхідність обробки надзвичайно великих мас металу. На основі ручної праці машини і котли або взагалі не могли бути оброблені, або не могли бути оброблені достатньо швидко і з необхідною точністю.

Так, обробку внутрішньої поверхні циліндра діаметром 711 мм і довжиною 2,74 м для парової машини Ньюкомена в 1760 р. здійснювали вручну абразивним методом (рис. 2.8).

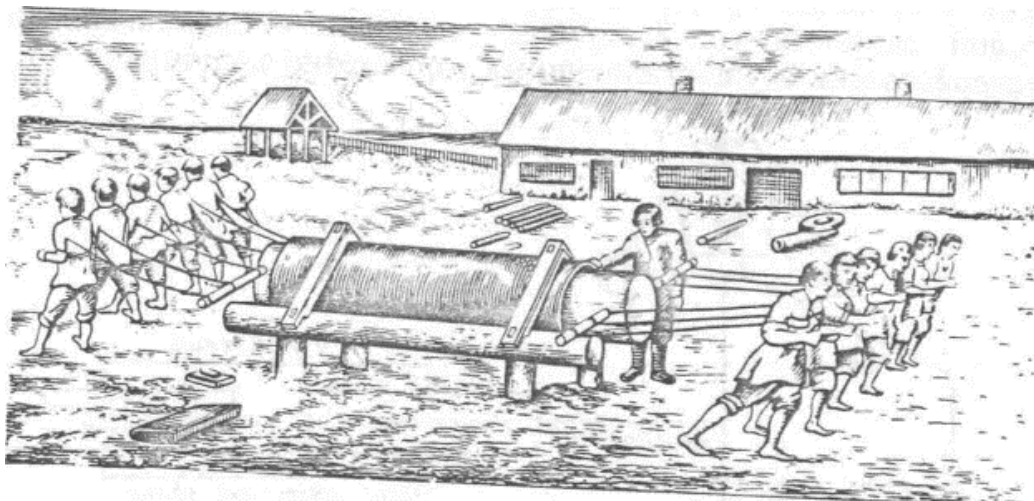


Рисунок 2.8 – Шліфування металевого циліндра, 1760 р.

При цьому оброблюваний циліндр встановлювали на двох дерев'яних підставках і вставлений в нього сердечник заливали свинцем. Надаючи одержаній після охолодження свинцевій колоді зворотно-поступальний рух і періодично прокручуючи циліндр, за допомогою введеного в циліндр мастила з наждаком проводили шліфування його внутрішньої поверхні. Така обробка забезпечувала точність по діаметру циліндра 1,27 см (товщина мізинця), що мало задовольняло виробництво.

Докорінна зміна техніки виготовлення машин могла бути досягнута лише за умови винаходу і широкого застосування робочих машин власне в машинобудуванні.

Технічне переоснащення машинобудування – цієї основи великої машинної індустрії – в Англії почалося приблизно із 90-х років XVIII ст. і закінчилося до 40-х років XIX ст. Треба вказати, що машинобудування, як галузь промисловості в мануфактурному періоді, не існувало. Майже в усіх великих металообробних мануфактурах були майстерні, в яких виготовлялися інструменти, не дуже складні верстати і т.д. Існували свердлильні, точильні, шліфувальні верстати. Проте ці верстати, незважаючи на досить велику спеціалізацію, не були робочими машинами, оскільки основний трудовий процес при їх застосуванні здійснювала рука людини.

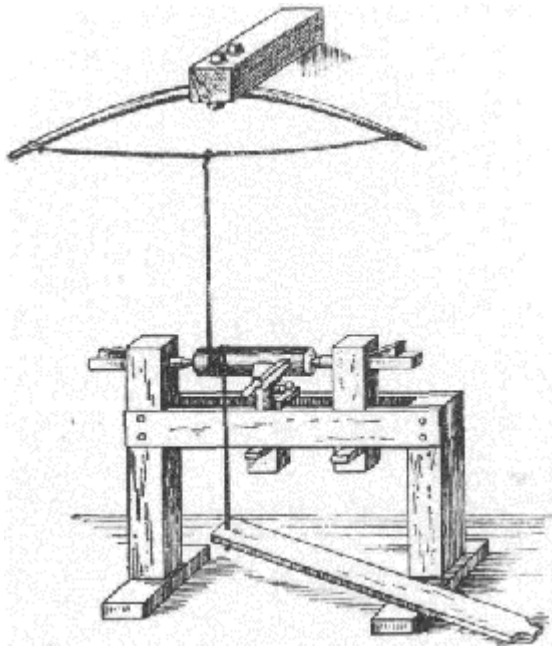


Рисунок 2.9 – Лучковий токарний верстат

Найбільш розповсюдженим був токарний, так званий лучковий, верстат (рис. 2.9), при роботі на якому ріжучий інструмент робітник утримував в руках.

Цей верстат все ще був складним знаряддям праці, а не робочою машиною. Для його перетворення в робочу машину потрібен був механізм, який би замінив руку людини, тобто різцетримач (супорт).

Винахідником токарного верстату із супортом був видатний російський механік і винахідник Андрій Костянтинович Нартов. Він одним із перших побудував токарно-копіювальний верстат з механічним супортом (рис.2.10). Проте в той час ні в Росії, ні на Заході не було ще гострої потреби в удосконаленні техніки машинобудування. Можливість зміни техніки виготовлення різноманітних

машин була створена тільки внаслідок перших двох етапів промислової революції.

Початок зміни техніки виготовлення машин поклав англійський механік Генрі Модслі (1771-1831), який в 1794 р створив механічний супорт для токарного верстата (рис. 2.11). Цей супорт мав дві каретки, що пересувалися за допомогою гвинтів. Одна каретка дозволяла створювати необхідний тиск різця на заготовку, а інша пересувала різець уздовж заготовки. У 1797г. Модслі побудував перший дієздатний токарний верстат на чавунній станині з самохідним супортом.

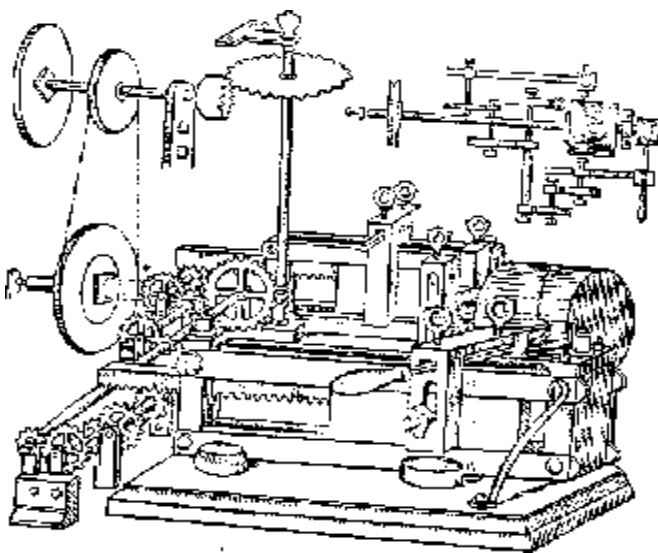


Рисунок 2.10 – Кінематична схема токарно-копіювального верстата А. К. Нартова, 1712 н.

Надалі Модслі продовжував удосконалювати свій токарний верстат, який незабаром став незамінною машиною в будь-якій токарній роботі.

Модслі відкрив свою власну механічну майстерню, яка дуже швидко перетворилася в досить великий машинобудівний завод. На заводі Модслі була застосована уже машинна система виробництва в формі сполучення трансмісіями великого числа робочих машин.

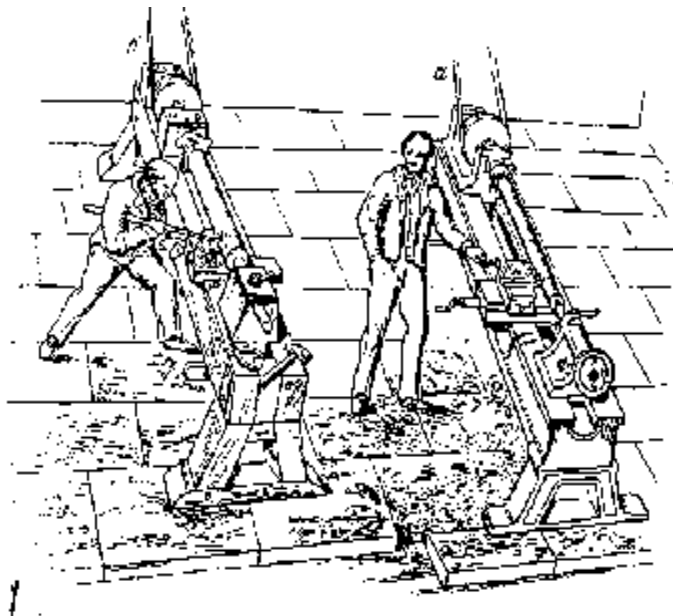
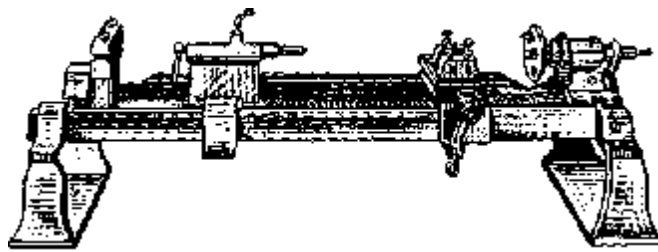


Рисунок 2.11 – Перший токарний верстат з супортом Т. Модслі (зверху) та рекламний плакат автоматичного супорта

Завод в основному виготовляв деталі для парових машин Уатта. Проте на заводі конструювалися і робочі верстати для механічних майстерень. Генрі Модслі випустив зразкові токарні, а потім і стругальні механічні верстати. Сам Модслі, незважаючи на те, що був власником великого підприємства, все життя працював нарівні зі своїми робітниками і учнями. Окрім супорта він зробив багато винаходів і удосконалень в різноманітних галузях техніки.

У 1807 г. Модслі одержав патент на різноманітні вдосконалення парової машини. На початку ХІХ ст. він винайшов діркопробивну машину для вироблення отворів в листах котельного заліза, сконструював мікрометричний штангенциркуль, названий ним "лордом канцлером". Останньою роботою Модслі був металевий щит, за допомогою якого в Лондоні під Темзою був прокладений тунель.

Надзвичайно винахідливий, Модслі дуже мало дбав про отримання патентів на свої винаходи. Траплялося, що йому погрожували судовим процесом люди, які украли його винаходи і оформили на них патенти.

Надалі було створено велику кількість різноманітного металообробного обладнання-токарних, токарно-гвинторізних, стругальних та зуборізних верстатів У 1829 р. Джейм Несміт удосконалив конструкцію фрезерного верстата і цей верстат став одним з головних верстатів того часу. У 1843 р. Несміт створив паровий молот, який став основою механізації ковальського виробництва.

Особливістю техніки машинобудування 30-х і 40-х р. ХІХ ст. є підвищення точності виробництва машин. Цей період був цілком пов'язаний з роботами видатного англійського верстатобудівника Джозефа Вітворта (1803-1887), який ввів в машинобудування принципи і засоби точної роботи.

Вітворт винайшов першу вимірювальну машину, ввів калібри і добився можливості вимірювати поверхні, що обробляються з точністю до сотих, а пізніше і до тисячних часток міліметра. Йому належить ідея стандартизації

різьби на гвинтах, яка пізніше знайшла широке застосування в машинобудуванні.

До 70-х років XIX ст. Англія по праву називалася “майстернею світу” і займала лідируюче становище в світовому машинобудуванні. Але вже до 60-х років XIX ст. стала розвиватися машинобудівна промисловість США і Німеччини. Слабкіше було розвинуто машинобудування Франції, Австро-Угорщині, Росії, Італії і інших країн, які запізнилися з капіталістичним розвитком.

Внаслідок третього етапу промислового перевороту машинобудування оволоділо технікою виробництва машин машинами. Це дозволило швидко і в необхідній кількості виробляти машини для всіх галузей промисловості і транспорту. Таким чином, велике машинне виробництво одержало відповідну його природі матеріально-технічну базу.

2.5 Розвиток металургії

Технічний переворот в машинобудуванні став основним стимулом для розвитку металургії в епоху промислової революції. З розвитком машинної індустрії роль металу як основного матеріалу для виготовлення машин значно зростає. Всі технічні пристрої і елементи машин стали виготовлятися тільки з металу. Способи засоби отримання заліза, що існували при мануфактурі, вже не могли задовольнити зростаючих потреб виробництва. Тому металургія повинна була перейти на нові засоби виробництва.

Технічний переворот в металургії (передусім в англійській) містився в винаході і широкому застосуванні нової технології отримання чавуну, а також в істотному вдосконаленні засобів переробки чавуну в залізо.

Доменне виробництво в мануфактурний період базувалося на використанні деревного вугілля. Збільшення виплавляння чавуну призвело до швидкого знищення лісів. “Паливний голод”, який настав в Англії, Франції та інших країнах, породив прагнення знайти заміну деревному вугіллю.

Ця думка висловлювалася неодноразово в Англії ще в XVII ст. Уряд навіть видавав спеціальні ухвали, в яких закликали винахідників вирішити проблему застосування мінерального палива в металургії.

Перших успіхів в застосуванні кам’яного вугілля для отримання чавуну досягнув англієць Дод Додлей, який оформив патент в 1619 р. Але тільки в 1735 р. англійський інженер-металург Авраам Дербі-син розв’язав проблему застосування мінерального палива в доменному виробництві, використавши не просто кам’яне вугілля, а кокс.

Використання коксу вимагало збільшення кількості повітря, що подається в піч. Замість клиноподібних міхів стали застосовуватися циліндричні міхи, а потім відцентрові повітродувки, зростала і потужність двигунів.

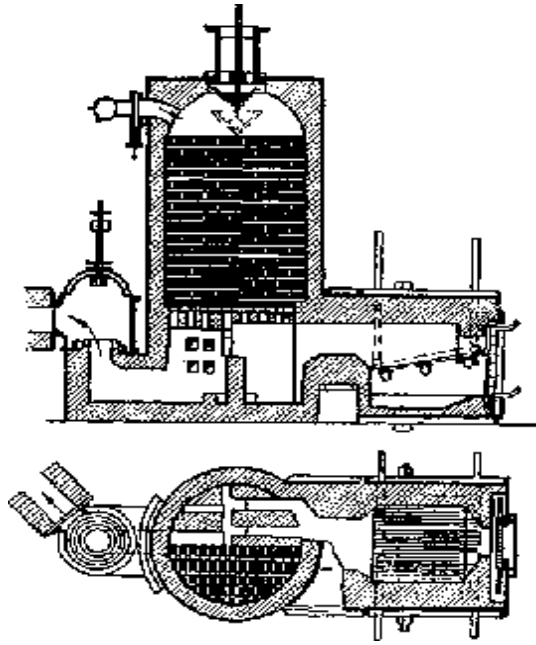


Рисунок 2.12 – Схема доменного повітрянагрівача

Застосування нових систем повітродувок дозволило збільшити розміри доменних печей і прискорити процес доменної плавки.

Подальше зростання продуктивності доменних печей відбувалося за рахунок нагрівання повітря, що подається в домни. Апарат для нагрівання повітря Уперше був застосований Дж. Нільсоном на шотландському заводі Слайд (патент виданий в 1828 р.). Перші ж досліди підігріву повітря до 150-300 °С дозволили значно (до 40%) знизити витрати палива і різко підвищити продуктивність. В 1857 р. англієць Е.Каупер запропонував пристрій для нагрівання повітря (рис. 2.12), який працював на основі використання газів, що виходять з домни.

Збільшення виплавляння чавуну призвело до невідповідності між кількістю чавуну, одержуваного з домни, і можливістю переробки чавуну в залізо.

Удосконалюючи процес переробки чавуну в залізо, англійські робітники брати Кранеджі в 1766 р. запропонували перекоструювати кричний горн в полум'яну піч, в якій для ізолювання металу від палива робочий простір відділявся від паливного простору за допомогою так званого полум'яного порогу. При цьому зменшувалась кількість сірки, що переходила з палива в метал, процес шлакоутворення відбувався більш спокійно і рівномірно. Метал в печі безперервно перемішували, тому такий процес назвали пудлінгуванням (перемішуванням), а піч – пудлінговою (рис. 2.13). Надалі англійський винахідник Генрі Корт удосконалив процес пудлінгування, застосувавши високу димову трубу для збільшення тяги в печі і таким чином обійшовшись без дуття, впровадивши

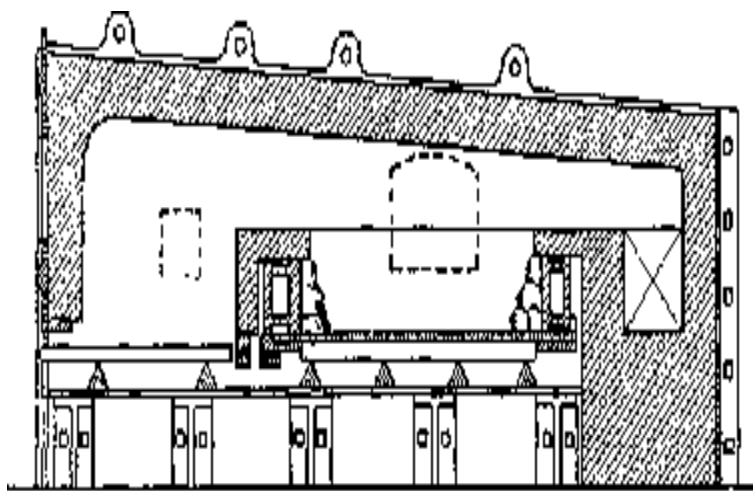


Рисунок 2.13 – Схема пудлінгової печі

Збільшення виплавляння чавуну призвело до невідповідності між кількістю чавуну, одержуваного з домни, і можливістю переробки чавуну в залізо.

для кращого видавлювання шлаків із металу прокат криць на вальцях. Крім того за допомогою вальців він одержував із криць штаби заліза.

Процес пудлінгування виявився набагато продуктивнішим кричного. Його впровадження дозволило ліквідувати невідповідність між розвитком доменного процесу і переробкою чавуну в залізо. Уже в 1791 р. В Англії було одержано 80 тис. тон пудлінгованого заліза і тільки 10 тис. тон кричного.

2.6 Розвиток гірничої справи

Зростання машинобудування, парової енергетики, металургії, будівництво залізниць, розширення торгівлі колосально збільшили попит на різноманітні продукти гірничої справи.

Величезний вплив на гірничу справу зробила парова машина. Її вплив позначився на конструкції багатьох машин, що були створені в цей період (вентилятори, компресори, перфоратори). В усіх цих машинах панує принцип зворотно-поступального руху, тобто принцип, найбільш повно використовувався в поршневій паровій машині.

Розвиток гірничої промисловості базувався на її технічному переоснащенні. Проте головні процеси розробки корисних копалин - зарубків, відбоїв і навалення в вибої – ґрунтувались на ручній праці.

Ще в середині XVIII ст. з'явилася так звана ударноштангове буріння,

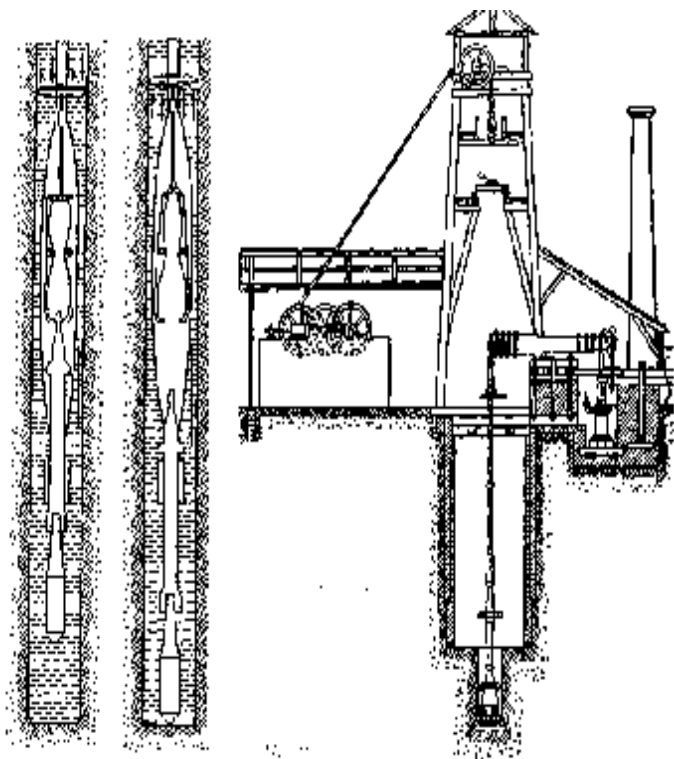


Рисунок 2.14 – Вільно падаючий бур Кінда і його бурова установка

яке дозволило вирішити дві пекучі проблеми: бурити більш тверді породи і проходити більш глибокі свердловини. Проте воно мало недолік: штанги, сполучені в одну колонку, деформувалися. У 1854 р. німцем Ейкгаузенем була винайдена вільно падаюча штанга. У 1844 р., в Англії з'явився вільно падаючий бур Кінда (рис. 2.14), а в 1858 р. – бур Фабіана.

З другої половини XIX ст. одержало розповсюдження канатне буріння, при якому штанга з закріпленим на її кінці долотом опускалась в свердловину на канаті, а не на системі жорстких штанг. Після пробурювання невеликої частини свердловини долото легко підіймалося на поверхню, а для очищення свердловини від породи туди на канаті опускали видовжене відро - "желонку".

Проте при канатному бурінні штанга поверталася з дуже великим зусиллям. Тому незабаром з'явилися "самообертальні" ударні штанги. Були створені спеціальні бурові верстати для буріння свердловин на глибину понад 1000 м. На початку XIX ст. була висловлена думка про можливість очищення свердловин від розбуреної породи шляхом промивання вибою струменем води. В Європі практично реалізували цю думку в 1815 р. Проте лише в 1855 р. датчанин Метерсон винайшов засіб буріння м'яких порід шляхом "проходки" свердловин струменем води. Цей спосіб розвідувального буріння зберігає своє значення і до цього часу. Проте буріння із промиванням свердловин водою чи спеціальним буровим розчином, зв'язане з введенням в практику буріння обсадних труб, широко розповсюдилося лише в кінці 70-х років XIX ст.

Будівництво великої кількості рудників і шахт вимагало зміни засобів проходки гірничих виробок як вертикальних (шахтних стовбурів), так і горизонтальних (штреків, тунелів, штолень та ін.).

Проходка шахтних стовбурів в умовах достатньо стійких порід при порівняно слабкому притоці води не викликала труднощів. Вона здійснювалася за допомогою вибухових робіт, а виробітки зміцнювалися вінцевим кріпленням. Але при пливунах, а також в умовах тріщинуватих порід з великим припливом води цими способами проходити гірничі виробки було неможливо. З початку XVIII ст. для кріплення шахтних стовбурів, проходка яких здійснювалася в пливунах, почали застосовувати забивне дерев'яне кріплення. У 1861 р. в Рурському басейні з'явилося металеве забивне кріплення.

У 1861 р. у Франції інженер Тріже Уперше запропонував кесонний спосіб проходки шахтних стовбурів.

Приблизно в 50-х роках XIX ст. остаточно сформувався спосіб проходки шахтних стовбурів в м'яких ґрунтах з великим припливом води. Це було по суті ударноштангове буріння, але відтворене в більшому розмірі. Буровий інструмент давав можливість проходити стовбури шахт діаметром 4,5 м. Для бурових робіт стали застосовувати нові види вибухових речовин: піроксилін (відкритий Х.Шенбейном в 1846 р.), нітрогліцерин (А.Собрере, 1847 р.), динаміт (А.Нобель, 1867 р.). У 1830 р. був винайдений бікфордів шнур. У кінці XIX ст. винайдено електричне підривання, що дозволило забезпечити безпеку вибухових робіт.

Відомо, що на швидкість ведення вибухових робіт великий вплив має спосіб буріння шпурів. Тривалий час буріння шпурів здійснювалося вручну. Перші спроби створення ударних перфораторів (бурильних молотків) відносяться до початку XIX ст. Спочатку був створений ударний перфоратор (перфоратор Йордану) з маховим колесом, зачепами і пружиною.

У першій половині XIX ст. були створені перфоратори, які приводилися в дію парою і водою. Перший пневматичний перфоратор був створений в 1857 р. французьким інженером Соммельє.

Механізоване буріння обходилося в два рази дорожче ручної праці. Успіхи в розвитку механізованого буріння пов'язані з будівництвом залізничних тунелів. Вирішальним моментом тут стала не вартість буріння, а велика швидкість проходки.

Найрозвинутішою галуззю гірничої справи була кам'яновугільна промисловість. З кінця XVIII ст. робляться спроби механізувати процес добування вугілля. Цікаво визначити, що конструкції перших врубових машин копіювали роботу людини в вибої (підрубна машина англійців Мензіса й Сарта). Врубова машина ударного типу конструкції інженера Шрамма була змонтована на станині з колесами. Пізніше була зроблена спроба використати для врубу принцип свердління (свердлильна бурова машина Нейбурга).

Найбільш ефективними виявилися врубові машини, в яких використовувався принцип дискової пилки (машини Уорінга, а потім Вінтслея). Недолік був у тому, що тонкий широкий диск швидко затискався вугіллям, яке обсіпалося.

У першій половині XIX ст. були проведені роботи з механізації транспортування корисних копалин. На багатьох рудниках і шахтах стала використовуватися канатна відкатка, при якій вагонетки прикріплялися до нескінченно рухомого канату, закріпленого між двома шківками, один з яких приводився в рух або конем, або паровою машиною.

Найбільш цікаві винаходи у галузі транспортування корисних копалин були зроблені в золотопромисловості. У 1861 р. інженером А.Лопатіним був винайдений так званий пісковоз (рис. 2.15). Це був перший стрічковий конвеєр, призначений для транспортування золотоносних пісків до машин, а відмитих пісків у відвал. Лопатін широко застосовував свій винахід на копальнях Східного Сибіру.

Глибокі зрушення сталися в техніці узвозу. Вирішальну роль зіграло застосування парової машини. Створюються спеціальні рудничні підйомні пристрої, які приводяться в дію паровим двигуном.

Одночасно в цей період велися роботи із створення запобіжних приладів, так званих шахтних парашутів, які у разі обриву головного контакту чи відмови в роботі гальм підйомної машини утримували кліть від падіння.

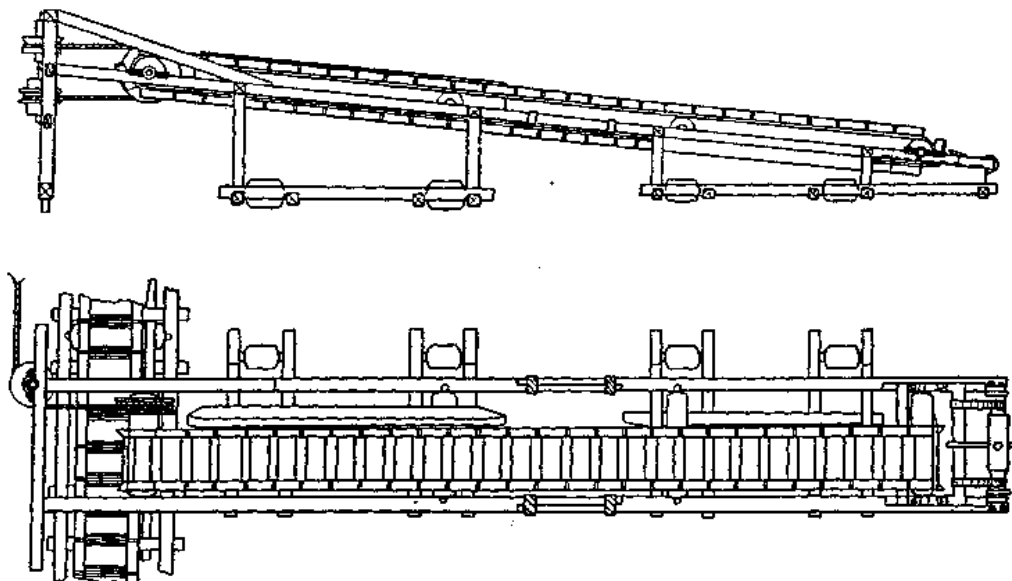


Рисунок 2.15 – Перший стрічковий конвеєр – „пісковоз” Лопатіна

Збільшення глибини рудників пред'являло все нові і нові вимоги до підйомних машин і канатів. Пенькові канати і важкі ланцюги, що застосовувалися раніше, не задовольняли цим вимогам. Велике значення для розвитку узвозу мав винахід німецьким гірничим інженером В.Альбертом (1787-1846) дротових рудничних канатів, Уперше застосованих в 1834 р. в Рурському басейні.

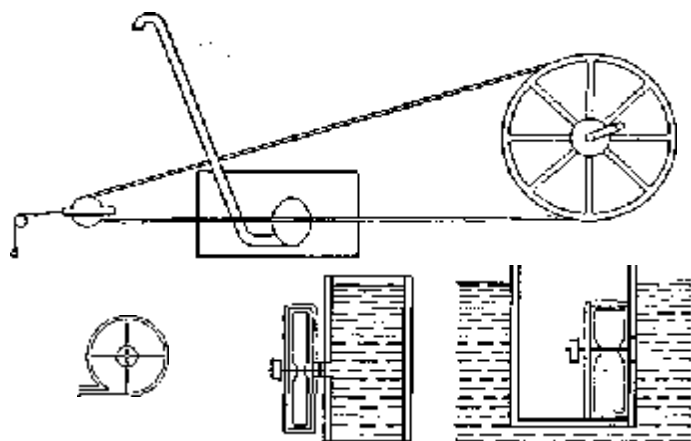


Рисунок 2.16 – Схема відцентрового насоса – „водогон” Саблукова

Найбільш гострою проблемою була проблема водовідливу. У середині XIX ст. здійснюється перехід до парових насосів прямої дії. Проте поршневі насоси не могли забезпечити достатньої глибини відкачки води. У 1835 р. російський винахідник А. А. Саблуков сконструював, а в 1838 р. удосконалив перший відцентровий насос (рис. 2.16). Над конструкціями відцентрових насосів працювали винахідники і інших країн. Проте паровий двигун не забезпечував необхідну швидкість обертання.

Відцентрові насоси стали широко впроваджуватися лише в кінці XIX і на початку XX ст., коли для їх приводу був застосований електродвигун.

Заглиблення гірничих виробок і збільшення їх довжини різко погіршили рудничну атмосферу. Це призвело до зростання числа вибухів в шахтах. Застосування парової машини в рудниках також викликало ряд великих катастроф. Тому проблему провітрювання шахт стала дуже гострою. У ХІХ ст. застосовуються поршневі вентилятори, діаметр поршня доходив до 5,5 м. Громіздкість і мала ефективність таких вентиляторів змушувала шукати нове рішення. Новим засобом став відцентровий вентилятор. Уперше успішно працюючий відцентровий вентилятор був винайдений інженером А.А.Саблуковим в 1832 р. Проблема освітлення в шахтах вирішив винахід в 1815 р. англійським хіміком Г.Деві вибухобезпечної лампи.

У цей період відбуваються пошуки нових методів збагачування корисних копалин. Величезне значення для подальшого розвитку золотопромисловості мало відкриття російського вченого П.Р.Багратіона, який опублікував в 1843 р. роботу, присвячену вивченню розчинення золота і срібла при ціаністому процесі. Цей процес складає основу сучасної гідрометалургії.

Російський вчений А.А.Мусін-Пушкін розробив і ввів нові методи афінажу та обробки платини.

2.7 Розвиток техніки хліборобства

З 80-х років ХVІІІ ст. в капіталістичних країнах, і в першу чергу в Англії, відбувається надто інтенсивний розвиток всіх галузей сільського господарства. Перша сільгосптехніка з'явилась в Англії. З кінця ХVІІІ ст. англійське село, 70 % селян якого переселилася в міста, була не в стані задовольнити ані потреб міських ринків в продуктах харчування, ані потреб переробної промисловості в сільськогосподарській сировині. Продовольча проблема загострилася через введення Наполеоном на початку ХІХ ст. континентальної блокади. Крім того, Англія була країною найбільш раннього розвитку машинної техніки. Усе це сприяло появі машин в англійському сільському господарстві.

У США обробка просторих малонаселених земельних просторів була можлива тільки за умови застосування машин.

Сільгосптехніку в основному можна поділити на 4 головних типи: машини для обробки землі (плуги, борони); машини для сівби (сівалки всіх родів); машини для збирання зернових культур (жнивирки); машини для обробки злаків (молотарки, віялки, сортувалки).

На початку ХVІІІ ст. в Англії був розповсюджений дерев'яний однолемішний кінний плуг. Поряд з пошуками нового матеріалу для виготовлення плуга йшла робота над вдосконаленням його конструкції. До 30-х років ХІХ ст. була вироблена найбільш доцільна конструкція плуга. Залежно від призначення почали виготовляти спеціальні плуги одно- і багатолемішні підгортальники, ґрунтопоглиблювачі, культиватори і т.д. До 80-х років ХІХ ст. в великих хліборобських господарствах стали широко вживати паровий плуг.

Довгий час самим мало механізованим процесом в сільському господарстві було сіяння. У VI ст. до н.е. в давньому Китаї застосовувався механічний

пристрій для сівби. Приблизно до 50-х років XIX ст. достатньо велике розповсюдження одержали рядові і гніздові сівалки. В кінці XIX ст. в великих господарствах стали застосовуватися сівалки з паровим двигуном. Із найдавніших часів і аж до початку XX ст. для збирання врожаю застосовувались серп і коса. Уперше збиральні машини почали з'являтися в кінці XVIII ст. в Англії і США. У 1826 р. шотландець Белль винайшов достатньо придатну для збирання врожаю машину, що застосовувалася до кінця XIX ст. Перші спроби створення механізмів для вимолочування зерен відносяться до другої половини XVIII ст. Молотильна машина є дійсно інтернаціональним винаходом. Її появі передувало безліч невдалих дослідів, і тільки в 1785 р. шотландцю Мейкелю вдалося розробити практично придатну конструкцію молотарки з барабаном, забезпеченим вилами. У 50-і роки XIX ст. в Америці широке розповсюдження одержали молотарки винахідника Тернера, в яких зерна не вибивались, а вичісувались. У 60-і роки XIX ст. була запроваджена парова молотьба.

Слід проте визначити, що сфера розповсюдження машинної техніки була обмежена лише великими сільгосп підприємствами.

2.8 Розвиток транспорту

Епоха промислової революції в основних галузях капіталістичного господарства була в той час і періодом технічної революції в засобах транспорту. Створення всесвітнього ринку, викликане величезним розвитком торгівлі, вимагало масової і, по можливості, швидкої доставки сировини і готових виробів на великі відстані.

Велика машинна індустрія на початку XIX ст. не тільки поставила нові вимоги перед транспортом, вона в той же час підготувала матеріально технічні передумови для його переоснащення. Досягнення металургії і машинобудування, парової енергетики і інших галузей промисловості зіграли вирішальну роль в розвитку залізничного і парового водного транспорту.

Розвиток залізничного транспорту відбувався за трьома основними напрямками. У цей період йшло виникнення і розповсюдження залізничних шляхів, проходила зміна способу тяги, а також розвиток спеціально пристосованих для залізничного шляху вагонів.

Ідея залізничного шляху знайшла собі застосування в гірничій справі ще в XVI ст. На рудниках в цей час застосовувалися примітивні дерев'яні рейки, по яких рухалися вагонетки з рудою. Потім починають розвиватися під'їзні рейкові шляхи для перевезення вантажів всередині окремих промислових підприємств. Спочатку рейки були дерев'яні, потім поступово їх стали покривати зверху чавунними пластинами чи оббивати залізом. Перші чавунні рейки з'являються в Англії на гірничих підприємствах в кінці 60-х років XVIII ст., але ці рейки були крихкими і швидко виходили з дії. Після винаходу способу пудлінгування, тобто коли залізо стало досить дешеве, почали розповсюджуватися залізні рейки. Рейки з ковкого заліза Уперше застосував в Англії інженер Ніксон в 1805 р. Уже в 1820 р. в Англії було повністю освоєно виробництво залізних рейок.

Візки-вагонетки, які рухалися по рейкам на гірничих підприємствах, спочатку являли собою звичайні ящики на колесах. У 1786 р. ірландець Ричард Ловелл Еджуорт запропонував використати для перевезення вантажів цілі склади ящиків. Так виникли вагонетки. До початку ХІХ ст. вони застосувались в гірничій промисловості повсюдно.

Спочатку вагонетки відкочувалися по гірничих виробках на поверхню вручну, потім перейшли до кінної тяги. Поступово з'являються так звані кінно-чавунні дороги.

Перша кінно-чавунна дорога для загального користування була відкрита в Англії в графстві Серрі (біля Лондона). Довжина цієї дороги складала 40 км. Один кінь по спеціально пристосованому чавунному рейковому шляху віз поїзд із 3-х вагонів загальною вагою 9,2 т. Кінно-чавунна дорога не могла повністю вирішити проблему транспорту, оскільки кінська тяга не забезпечувала достатню швидкість руху і вантажопідйомність. Потрібен був новий двигун. Увагу винахідників у галузі транспорту привернув універсальний паровий двигун. Думка застосування пари для потреб транспорту виникла ще в ХVІІ ст. Спочатку намагалися пристосувати парові двигуни до звичайних візків чи возів, але проблема створення парового автомобіля так і не була вирішена.

Дуже багато винахідників в цю епоху намагалися побудувати локомотив, який би рухався по рейкам. Особливо велике значення для створення залізничного транспорту мали роботи шотландського інженера і механіка Ричарда Тревітика (1771-1833), який першим прийшов до ідеї застосування парових локомотивів на спеціально пристосованих рейкових шляхах. В 1803 р. Тревітик сконструював паровоз для рейкового шляху, а 6 лютого 1804 р. провів перше його випробування (рис. 2.17).

В 1814 р. Джордж Стефенсон сконструював і випробував свій перший паровоз, який в основному і вирішив проблему створення парового залізничного транспорту. До 1825 р. він побудував 16 різноманітних паровозів. Схема одного з них представлена на рис. 2.18.

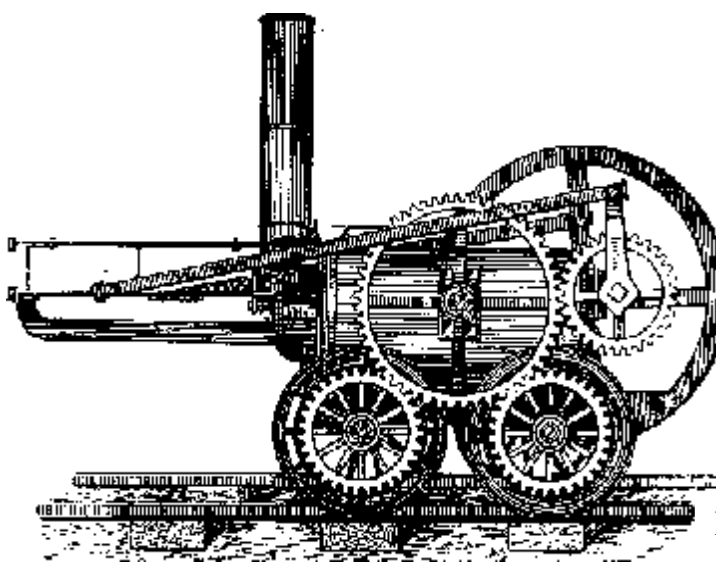


Рисунок 2.17 – Паровоз Тревітика

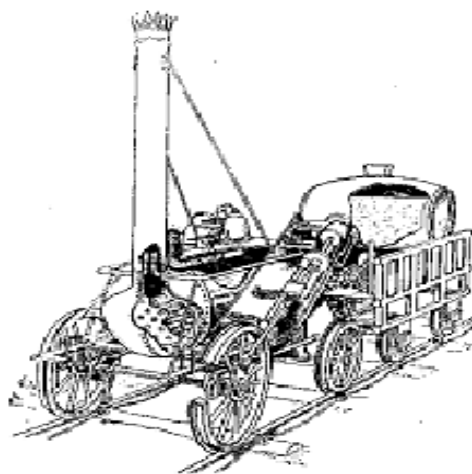


Рисунок 2.18 – Схема паровоза Д.Стефенсона „Ракета”

Перший паровоз в Росії був побудований в 1834 р. (рис. 2.19) видатними російськими механіками Ю.О. Черепановим і М.Ю. Черепановим.

Пароплав, як і паровоз, має свою історію. Ще на початку XVIII ст. Дені Папен побудував човен, який рухався за допомогою пари, але рухався цей човен поволі. Крім того, Папен не зміг довести випробування цього човна до кінця: він був розтрощений човнярами.

Перший практично придатний пароплав винайшов інженер і механік ірландець Роберт Фултон. Як і Стефенсон, він був геніальним самоуком. Свій перший, ще недосконалий, пароплав Фултон побудував і випробував на ріці Сені в Парижі в 1805 р. У 1807 р. Фултон побудував колісний пароплав "Клермонт", на якому він встановив парову машину Уатта (рис. 2.20).

Довжина пароплава дорівнювала 43 м, потужність двигуна – 20 кінських сил, водомісткість – 15 т. Цей пароплав можна вважати завершенням всіх попередніх дослідів із створення практично придатного пароплава ("Клермонт" здійснив свій перший рейс по річці Гудзон з Нью-Йорку в Альбані).

У 1811 р. шотланець Белль побудував перший пароплав. У 1815 р. в Росії

У 1811 р. шотланець Белль побудував перший пароплав в Англії. У 1815 р. в Росії на Іжевському металургійному і механічному заводі були побудовані перші 2 пароплави.

Слідом за винаходом річкового пароплава робляться спроби технічно удосконалити всі види морського транспорту.

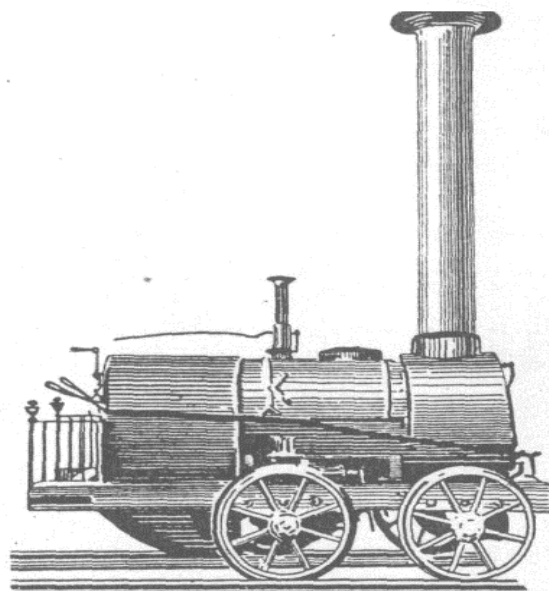


Рисунок 2.19 – Модель першого паровоза Черепанових

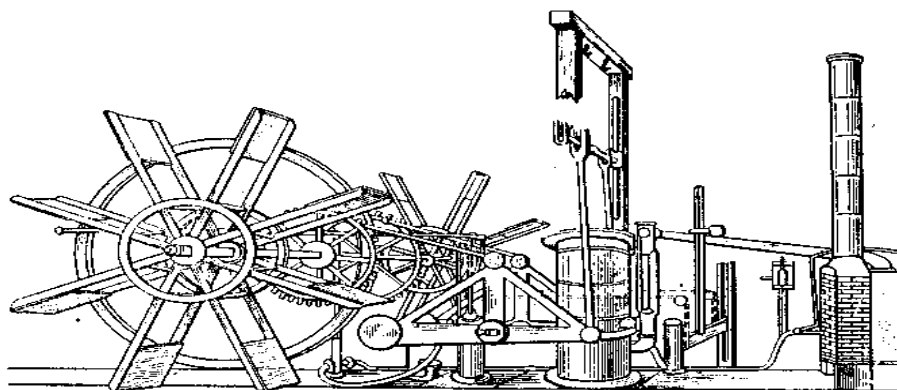


Рисунок 2.20 – Паровий двигун пароплава Фултона „Клермонт”

Найвидатніше значення для суднобудування мав перехід до будівництва залізних і сталевих корпусів пароплавів. Іншим дуже важливим чинником розвитку морського флоту був винахід гребного гвинта, який змінив гребні колеса. Велика роль в цьому належить чеху Ресселу, який в 1826 р. виготовив перший невеликий гребний гвинт.

На початку 30-х років XIX ст. стали з'являтися перші пароплави, придатні для регулярних океанських рейсів.

2.9 Зміни в техніці зв'язку

До кінця XVIII ст. використовувались давні засоби зв'язку: акустичні (дзвін, рупор) і оптичні (вогнище, факел). Кінець XVIII ст. характеризувався розвитком оптичних телеграфів, основаних на передачі світлових сигналів. Цей телеграф був винайдений у Франції вченим Клодом Шаппом в 1791 році, в Росії – у 1794 році І.П.Кулібіним.

Розвиток виробництва, торгівлі, транспорту, поява залізних доріг вимагали більш досконалих форм зв'язку.

Перша пропозиція про електростатичний телеграф була опублікована у 1753 році в Шотландії анонімним автором, який рекомендував, підвісивши на ізоляторах стільки дротів, скільки є літер в алфавіті, посилати по відповідному дроту електричний заряд, під дією якого на прийомному кінці притягається папірець з позначеною на ньому літерою.

Перший електромагнітний телеграф був створений російським вченим Павлом Львовичем Шилінгом (1785-1837). При створенні телеграфу Шилінг використав нові для того часу відкриття: електромагнітні явища мультиплікатор. Уперше робота телеграфу була продемонстрована у 1832 році.

Подальший розвиток електромагнітної телеграфії іде по лінії створення “самовідмічаючих”, або пишучих телеграфів. Перший такий телеграф був створений російським вченим Б.С.Якобі в 1839 р. Спробна лінія була випробувана в 1841 р.

У 1835 році американець Морзе запропонував свій пишучий апарат, Уперше випробуваний в 1844 року.

Величезним досягненням в електромагнітній телеграфії був винахід Якобі в 1850 році “шагового друкувального апарата”.

З 40-х років XIX ст. починається швидкий розвиток телеграфної сіті як всередині країн, так і між країнами.

2.10 Нове у галузі світлотехніки. Прогрес у поліграфії.

Створення фотографії

У 1779 році італієць Л.Пейл запропонував так звану “туринську свічку”. У 1825 році винахідник Д.Купер з Лондона став виготовляти “кам'яні сірники”, які мали головку з суміші сірки і білого фосфору.

У 1833 року німець Каммерер розробив технологію виробництва сірників з головками із жовтого фосфору. Починаючи з 1848 року в Швеції, а потім

і в інших країнах, в масовій кількості стали виробляти так звані "шведські", чи безпечні сірники.

У першій половині XVII ст. навчилися виготовляти вилиті в формах сальні і воскові сірники. У 1817 році з'явилися стеаринові, а в 1837 році парафінові свічки. Прагнення збільшити яскравість освітлення привело до створення різного роду ліхтарів і прожекторів. До першої половини XIX ст. відноситься поява олійних (а пізніше і газових) ламп зі склом.

Поворотним моментом в розвитку засобів освітлення стало застосування пальних газів в кінці XVIII початку XIX ст. Кінець XVIII- початок XIX ст. відзначився великими змінами в техніці книгодрукарства. Технічний прогрес у галузі поліграфічної справи йшов в основному в напрямі механізації друкарського набірних процесів, а також створення нових засобів книгодрукарства і поліграфії.

Першу практично придатну друкарську машину створив німецький винахідник Ф.Кеніг в 1812-1814 р. В 1863 р. винахідником У.Буллоном в США була побудована перша ротаційна друкарська машина. Перші набірні машини були створені в Англії Б.Фостером (1815 р.) і У.Чергем (1822 р.).

У першій половині XIX ст. було зроблене ще одне найвидатніше технічне відкриття – винайдена фотографія. Фотографія пройшла довгий і складний шлях розвитку. Днем народження фотографії вважається 7 січня 1839 року.

2.11 Винаходи у галузі військової техніки

У XIX ст. з'явилася гвинтівка і нарізна артилерія, унітарний патрон, шрапнель, піроксилін, нітрогліцерин.

Застосування нарізної артилерії і нових вибухових речовин поставило питання про матеріал для виробництва гармат. Великий попит на сталь з боку артилерії стимулював створення більш досконалих способів її виробництва, а також зажадав поліпшення якості великих сталевих відливок.

Академік А.В.Гадолін розробив теорію "слоїстості стін гармат".

З'являються в удосконалюються парові військові судна. Починають будуватися судна з металевою бронею.

2.12 Винаходи і відкриття, які стали основою технічного прогресу в наступний період розвитку техніки

Був винайдений двигун внутрішнього згоряння, який реалізував нові технічні можливості. Перший двигун був винайдений у Франції Ленуаром в 1860 р. У 1867 р. німецькі винахідники Отто і Ланген продемонстрували свою конструкцію двигуна.

Англійський інженер Генрі Бесемер створив новий засіб виробництва заліза і сталі. У 1856 році він сконструював спеціальний резервуар-конвертор для отримання сталі або заліза.

У 1864 році французькі інженери Еміль і П'єр Мартен запропонували для отримання сталі використати "відбивну піч".

У цей період робляться спроби застосувати електрику з метою освітлення, створити електричні генератори і електричні двигуни.

Придатність електрики для освітлення була доведена ще в 1802 році російським вченим В.В.Петровим. Але тільки в 40-х роках XIX ст. з'явилися численні конструкції електричних ліхтарів з тілами розжарювання з платини, іридію, вугілля, графіту і т. п. Велися також роботи з використання для освітлення електричної дуги.

Протягом першої половини XIX ст. велися роботи, направлені на створення електрогенераторів. Як відомо, всі генератори електричного струму можна звести до чотирьох видів: електростатичні (Отто фон Геріке, 1650 рік); електрохімічні (1800 рік, Вольт); термоелектричні; електромагнітні. Вирішальну роль зіграв четвертий тип.

Із кінця 30-х років XIX ст. в усіх країнах Європи і США почалися роботи з конструювання електромагнітних генераторів електричного струму. З появою генератора з самозбудженням французького винахідника Грамма з кільцевим якорем генератор вийшов з експериментальної стадії розвитку. Паралельно із створенням генератора йшла робота над вдосконаленням конструкції електродвигуна (Якобі, Почіноті).

3 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ ВІД ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ ДО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ XX СТ.

3.1.1 Основні особливості і напрями розвитку техніки в період між 70-ми роками XIX ст. та 20-ми роками XX ст.

Розвиток інженерної діяльності від 70-х років XIX ст. відбувався в нових соціально – економічних умовах, коли основні галузі промисловості переходили у власність монополій, які одержували необмежені можливості для впливу на розвиток техніки. До кінця XIX ст. закінчився розподіл світу між монополістичними спілками і постало питання про перерозподіл світу, в зв'язку з чим почались нечувані гонки озброєнь. Цими особливостями обумовлені такі основні напрями розвитку техніки в цей період.

1 Найбільш важливим і характерним для даного періоду був перехід від центрального парового двигуна до електродвигуна, спочатку групового, а потім індивідуального.

2 Значно зросли зв'язки між окремими країнами, які могли здійснюватись лише за умов добре розвинутої транспортної системи.

3 Починається шалена гонка озброєнь, удосконалюється військова техніка.

4 Будівельна справа, яка покликана обслуговувати запити транспорту, військової справи, світової торгівлі, також зазнає небувале піднесення.

5 Відбуваються глибокі зміни в металургії, які пов'язані з масовим виробництвом сталі для потреб розвитку залізниць, суднобудування, артилерії і будівництва.

6 Все більшого значення в економіці набуває продукція хімічної промисловості (вибухові речовини, фарбники, кокс, добрива).

7 Машинобудування, щоб задовольнити попит всього машинного виробництва в цілому, повинно було освоїти цілу серію верстатів, перейти до їх широкого виробництва, а також до виготовлення складних енергетичних, транспортних машин, машин для побутових потреб і т.д.

3.2 Вимоги транспорту, будівництва і військової справи до машинної індустрії

Машинна індустрія розвивалась під впливом вимог транспорту будівництва, військової справи. Ці три галузі виробництва пред'являли великі потреби на продукцію важкого машинобудування.

Боротьба за нові сфери впливу, за розподіл, а потім і перерозподіл світу, була неможлива без широко розвинутої, обладнаної за останнім словом техніки транспортної системи, без потужного військово-морського флоту.

Інтенсивне зростання транспортної системи пред'являло колосальний попит на різноманітні продукти всієї промисловості, як добувної, так і обробної. Транспорт був головним споживачем металу, вугілля, парових машин, і

тому стимулював зростання гірничодобувної і паливної промисловості, особливо дорожньої і мостової.

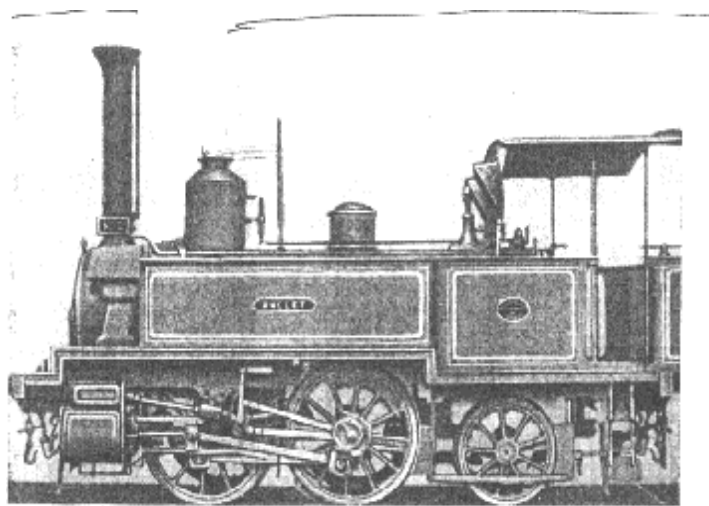


Рисунок 3.1 – Паровоз-компаунд, спроектований М.А. Маллетом

На залізничному транспорті почалась нова ера розвитку парової тяги, пов'язана з введенням на транспорті компаунд-машин, тобто машин подвійного (або багаторазового) розширення, які дозволяли скоротити затрати вугілля на 15-30%. Перший проект паровоза системи “компаунд” був запропонований англійцем Джоном Нікольсоном в 1850 р., і хоч випробування та-

кого паровоза пройшли успішно, до 70-х років XIX ст. він не знайшов широкого застосування.

Принцип “компаунд” в паровозобудуванні відродив французький інженер Маллет, який в 1876 р. створив свій паровоз – компаунд (рис. 3.1). У Росії перший паровоз системи “компаунд” був збудований на Обухівському заводі в 1891 р.

У цей період відбувається розвиток вагонного парку, створюються нові типи вагонів(рис. 3.2). Удосконалюється конструкція кузова, ресорного підвішування, тяглових приладів, буферного пристрою, гальм, з'являються спеціальні вагони для перевезення важкого заводського обладнання, наливних вантажів. У кінці 60-х років XIX ст. в США були створені перші спальні вагони системи "пульман" (1867 р.).

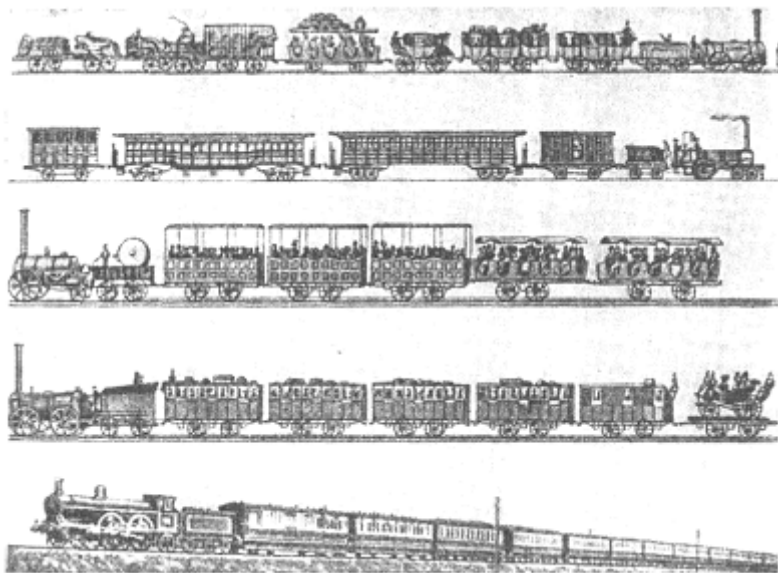


Рисунок 3.2 – Еволюція пасажирських вагонів з 1840 по 1900 р.

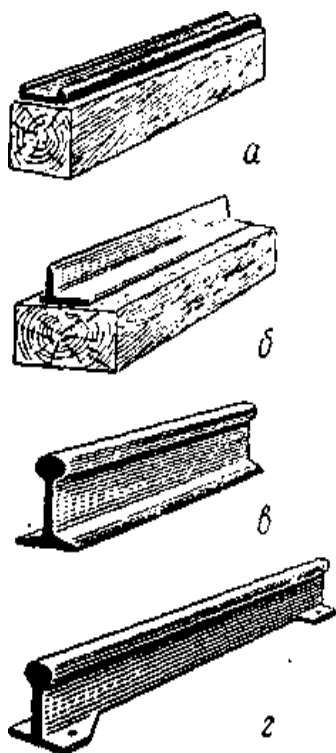


Рисунок 3.3 - Еволюція рейок від першої залізної (а) до сучасної (г)

Удосконалюється конструкція залізничних рейок, змінюється матеріал для їх виготовлення. З'явилися більш важкі типи сталевих рейок (рис.3.3), що сприяло підвищенню стійкості і безпеки руху поїздів.

Принцип подвійного розширення пари (компаунд) одержав розповсюдження на судових парових машинах раніше, ніж на залізничному транспорті. Для виготовлення кораблів починають широко застосовувати сталь. У 1900 р. з'являються кораблі небувалих розмірів – водотоннажністю 20 000 т, швидкість кораблів досягає 20 вузлів (40км/год.). Удосконалюються технічні засоби для будівництва і ремонту кораблів.

У кінці XIX ст. стали застосовувати новий паровий двигун – парову турбіну. Основною позитивною якістю парової турбіни були порівняно мала вага, відсутність прямолінійно-зворотного руху, більш високий ККД.

У другій половині XIX ст. велике значення в будівництві набуває залізо. Визначну роль у впровадженні заліза в будівництво відіграло добування сталі за методом Бессмера (1856 р.), а також відкриття можливості прокатування рейок (1862 р.), яке поклало початок індустріальному засобу одержання різноманітного профільного заліза.

У другій половині XIX ст. велике значення в будівництві набуває залізо. Визначну роль у впровадженні заліза в будівництво відіграло добування сталі за методом Бессмера (1856 р.), а також відкриття можливості прокатування рейок (1862 р.), яке поклало початок індустріальному засобу одержання різноманітного профільного заліза.

У другій половині XIX ст. велике значення в будівництві набуває залізо. Визначну роль у впровадженні заліза в будівництво відіграло добування сталі за методом Бессмера (1856 р.), а також відкриття можливості прокатування рейок (1862 р.), яке поклало початок індустріальному засобу одержання різноманітного профільного заліза.

У 1824 р. англійським муляром Джозефом Аспдіном був винайдений портландський цемент. У 60-ті роки ХІХст. з'являється і зовсім новий будівельний матеріал – залізобетон. Дуже широко використовується скло. Застосування нових матеріалів призвело до зміни конструктивних форм будівель.



Рисунок 3.4 – Бруклінський міст

Будуються мости, тунелі, канали: в 1895 р. Сімплонський тунель довжиною більше 19 км (найдовший в Європі) з'єднав залізницею Швейцарію і Італію; в 1876 р в США біля Нью-Йорку був побудованийисячий Бруклінський міст з довжиною прогону 486м (рис. 3.4); в 1869 р. – Суецький канал; в 1914р. – Панамський канал.

Широке розповсюдження в кінці ХІХ ст. одержала механічна парова лопата, що являла собою раму, закріплену на сталій залізничній платформі або на самохід-

ному гусеничному ходу. До рами був приєднаний паровий двигун і поворотний кран. Об'єм ковша лопати доходив до 6 м³. Продуктивність досягала декількох сотень кубічних метрів за годину. Палі в землю стали забивати за допомогою парового копра. У кінці ХІХ ст. для мурування високих будівель стали використовувати підйомні крани.

Військова техніка була одним з найсильніших стимулів для розвитку промислового виробництва, особливо важкої промисловості. Розвиток артилерії та потужного броньового військово-морського флоту стимулював появу сталі високої міцності. Винахід нових систем гармат, розвиток нарізної артилерії, будівництво турбінних військових кораблів, броненосців і дредноутів, оснащення їх складним тепловим, електричним і навігаційним обладнанням були одним із поштовхів для розвитку як загального, так і спеціального машинобудування, верстатобудування, електротехніки, теплотехніки, приладобудування, оптики і т.п.

3.3 Розвиток металургії

До початку ХХ ст. доменна піч різко змінила свою конструктивну форму: з кам'яної і громіздкої з низькими технічно-економічними показниками, вона перетворилась в досить удосконалену металеву споруду (рис.3.5). Максимальний об'єм доменних печей досяг 700 м³. На зміну підйому сировини за допомогою вагонеток, які вручну заковували по похилому мосту, з'являється цілий ряд більш вдосконалених колошникових підйомників. Ручна лебідка замінюється паровою.

У Росії найкраще було розвинуто доменне виробництво на півдні країни на базі коксованого вугілля Донецького басейну і багатих залізних руд Криворізького родовища.

Завдання одержання сталі було розв'язане англійським винахідником Генрі Бесемером, який в 1856р. одержав патент на удосконалений метод переробки рідкого чавуна в ливарну сталь шляхом продування через нього стиснутого повітря. Продування відбувалось в спеціальному резервуарі – конвертері (рис. 3.6). Незважаючи на велике значення бесемерівської сталі, вона все ж до кінця не розв'язала питання покращення якості металу.

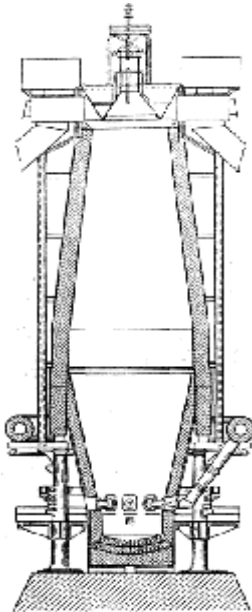


Рисунок 3.5 – Схема доменної печі (кінецьXIX ст.)

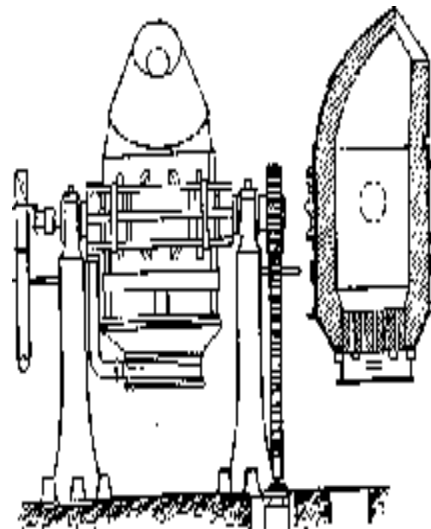


Рисунок 3.6 – Схема конвертера Бессемера

У 1864 р. у Франції стала до ладу побудована Мартеном регенеративна полум'яна піч (рис. 3.7). В 1878 р. англійський металург Сідні Томас відкрив

спосіб видалення фосфору з чавуна, застосувавши для футерівки основну вогнетривку масу – доломіт.

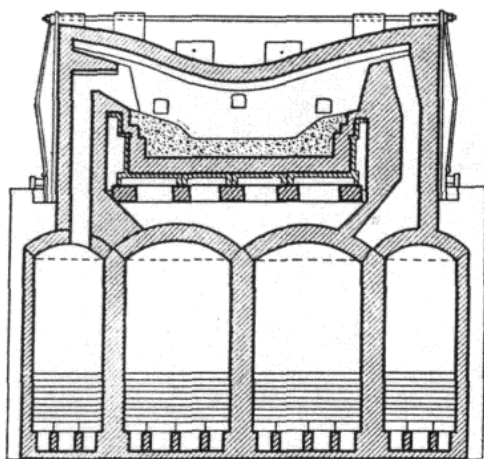


Рисунок 3.7 – Схема мартенівської печі

Подальший розвиток одержує прокат чорних металів, особливо прокат рейок і різноманітних будівельних профілів. Прокатні стани дуже швидко диференціювались, що забезпечило технічну можливість прокочувати штаби заліза будь-якої довжини і товщини.

У 1897 р. в Германії для привода прокатного стану Уперше був застосований електродвигун.

3.4 Розвиток гірничої справи

З розвитком важкої індустрії безперервно зростає попит на продукцію гірничої промисловості.

У розвідницькому бурінні вирішальне значення придбало обертальне буріння за допомогою порожнистого бура з алмазною коронкою із одночасним промиванням свердловин. Перша конструкція бурового верстата для обертального буріння була виготовлена у 1862 р., яка пізніше була удосконалена і забезпечена важливим регулятором тиску коронки на вибій (рис.3.8)

Покращуються методи проходки шахт. У 1897 р. американський винахідник Лепнер створив вельми удосконалену конструкцію молоткового перфоратора. Одержали розповсюдження і обертальні перфоратори. Найбільш ефективними в гірничій справі виявились врубові машини, в яких використовували принцип дискової пилки (рис.3.9), і які з часом були замінені штанговими і суцільними врубовими машинами.

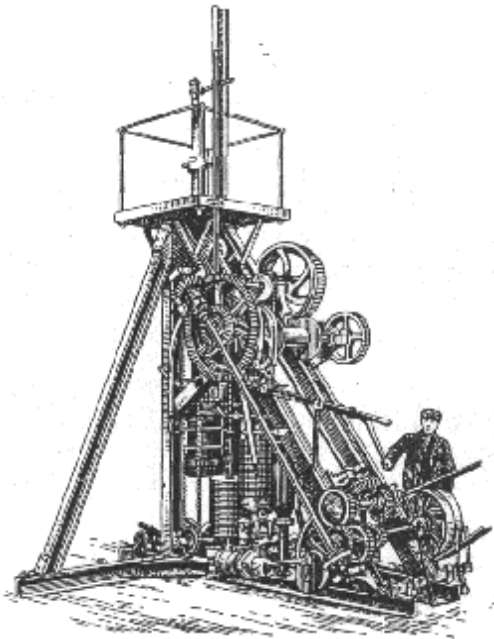


Рисунок 3.8 – Буровий верстат

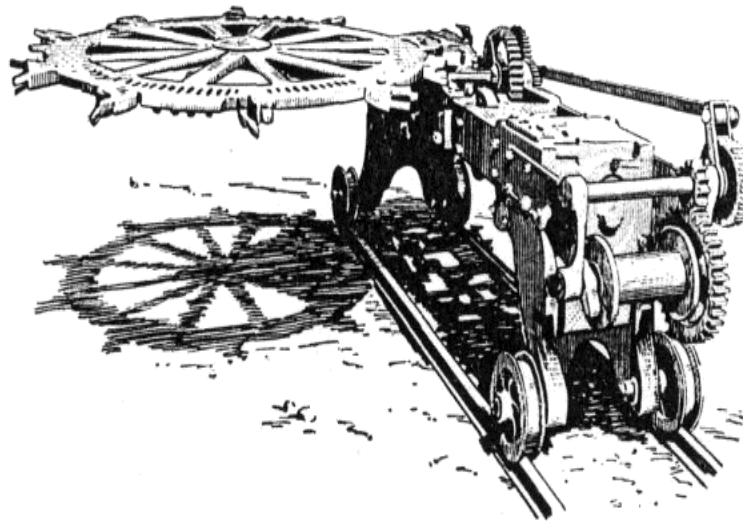


Рисунок 3.9 – Дискова врубова машина

У кінці XIX ст. в вугільній промисловості з'явилися скребкові і стрічкові конвеєри. Скребкові конвеєри на вугільних шахтах були Уперше застосовані в 1902 р. англійцем Блеккетом. Вони склалися із жолоба і ланцюга із скребачкою і були обладнані пневматичним, а потім і електричним приводом.

У 1906 р. англієць Сеткайф сконструював стрічковий конвеєр для пластів невеликої потужності. Спочатку в конвеєрі застосовувались бавовняні стрічки, а пізніше – прогумовані.

Хиткі конвеєри Уперше з'явилися в 1906 р. в Германії. Спочатку решітки підвішувались до стояків, потім були створені хиткі конвеєри на спеціальних опорах – каретках з пневматичними або електричними приводами. Поява конвеєра викликана переходом до розробки малопотужних пластів.

Розвиток механізованого відкочування був пов'язаний з появою в США у 1881 р. тягачів - повітродувок, які працювали на стиснутому повітрі.

Перший тролейний електровоз для вугільних шахт був продемонстрований в 1879 р. на Берлінській промисловій виставці. В 1882 р. електровози стали використовуватись і під землею. Перший акумуляторний електровоз був побудований в 1899 р. фірмою "Болдуін Вестингауз".

Розвиток підйому вугілля йде шляхом удосконалення парових підйомних машин. На англійських вугільних шахтах з 1870 р. до 1912 р. швидкість підйому зросла з 5,25 м/с до 14,6 м/с, а максимальна підйомна вага - з 4 до 6 т. В 1894 р. в Германії з'явилась перша підйомна машина з електродвигуном постійного струму з послідовним збудженням. В 1901 р. на підйомних пристроях стали застосовувати маховик.

Уперше водовідливний пристрій з відцентровим насосом був створений німецькою фірмою "Зульцер" в 1903 р. на одній з шахт в Іспанії. Для вентиляції починають використовувати відцентровий вентилятор.

У цей період виникають заводи гірничого машинобудування. Машинна техніка інтенсивно впроваджується у всі галузі гірничодобувної промисловості

3.5 Розвиток машинобудування

3.5.1 Особливості розвитку машинобудування

Зростаючий попит на різноманітні машини з боку транспорту, будівництва, військової справи, металургії, гірничої справи, енергетики і інших галузей промисловості, створив сприятливі передумови для розвитку машинобудування. Високоякісна сталь, яка поставлялась металургією, що розвивалась, забезпечувало машинобудування основним матеріалом, необхідним для розвитку техніки виробництва машин.

Від 70-х років XIX ст. до початку першої світової війни об'єм продукції машинобудівної промисловості виріс в 5,5 разів ; 83 % світової машинобудівної продукції вироблялось в США, Германії і Англії.

Характерними рисами розвитку машинобудування в цей період є перехід від виробництва універсальних до вузькоспеціальних верстатів і перехід до індивідуального електроприводу. Розвиток машинобудування в кінці XIX ст. і на початку XX ст. відбувався під знаком підвищенням якості машин і їх робочої швидкості. Збільшення швидкості різання металу досягалося переходом різців з вуглецевої сталі до різців з легованої сталі, а потім до різців з особливо надтвердих сплавів.

Із збільшенням підприємств виникає більш вузька спеціалізація металобробних верстатів. На вузькоспеціалізованих верстатах оброблялась одна деталь або виконувалась тільки одна виробнича операція.

У цьому звуженні функцій верстата були закладені необмежені можливості як для масового випуску продукції, так і для автоматизації самого процесу виробництва. Вдосконалення ріжучих інструментів, теоретичні досліджен-

ня різноманітних машин сприяли значному покращенню їх конструкцій і зростанню їх потужності.

Зростання потужності і складності машин змусило удосконалювати способи їх управління. Одним з найраціональніших способів управління верстатами стала введення групових і індивідуальних електроприводів. Електродвигун докорінним чином змінив самий процес приведення в рух робочих машин. Щезли громіздкі трансмісії, зменшились втрати в проміжних передачах і від холостого ходу. Ліквідація трансмісії покращила використання фабрично-заводських приміщень.

Спеціалізація і введення електропривода призвели до того, що вже в кінці XIX ст. машинний парк являв собою систему найрізноманітніших машин, здатних успішно замінювати працю людини в усіх найважливіших сферах виробництва. Було налагоджено виробництво спеціальних машин для текстильної, транспортної, гірничої, металообробної, енергетичної, будівельної і інших галузей промисловості. Машини виробляли складні прилади і апарати для наукових лабораторій. Машинобудування стало основою основ всього промислового виробництва.

3.5.2 Розвиток верстатобудування

Зростаюче значення машин в різних галузях виробництва викликало інтенсивний розвиток верстатобудування. Верстати є основою основ виробництва машин машинами.

У верстатобудуванні кінця XIX ст. панували п'ять основних типів верстатів: токарні (рис. 3.10), стругальні (доvbальні), свердлильні, фрезерні і шліфувальні.

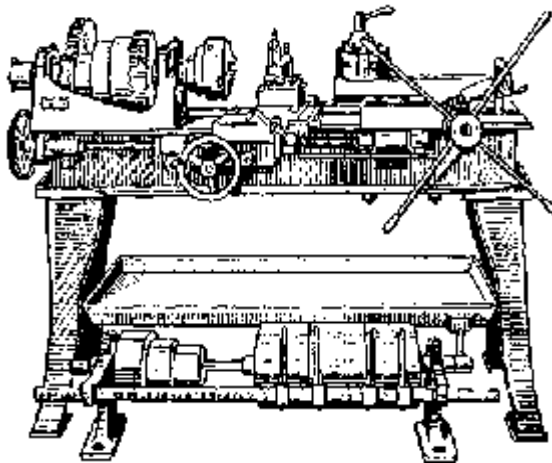


Рисунок 3.10 – Токарний верстат кінця XIX ст.

З 70-х років XIX ст. всі ці типи верстатів розвивались у напрямку більш вузької диференціації і спеціалізації. На базі універсального токарного верстата створюється горизонтально-розточувальний, лобовий токарний, карусельно-токарний верстати. З'явилося багато розгалужень і у інших основних верстатів.

У машинобудуванні цього часу розробка способів різання металів взагалі займає значне місце. Відбувається більш різка диференціація різальних інструментів і деталей верстатів. З'явилися так звані різцеві фрези, фасонні різці, різноманітні зуборізні інструменти, черв'ячні фрези і т.д.

Механічний супорт одержав подальший розвиток, рух супорта було автоматизовано. Виникли верстати - автомати і напівавтомати.

Змінився самий матеріал, з якого виготовлялись верстати. Почали застосовуватись сталі більш високих марок. На ріжучий інструмент йшла тепер інструментальна сталь різноманітних сортів. Вона не втрачала своєї твердості навіть при нагріванні до червоного розжарювання, тобто до 600° С.

Спеціалізація машинобудування сприяла впровадженню в нього автоматики, оскільки звуження функцій верстата вело до спрощення виконуваних ним операцій і тим самим створювало сприятливі умови для впровадження автоматичних процесів.

3.5.3 Упровадження електропривода в машинобудування

Електродвигун виявився не тільки більш економічним, але й компактнішим, займав менше місця і потребував значно менше до себе уваги працівника під час роботи. Він був і більш безпечним в порівнянні з паровою машиною.

Розрізняють два періоди впровадження електродвигуна в виробництво. Спочатку на промислових підприємствах був впроваджений груповий електропривод з єдиною трансмісією, яка до цього застосовувалась при парових двигунах. Така система передачі, коли під стелею вздовж цехових приміщень розміщувались вали з насадженими на них приводами-колесами, а від останніх збігали паси до верстатів (рис. 3.11), була громіздкою, незручною і неекономічною.

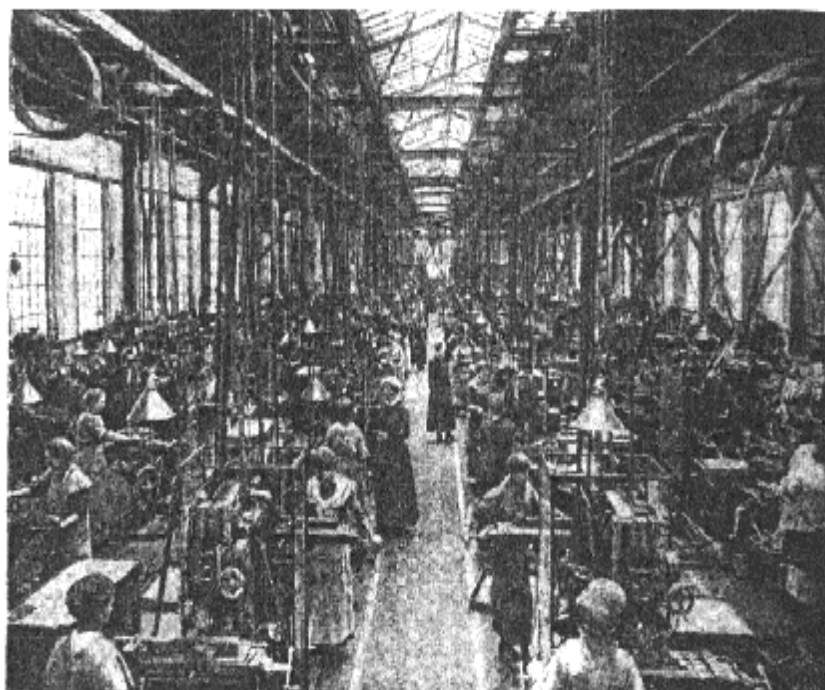


Рисунок 3.11 – Цех з груповим електроприводом машинобудівного заводу кінця XIX ст.

Компактність електродвигуна і простота його обслуговування з часом навели на думку розосередити енергію одного потужного двигуна на декілька менш потужних двигунів і перенести їх безпосередньо в цехи, розміщуючи їх поблизу групи верстатів. Однак, групова трансмісія, яка замінила при цьому єдину систему передач, не усувала ряд недоліків, а груповий електропривод був нездатний розв'язати проблему забезпечення безперервності послідовних

операцій.

Упровадження індивідуального електропривода, коли один електродвигун обслуговував окремий верстат, повністю ліквідував ці недоліки, дозволив спростити конструкцію верстата, ліквідувати численні громіздкі пасові передачі.

Індивідуальний електропривод здійснив технічну революцію в машинобудуванні, дозволив керувати робочими операціями з необмеженою гнучкістю. Втрати електроенергії звелись до мінімуму, підвищилась швидкість верстатів, створились передумови для автоматичного керування ними.

Електропривод потягнув за собою зміну самої конструкції верстатів. Двигун став частиною машини.

На початку ХІХ ст. в конструкції складних верстатів ввели вже не один, а декілька двигунів, що привело до електричного управління операціями.

3.5.4 Розвиток науки про металообробку

У другій половині ХІХ ст. зароджується теорія різання металів, початок якій поклав російський вчений І.А. Тіме, який в своїх роботах сформулював основні режими різання.

У 1880-1900 р. р. в працях російського вченого К.А.Зворикіна були поставлені основні питання динаміки і механіки процесу різання металів.

Американський вчений Тейлор в період з 1880 по 1906 р. встановив емпіричним шляхом режими різання при токарних роботах, що мало велике практичне значення.

У 80-х роках в роботах російського вченого Н.П.Петрова була розв'язана одна з найскладніших проблем техніки – проблема змащення.

3.5.5 Винахід електричного зварювання

У епоху машинного виробництва раніше існуюча ковальське (горнове) зварювання, яке зародилось ще в античний період, не могло задовольнити зростаючі потреби виготовлення нероз'ємних з'єднань при виготовленні сталених виробів. Тому винайдення електричного зварювання, в основу якого було закладене відкриття В.В Петрова, стало великим досягненням технології обробки металів.

Електричне зварювання Уперше застосував американський електротехнік Томсон в 1867 р., пропускаючи електричний струм великої сили при незначній напрузі через два куски стикованого металу(контактне зварювання).

Російський винахідник М.М. Бенардос в 1882 р. запропонував електродугове зварювання вугільним електродом, Він назвав новий спосіб зварювання “електрогефестом” – в честь міфічного бога-коваля Гефеста. Спосіб Бенардоса одержав широке застосування на залізницях для ремонту рейок і рухомого складу.

У 1888 р. М.Г.Славянов удосконалив спосіб Бенардоса, замінивши вугільний електрод металевим. При цьому металевий електрод не тільки підтримував електричну дугу, а також, плавлячись, створював зварний шов. Для під-

тримки достатньої електричної дуги Славянов розробив і застосував електрифікований зварювальний напівавтомат. Будучи надзвичайним технологом, Славянов досяг виключно високої якості робіт, піддаючи зварюванню не тільки залізо і сталь, але електрозварювання і чавун, бронзу, латунь.

Застосування електрозварювання дозволило підняти продуктивність праці, зменшити вагу машин, підвищити герметичність і надійність кораблів, парових котлів, водопроводів.

На початку ХХ ст. у Франції був розроблений спосіб газового (киснево-ацетиленового) зварювання, яке забезпечувало одержання більш міцних зварювальних швів.

3.6 Прогрес в електротехніці

Характерною особливістю техніки розглядуваного періоду було підвищення ролі електрики. Основою для розвитку електроенергетики і електротехніки стали видатні відкриття того часу в області електрики та магнетизму.

У 1886-1889 рр. Німецький фізик Г.Герц експериментально довів існування електромагнітних хвиль, що разом з дослідженнями Фарадея та інших вчених дало матеріал для створення електромагнітної теорії Максвелла. Починається інтенсивна розробка теоретичних питань електротехніки, пов'язаних з практичним застосуванням електроенергії в самих різних галузях виробництва.

У першу чергу інженерна думка звернулася до питання про джерела електроенергії – генераторів, оскільки без раціонального джерела електричного струму неможливо було здійснити впровадження електроенергії в промислове виробництво. Найбільш суттєвим досягненням став винахід інженерами Е. Грамом, Гефнер-Альтенком, Фонтенем електромагнітного генератора з самозбудженням і кільцевим якорем.

Винахід генератора допоміг розв'язати проблему електричного освітлення (лампи А.М. Лодигіна, П.М. Яблочкова, Т.Едісона).

У ході робіт над удосконаленням електричного освітлення був винайдений трансформатор, Уперше застосований змінний струм : спочатку однофазний, потім двофазний, і нарешті трифазний, запропонований російським інженером М.О.Доліво-Добровольським. Ці нововведення сприяли практичному розв'язанню питання про централізоване виробництво електроенергії і передачу її до віддалених місць споживання на великі відстані.

У 90 – х роках ХІХ ст. розгорнулось широке будівництво електростанцій і ліній електропередач. З'явився більш потужний тепловий двигун для електростанцій – парова турбіна.

Електрична енергія з початку ХХ ст. міцно увійшла в промислове виробництво.

3.7 Зародження нових галузей техніки. Винайдення двигуна внутрішнього згорання. Створення літака, телефону, радіо

Кінець XIX – початок XX ст. ознаменувались зародженням зовсім нових галузей техніки. Це стало можливим завдяки винайденню нового двигуна – двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

Принцип чотирьохтактного двигуна з горючою сумішшю, що попередньо стискалась, був запропонований ще в 1862 р. французьким інженером А.Бодє-Рошем, але практично використаний німецьким конструктором А.Отто в 1876 р. (газовий двигун на Паризькій всесвітній виставці 1878 р.).

У 80 – ті роки минулого століття російський моряк О.С.Костевич запропонував проект легкого бензинового ДВЗ з карбюратором. За цим проектом був побудований восьмициліндровий двигун для встановлення на дирижаблі.

Німецький винахідник Г.Даймлер в 1885 р. одержав патент на двигун, встановлений на автомобілі, моторному човні, мотоциклі.

Інший напрям в розвитку ДВЗ - винахід двигуна, працюючого на важкому паливі. У 1897 р. Рудольф Дизель – німецький інженер – побудував новий двигун з samozапалюванням від стискання.

У кінці XIX ст. були створені передумови для розвитку такого двигуна, який можна було використовувати на транспорті, в промисловості і в сільському господарстві.

У XIX ст. було побудовано багато різних важчих за повітря літальних апаратів, обладнаних крилами і повітряними гвинтами.

Перший аероплан був створений російським винахідником А.Ф. Можайським (рис 3.12). У 1876 р. в Петербурзі провадилася публічна демонстрація польоту моделі аероплана Можайського. У 1880 р. він подав заяву на винайдений ним літак з паровим двигуном. На своєму літаку Можайський пропонував поставити ДВЗ, однак, в зв'язку з його недосконалістю, вимушений був застосовувати паровий двигун. В одному з випробувань в 1884 р. літак Можайського відірвався від землі і пролетів невелику від-



Рисунок 3.12 – Аероплан Можайського

стань.

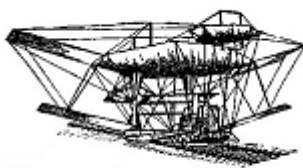
У 1892 р. англійський конструктор Г.Філіпс створив перший великий аероплан, який піднявся в повітря, але без людини.

У подальшому француз Клеман Адер, американець Хірам Максим побудували свої літаки (рис.3.13, 3.14), але вони відзначились нестійкістю в повітрі, недосконалим управлінням, тому розбивались.

Німецький інженер Отто Лілієнталь провадив дослід плинних польотів проти вітру на планерах, домагаючись стійкості польоту.



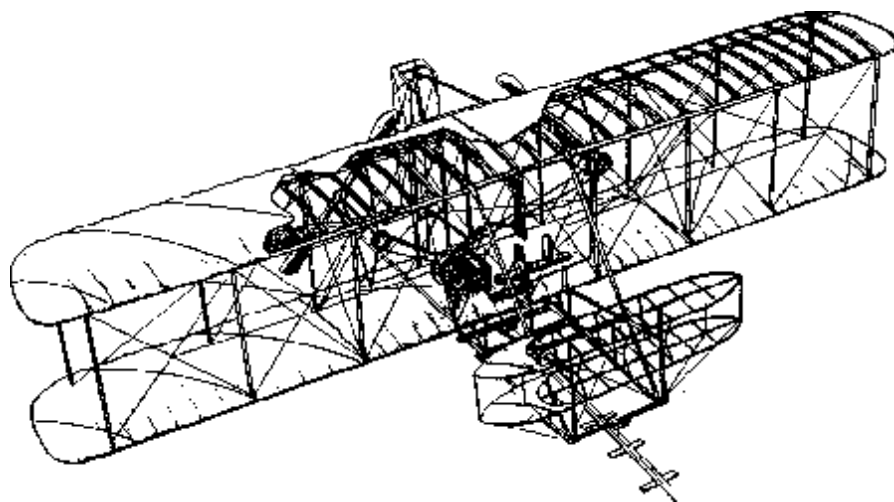
Рисунок 3.13 – ЛітакАдера



**Рисунок 3.14 – Аероплан
Максима**

До другої половини минулого століття відносяться спроби створення телефону. Першим зразком телефонного апарата був прилад, сконструйований німецьким фізиком І. Ф.Рейсом в 1861 р. У 1876р. американський технік А.Белл створив першу задовільну конструкцію телефону, одержав патент на його винахід.

Удосконалювали телефон англієць Д. Юз, американець Т. Едісон.



**Рисунок 3.15 – Конструкція літака братів Райт,
1903 р.**

Телефон дуже швидко ввійшов в побут майже у всіх країнах. Одним з найбільших відкриттів в галузі техніки виявився винахід радіо. Честь його винаходу належить російському вченому А.С.Попову. 7 травня 1895р. А. С. Попов Уперше продемонстрував радіоприймач на засіданні Російського фізико – математичного товариства. Він Уперше застосував антену, і в зв'язку із слабкістю вібраторів – джерел електромагнітних хвиль, пристосував приймач для реєстрації грозових розрядів.

У результаті численних експериментів 24 травня 1896 р. Попов здійснив першу в світі радіотелеграфну передачу на відстань 250 м., в 1897 р. встановив

постійний зв'язок між кораблями “Африка” і “Європа” на відстані 5 км., в 1899р. – стійкий зв'язок на відстані 46 км.

Через рік після доповіді Попова, в 1897 р., італієць Марконі одержав патент в Англії на прилад для телеграфування без дроту, радіоприймач якого надто близько відтворював грозорееструвач Попова.

Під час першої світової війни радіозв'язок стає найважливішою формою зв'язку в армії і флоті.

3.8 Розвиток техніки виробництва машин в ХХ ст.

Масове поточне виробництво. Перехід до автоматичних ліній

У першій половині ХХ ст. йшов виключно швидкий розвиток електромашинобудування, автомобілебудування, тракторобудування, приладобудування, авіації, ДВЗ і інших галузей машинобудування.

Прогрес нових галузей техніки обумовив великі зміни у виробництві сучасних машин.

Характерною особливістю сучасного машинобудування є перехід до масового спеціалізованого виробництва, пов'язаний з випуском однотипної стандартної продукції. Це стало можливим тільки в результаті використання принципу взаємозамінності деталей, який сприяв широкому впровадженню масового виробництва в машинобудування і інші галузі техніки.

Іншою особливістю машинобудування в ХХ ст. є організація поточного виробництва, при якому вироблення і складання виробів здійснюється в поточних лініях, які представляють собою сукупність робочих машин і робочих місць, розміщених за ходом виробничого процесу виготовлення виробів.

За кожною машиною чи робочим місцем поточної лінії закріплюється одна або декілька одних і тих же операцій обробки одного або декількох виробів, виготовлених одночасно або поперемінно. Це потребує високопродуктивного спеціалізованого обладнання і оснащення, які забезпечують високу продуктивність праці і високу якість роботи.

Розвиток поточного виробництва характеризується передачею виробів, що обробляються, на наступну операцію негайно після виконання попередньої за допомогою спеціальних міжопераційних транспортних пристроїв (рольгангів, конвеєрів і т. д.). Це забезпечує рівномірний хід виробництва, ритмічний запуск і випуск продукції, високу продуктивність праці, зниження собівартості виготовлених виробів. Вищою стадією поточного виробництва є безперервність всього технологічного процесу, побудованого на повній автоматизації.

Сучасне поточне виробництво було Уперше організовано в автомобільній промисловості на підприємствах Генрі Форда, де в 1913р. він застосував конвеєр при складанні автомобіля (рис. 3.16).

У ХХ ст. масове виробництво спочатку одержало розповсюдження при виготовленні невеликих деталей (болтів, штифтів, гайок, шайб і т.п.).Для ви-

робництва таких деталей Уперше і були створені верстати – автомати і напів-автомати. Потім з'явилися поздовжньо – фасонні, фасонно–відрізні, багато шпindelьні автомати. У масовому, крупносерійному і частково в серійному

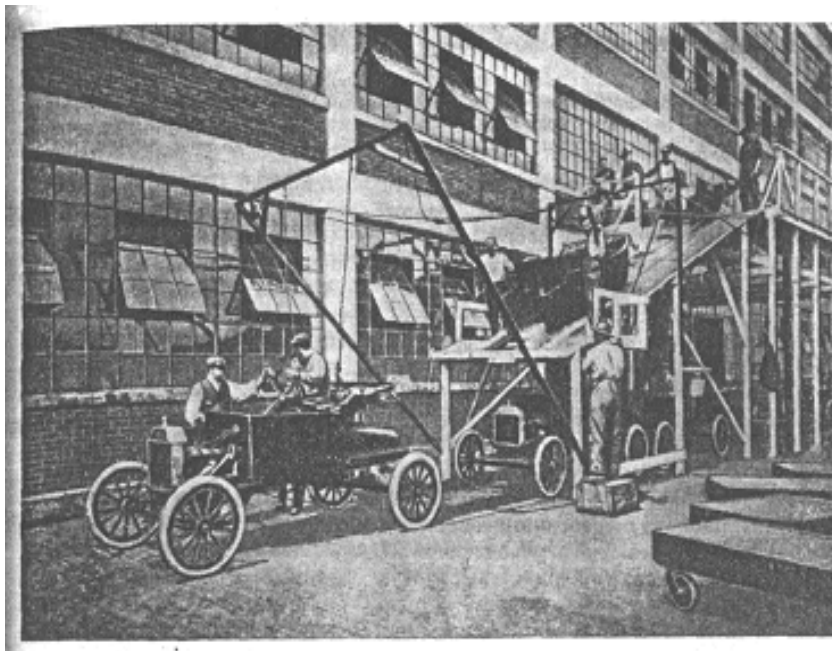


Рисунок 3.16 – Останній етап складання автомобілів на заводі Форда (кінець XIX ст.)

виробництвах велике розповсюдження одержали токарні напівавтомати, призначені для важких і складних робіт. У таких верстатах не автоматизовані лише встановлення і закріплення заготовок, пуск верстата і зняття обробленого виробу.

Сучасні високопродуктивні металорізальні верстати побудовані на широкому використанні принципів багатоінструментальності та багатопозиційності, спеціалізовані і часто призначаються для виконання певної операції.

Однак, спеціальні верстати вузькоцільового призначення важко переключити на інші роботи при зміні виду продукції. Для усунення цього недоліку стали створювати агрегатні верстати, які конструюються з набору різноманітних нормалізованих укрупнених вузлів - автоматів.

Агрегатні верстати набули особливого значення в зв'язку з появою і розвитком автоматичних верстатних ліній.

Перша автоматична верстатна лінія була встановлена в Англії в 1923–1924 р. р. для механічної обробки блоків циліндрів і інших крупних деталей. Вона виконувала 53 операції і обробляла 15 блоків за годину, обслуговувалась 21 оператором.

Уперше в Радянському Союзі верстатна лінія була створена в 1939 р. на Волгоградському тракторному заводі для обробки роликів втулок гусеничних тракторів на базі п'яти верстатів ручного управління.

Під час другої світової війни в повоєнні роки автоматичні верстатні лінії агрегатних верстатів одержали широке розповсюдження.

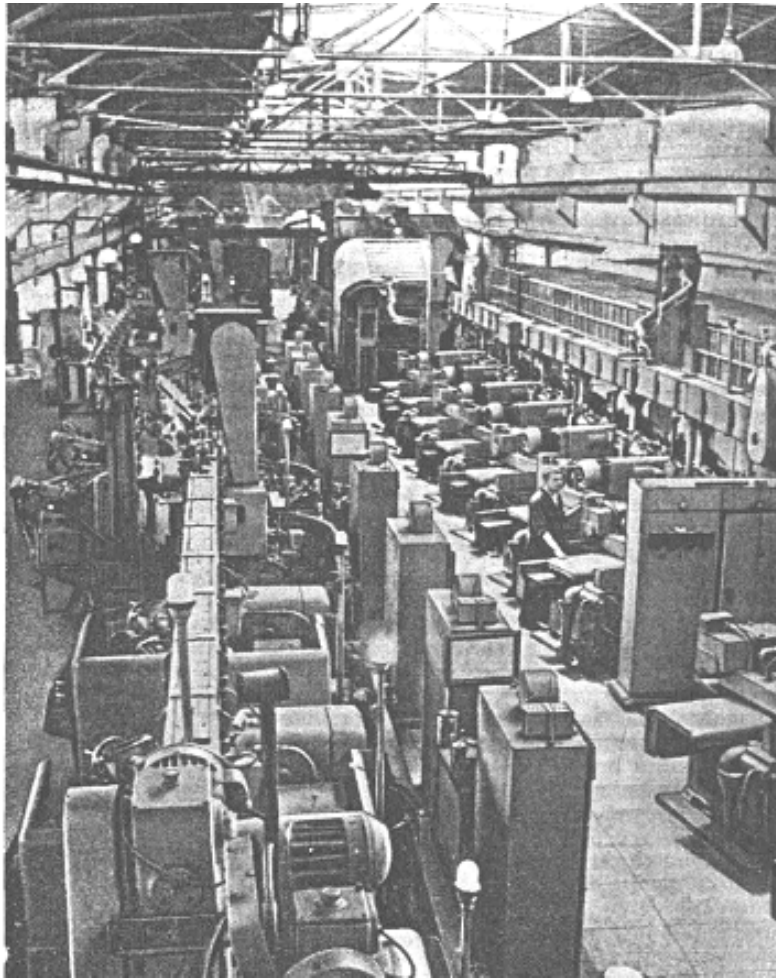


Рисунок 3.17 – Цех-автомат на підшипниковому заводі

Успіхи науки і техніки дозволили перейти від окремих поточних автоматичних ліній до автоматичних цехів, потім – до автоматичних заводів.

У 1956 р. на першому Державному підшипниковому заводі став до ладу цех з виробництва кулькових і роликів підшипників (рис.3.17), в якому були повністю автоматизовані всі операції механічної і термічної обробки кілець підшипників, контролю, складання, антикорозійної обробки, пакування і вилучення стружки. У 1949 р. в СРСР Уперше в світі був побудований автоматичний завод з виробництва поршнів, який обслуговують 9 робітників в зміну, випускаючи 3500 поршнів за добу.

3.9 Розвиток інших галузей техніки (транспорту, електроніки, ядерної фізики)

Розвиток транспорту відбувався в напрямку удосконалення двигунів внутрішнього згорання і дизельних двигунів, що безпосередньо пов'язано з автомобільною технікою.

Історія створення автомобільної техніки починається в 1885 р. з винаходу німецьким винахідником Готлібом Даймлером одномісного моторного візка, який приводився в дію бензиновим двигуном. В 1886 р. Даймлер побудував перший чотирьохколісний двомісний автомобіль, який розвивав швидкість 18км/год. Майже в той же час (на початку 1886 р.) німецький інженер Карл Бенц створив трьохколісний автомобіль, який розвивав швидкість 12-15 км/год.

У кінці XIX ст. і на початку XX ст.. в результаті праць інженерів і винахідників багатьох країн був створений автомобіль сучасного типу. Подальший розвиток автомобільного транспорту привів до створення легкових, пасажир-

ських, вантажних машин різних модифікацій з бензиновими, дизельними, газотурбінними двигунами. На базі автомобіля з'явилися машини різного технологічного призначення для виконання сільськогосподарських, будівельних, будівничих та інших робіт.

Залізничний транспорт розвивався в напрямку удосконалення парового двигуна, переходу до тепловозів, електровозів, газотурбовозів.

У авіації удосконалювались конструкції літаків, двигуни літаків перейшли від поршневих до газотурбінних і реактивних.

На початку ХХ ст.. виникла велика галузь електронної науки і техніки, безпосередньо пов'язана з розвитком радіотехніки.

Електроніка займається розробкою и застосуванням різних електронних приладів, в тому числі і напівпровідникових. Створення перших таких приладів - електронних ламп – це заслуга цілого ряду винахідників, перш за все Т.Едісона, який працював над ними, починаючи з 80-х років ХІХ ст., а також німецьких вчених Ю.Ельстера, Г. Гейтеля та інших. У 1904 р. англійський інженер Дж. А. Флемінг взяв патент на застосування двоелектродної лампи – діода – як детектора радіотелеграфного приймача. У 1906 р. американець Лі де Фостер створив триелектродну лампу – тріод – основу майбутньої радіолампової техніки. Потім з'явилися інші електронні прилади. Фотоелементи, наприклад, стали основою телевізійних передавальних трубок.

У різних галузях техніки електронні прилади дозволяють вирішувати багато складних проблем автоматики і телемеханіки, обчислювальної техніки. Електронні реле є основною ланкою цілого ряду систем автоматичного управління і регулювання, а також телеуправління. Широко використовується фотоелектронна автоматика. Крім того, що електронна техніка стала основою автоматики і телемеханіки, вона набула особливого значення в галузі хімічної технології, ядерної фізики.

Використання енергії ядерних перетворень приводить до корінних змін в галузях техніки.

Історія відкриттів, які безпосередньо підготували виникнення атомної техніки, сягає кінця ХІХ ст.. Велику роль в розкритті таємниць атома відіграли дослідження А. Бекереля, П'єра і Марії Кюрі, Е.Резерфорда, подружжя Фредеріка та Ірен Жоліо Кюрі, які відкрили штучну радіоактивність, Е. Фермі, який Уперше здійснив ядерну ланцюгову реакцію в першому ядерному реакторі, та ін.

Ядерна фізика все тісніше зв'язувалася з ядерною (атомною) технікою і промисловістю. Перше практичне використання недавно відкритої неконтрольованої ядерної реакції було здійснене в США в вигляді атомної бомби, створеної в 1945 р. і Уперше підірваної в дослідному порядку в липні 1945 р. У 1949 р. був проведений перший ядерний вибух в СРСР.

Недоступною задачею науки стало створення керованих термоядерних реакцій для вироблення електроенергії. Дослідження в цій галузі почалися приблизно на початку 50-х років ХХ ст. одночасно в СРСР, США, Англії. Слід відмітити вклад радянських вчених І.Курчатова, А.Сахарова,

Л.Арцимовича в використанні атомної енергії в мирних цілях і створення атомних електростанцій.

Перша в світі атомна електростанція на 5 тис. кВт була введена в Радянському Союзі 27 червня 1954 р. Зараз атомна енергетика є головним видом енергетики в багатьох країнах світу, потужності блоків атомних електростанцій постійно збільшується. Атомна техніка застосовується на криголамах, підводних човнах. Досягнення ядерної фізики застосовуються в медицині, в багатьох галузях промисловості.

4 ІНЖЕНЕРНА ДІЯЛЬНІСТЬ В ЕПОХУ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ (НТР)

4.1 Основні напрями НТР. Сучасний стан машинобудування

У середині ХХ ст. людство вступило в новий етап історичного розвитку – почалась епоха науково-технічної революції.

Характерними особливостями НТР є:

- розробка фундаментальних проблем природознавства;
- доведення результатів досліджень фундаментальних проблем до науково-технічних розробок та інженерних рішень;
- організація виробництва нової, а також удосконалення існуючої техніки і технології;
- упровадження нової техніки і технології у всі сфери виробництва і технічне переозброєння на цій основі всього господарства;
- удосконалення на основі використання досягнень науки і техніки організації виробництва, праці і управління;
- технічне переозброєння невиробничої сфери.

У матеріальному виробництві з середини ХХ ст. до наших днів відбулися значні зміни, які відображають типову специфіку сучасного етапу науково-технічного прогресу.

У галузі добування сировини і виробництва матеріалів відбувається безпрецедентне нарощування об'ємів виробництва на основі впровадження високоефективної техніки і нових методів добування і збагачення корисних копалин. Гірничодобувна промисловість перетворюється в високомеханізовану галузь, діяльність якої може порівнюватись з глобальними геологічними процесами. Відбувається промислове освоєння все більше бідних руд, розширюється номенклатура хімічних елементів, які використовуються в промисловості, що призводить до пошуків і добування все нових мінералів.

Швидко збільшується добування кам'яного вугілля, нафти і природного газу, через зміну світового паливо-енергетичного балансу швидко зростає споживання нафти і газу, використання яких в енергетиці економічно більш вигідно, ніж кам'яного вугілля. Важливою енергетичною сировиною стають уранові руди.

Швидкого розвитку набуває хімічна промисловість, бурхливо розвивається порівняно молода хімія пластмас. Виникає нова галузь хімічної промисловості – виробництво синтетичних матеріалів: штучних волокон, плівок, конструкційних полімерів. Засвоюється виробництво синтетичних матеріалів з особливими технологічними характеристиками: штучних алмазів і інших занадто твердих абразивів, композитних матеріалів, різних покриттів і т.п.

Швидкими темпами зростають галузі, засновані на тих чи інших варіантах хімічної (як правило, безперервного типу) технології: металургія чорних і кольорових металів, нафтопереробка, резинова, целюлозно-паперова, цементна промисловість.

У галузі промислового виробництва і технології обробки матеріалів відбувається корінне технічне переозброєння, мета якого – значне і швидке збільшення обсягів продукції, яка виготовляється, та безперервне покращення показників її якості. Зокрема, в металообробці широко застосовуються прогресивні засоби формотворення: виробництво деталей методом точного лиття під тиском, точне штампування, плазмові, лазерні, електронно-променеві, електроерозійні, електрохімічні і т.п.

Принципові зміни відбулись в розвитку робочих машин. Вони в значній мірі пов'язані з вище приведеними зрушеннями в галузевій структурі промислового виробництва.

Основним технологічним обладнанням в цих галузях є все більш великі і потужні закриті ємності - агрегати, в яких відбуваються хімічні процеси створення кінцевого продукту. Хід роботи і ефективність цих агрегатів визначаються сполученням численних змінних величин: фізико-хімічного складу завантажених в них компонентів, швидкістю і періодичністю подач, температурами, тиском і т. і.

Специфіка цих робочих машин заключається перш за все в тому, що вони не здійснюють процесів формотворення, і тому в них відсутній робочий інструмент, який діє на форму предмета праці. У цих машинах відбувається процес перетворення речовин: виділення їх з різних видів сировини і матеріалів або синтез нових речовин на основі використання різних компонентів сировини (хімія органічного синтезу, біологічна хімія та ін.). Разом з тим в агрегатах цього типу значно ускладнюються функції передаточного пристрою, який замість передачі енергії виконавчим механізмам повинен регулювати дію тих численних змінних факторів, які визначають роботу агрегату.

Складність цього комплексу змінних факторів поступово переростає можливості людини в управлінні і ставить проблему оптимізації технологічних режимів та процесів, визначення і досягнення цієї оптимізації за допомогою засобів автоматики.

Істотні зміни відбуваються і в традиційних знаряддях праці, які застосовуються в галузях обробляючої промисловості з безперервною технологією і дискретною продукцією (перш за все в металообробній).

Упроваджується високопродуктивне і потужне пресове обладнання, металорізальні верстати з числовим програмним управлінням, верстати типу “обробляючий центр”, засоби прецизійної обробки поверхонь.

Інтенсивне розповсюдження масового поточного виробництва разом з подальшим розвитком індивідуального (одного та багатомоторного) електроприводу сприяли функціональному удосконаленню та предметній спеціалізації робочих машин.

Спочатку все більш широке застосування знаходять багатопозиційні верстати, спеціалізовані на обробці вузького кола деталей і виробів, а іноді навіть однієї конкретної деталі або одного виробу. Ці верстати займають значне місце на швидко зростаючих поточних лініях масового виробництва і стають важливою умовою їх високої економічної ефективності. Яскравим прикладом цих тенденцій є автомобільна промисловість з її багатопозиційними, суворо спеціалізованими верстатами.

Однак в процесі розвитку машинного виробництва і його поточної форми організації ці високоефективні верстати предметної спеціалізації вступають в протиріччя з високими темпами технічного прогресу і перетворюються з фактору його прискорення в гальмуючий фактор.

Функціонально-спеціалізована робоча машина більш гучка та більш придатна до можливих змін об’єктів виробництва, ніж предметно спеціалізоване технологічне обладнання. Функціонально-спеціалізована робоча машина майже універсальна в виконанні своїх функцій, байдужа до об’єкту виробництва, так як вона здійснює певну обробляючу функцію – обточує ту чи іншу поверхню, фрезерує, шліфує і т. д. Таким чином. Верстати функціональної спеціалізації більш гнучко реагують на зміну об’єктів виробництва. Між тим технічний прогрес виражається у все частішій зміні об’єктів виробництва – продуктів праці, в зміні їх конструкцій і типів, в появі зовсім нових виробів. Високо-спеціалізовані предметні верстати, спроектовані для обробки вкрай вузького кола деталей або виробів, важко переключити на обробки інших, нових виробів. Разом з тим такі верстати в силу їх складності коштують дорого. Ці обставини не дозволяють знімати їх з експлуатації разом зі зміною об’єктів виробництва.

З іншого боку, предметно-поточна організація виробництва, в рамках якої особливо широко застосовуються багатопозиційні верстати предметної спеціалізації, безумовно, є більш високою і прогресивною формою. Є всі підстави твердити, що предметно-поточна організація в поєднанні з автоматизацією виробництва – це майбутнє сучасної промисловості. Тому повернення від поточної організації до попередньої технологічної, цеховій структурі, яка значно легше реагує на часту зміну об’єктів виробництва, означало б рух назад.

Це протиріччя сучасного технічного прогресу розв’язується шляхом синтезу функціональної і предметної спеціалізації робочих машин – створення гнучкого технологічного обладнання. Синтез здійснюється на основі усестороннього удосконалення функціональних вузлів технологічного обладнання і гнучкої компонування їх в предметні агрегатні верстати або лінії.

Вимога гнучкості стає все більш важливим критерієм прогресивності робочої машини. Робоча машина, в якій органічно злились в одне ціле три елементи машинного комплексу (машина-двигун, передаточний механізм і власне робоча машина – виконавчий механізм), знову роз'єднується на частини. Однак це вже не колишні частини – елементи машинного комплексу, а функціонально-спеціалізований і удосконалений, так би мовити, “мікрокомплекс” – силова головка, в якій вміщені, злиті двигун, передаточний пристрій, і робочий виконавчий механізм.

Агрегатні верстати, що представляють собою предметне сполучення силових головок, - це вжене просто єдиний машинний комплекс, а справжня система машин, в кожний елемент якої входять всі три частини машинного комплексу. Це – за нашого часу вища форма первісної клітини машинного способу виробництва. Вона здійснює значний вплив і на характер технічного розподілу праці, і на тип та кваліфікацію робітника. В ній закладені також елементи, які знаходять свій повний розвиток на послідуючих етапах машинного виробництва.

У розвитку робочих машин в період НТР слід відмітити ще дві важливі тенденції.

Перша з них полягає в багаторазовому збільшенні одиничної потужності і продуктивності основних видів енергетичного і технологічного обладнання. Це просліджується на прикладах зростання потужностей гідравлічних і парових турбін (з десятків тис. кіловат на початку минулого століття до 1 млн. кіловат), об'єму доменних печей (з 500-600 куб. м перед другою світовою війною до 5000 куб. м), розмірів пересувних механізмів (екскаватори з ковшем ємністю 100 куб. м та вильотом стріли 50-65 і більше метрів, автомобілі вантажопідйомністю 40-75 тон). Поряд зі зростанням одиничних потужностей технологічних агрегатів збільшуються також масштаби підприємств, зростає концентрація виробництва.

Друга виключно важлива тенденція в розвитку робочих машин, яка виникла і одержала деяке розповсюдження на попередньому етапі розвитку машинного виробництва пов'язана зі створенням і впровадженням машин-автоматів. Це знаменує перехід до нової, вищої ступені в розвитку машин, в характері праці і в організації виробництва – перехід до автоматизації. Автоматизація є одним із важливих ланцюгів сучасної науково-технічної революції.

Упроваджуються повністю механізовані і автоматизовані ділянки і лінії, в 70-х роках ХХ ст. виробництво починає обладнуватись промисловими автоматичними роботами, промисловими маніпуляторами першого покоління. Розвивається застосування автоматизованих систем проектування, технологічної підготовки виробництва і управління процесами обробки матеріалів з використанням ЕОМ. На основі застосування ЕОМ, нового технологічного обладнання і удосконалення організації виробництва в останні роки почався розвиток обладнаних роботами та керованих ЕОМ гнучких автоматичних виробництв та інтегрованих автоматизованих комплексів, які повинні розв'язати

особливо складну проблему автоматизації дискретних виробничих процесів для виготовлення продукції, номенклатура якої часто змінюється.

Науково-технічна політика інженерної діяльності спрямована на повну автоматизацію матеріального виробництва, на створення, в перспективі, автоматичних підприємств, на яких повністю буде ліквідована нетворча праця.

4.2 Виникнення і розвиток інформаційно-кібернетичної техніки

У період НТР об'єми інформації, необхідної для розвитку науки, техніки і виробництва, невпинно зростають і все більше складною та об'ємною стає завдання її переробки. Це обумовило необхідність розвитку наукового знання про методи і технічні засоби управління і зв'язку, в яких речовина і енергія використовуються для одержання, передачі, зберігання і обробки інформації.

Так з'явилися і швидко розростаються нові, тісно пов'язані гілки науки про загальні закономірності процесу управління і передачі інформації в машинах та живих організмах, які відіграють виключно важливу роль в сучасній НТР.

Розвиток всього цього комплексу наук і його узагальнюючої ланки – кібернетики став важливою частиною сучасної революції в природознавчих науках і в техніці.

Кібернетика (старогрецьке – система управління) – наука про управління, зв'язок і переробку інформації. Першим застосував термін “кібернетика” для управління в загальному розумінні грецький філософ Платон. інформаційно-кібернетична техніка включає в себе технічні засоби управління і зв'язку, в яких речовина і енергія застосовується для одержання, передачі, зберігання і обробки інформації.

Технічна кібернетика – це основа комплексної автоматизації виробництва, розробки і створення систем управління на транспорті, іригаційних і газорозподільних систем, на атомних електростанціях, космічних кораблях і т.п. Практична кібернетика спрямована на створення складних систем управління і різного роду систем для автоматизації розумової праці.

Реальне становлення кібернетики як науки було обумовлене розвитком крупної машинної промисловості, технічних засобів управління і перетворення інформації.

Ще в середні віки в Європі стали створювати так звані андроїди – людиноподібні іграшки, що представляли собою механічні програмно-керовані пристрої. Перші промислові регулятори рівня води в паровому котлі і швидкості обертання вала парової машини були винайдені Ползуновим і Уаттом. В другій половині XIX ст. з'являється необхідність побудови все більш удосконалених автоматичних регуляторів. Поряд з механічними блоками в них все частіше застосовують електромеханічні і електронні. Велику роль в розвитку теорії і практики автоматичного регулювання відіграв винахід на початку XX ст. диференціальних аналізаторів, здатних моделювати і розв'язувати звичайні диференціальні рівняння.

Джерелом ідей і проблем кібернетики стала практика створення реальних дискретних перетворювачів інформації. Перші спроби створити такий перетворювач інформації – обчислювальну машину почались ще в XVII ст., а найпростіші обчислювальні пристосування, типа абака та рахівниці, з'явилися ще раніше – в давнині та середньовіччі.

Першою обчислювальною машиною була сконструйована в 1641 та побудована в 1645 році французьким вченим Б. Паскалем механічна підсумкова машина, яка дозволяла виконувати додавання та віднімання, а також множення (ділення) шляхом багаторазового додавання (віднімання). У цій машині він уперше реалізував ідею подання чисел механізмом повороту розрахункових коліс (рис 4.1): кожному числу від 0 до 9 відповідав свій кут.

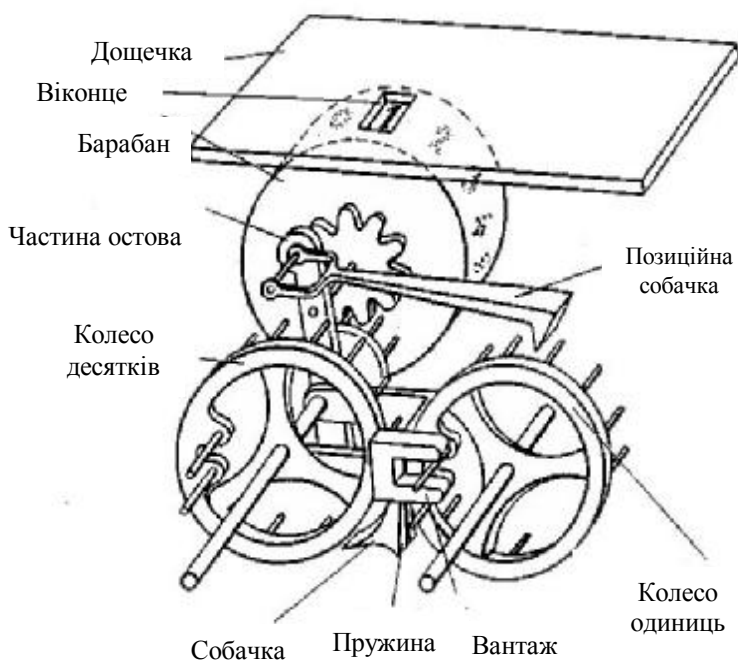


Рисунок 4.1 – Механізм підсумкової машини Паскаля

При реалізації іншої ідеї Паскаль зустрівся з певними труднощами: винайдений ним механізм переносу десятків працював при обертанні розрахункових коліс тільки в одному напрямку, а це не дозволяло здійснювати віднімання обертями коліс в протилежному напрямку. Простий і дотепний вихід з цього положення, винайдений Паскалем, був настільки вдалим, що використовується в сучасних ЕВМ. Паскаль замінив віднімання складанням з доповненням від'ємника. Для 8-розрядної машини Паскаля, яка працювала в десятинній системі, доповненням числа A буде число $(100000000 - A)$, тому операція віднімання $B - A$ може бути замінена складанням $B + (100000000 - A) = 100000000 + (B - A)$. Одержане число буде пошукової різниці на 100000000 , але в 8-розрядній машині одиниця в десятому розряді просто пропадає при перенесенні десятків з восьмого розряду.

Наступний етап в розвитку обчислювальної техніки пов'язаний з іменем знаменитого німецького математика Лейбніца, який в 1673 р. після майже 40-річної праці над "арифметичним інструментом" створив перший арифмометр, здатний виконувати всі арифметичні дії. Основу арифмометра складав винайдений Лейбніцем ступінчатий валик-шестерня з розміщеними на ньому зубцями різної довжини (рис. 4.2). Кількість таких валиків-шестерень відповідала порядку розрядів арифмометра – по одному на кожен розряд числа. Між цими

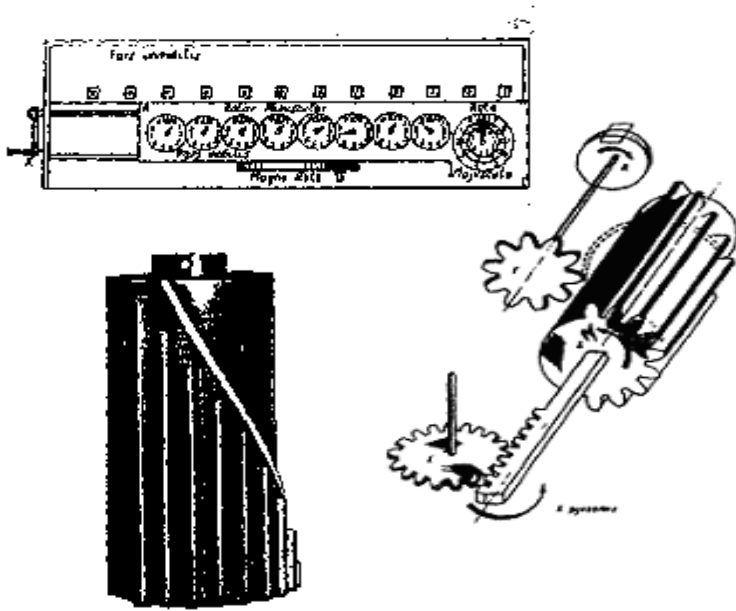


Рисунок 4.2 – Механізм обчислювальної машини (арифмометра) Лейбніца

шестернями і відповідним колесом основного рахівника іноді вводилась проміжна, переміщенням якої здійснювалось налагодження механізму. У результаті при одному обертанні валика-шестерні проміжна шестерня повертала з'єднане з нею цифрове колесо на таку кількість зубців, яка дорівнювала установлюваній цифрі. Кожному розряду відповідав свій валик-шестерня, і при одному обертанні осі в лічильник вводилось потрібне багато-значне число. Перші ариф-

мометри були досить недосконалі, виробнича потреба в таких машинах була ще не дуже гострою, тому до останньої чверті XIX ст. вони не одержали широкого розповсюдження. Удосконалення конструкцій механічних арифмометрів, яке відбувалось в XVIII-XIX ст., а потім і арифмометрів з електричним приводом, носило виключно механічний характер і з переходом на електроніку арифмометри втратили своє значення.

З подальшим розвитком науки і техніки потреба в ефективних і швидкодіючих обчислювальних машинах зростає настільки, що англійський уряд доручив відомому математику і винахіднику Чарльзу Беббіджу її розробку. Відповідно до цього завдання Беббідж в 1822 р. розробив і виготовив діючу модель різницева машини, а в 1830 р. спроектував аналітичну обчислювальну машину.

Різницева машина призначалась для табулювання многочленів і з сучасної точки зору була спеціалізованою обчислювальною машиною з фіксованою програмою. За її допомогою можна було обчислювати не тільки многочлени, але і інші функції, наприклад логарифмічні та тригонометричні, представивши їх в формі нескінченного ряду. Машина мала пам'ять – декілька регістрів для зберігання чисел, лічильник кількості операцій із дзвінком (при виконанні заданого числа кроків обчислень роздавався дзвінок), друкарський пристрій, причому друкування результатів відбувалось одночасно з обчислюваннями на наступному кроці.

Працюючи над різницевою машиною, Беббідж прийшов до ідеї створення цифрової обчислювальної машини для виконання різноманітних наукових і технічних розрахунків, яка, працюючи автоматично, виконувала б задану програму. Проект цієї машини, названої автором аналітичною, вражає перш за все

тим, що в ній передбачені всі основні пристрої сучасних ЕОМ, а також задачі, які можуть бути розв'язані з її допомогою.

Аналітична машина Беббіджа повинна була включати в себе такі пристрої:

-“склад” - пристрій для зберігання цифрової інформації (тепер його називають запам'ятовуючим або пам'яттю);

-“фабрика” – пристрій, який виконує операції над числами, взятими на “складі” (тепер це – арифметичний пристрій);

-пристрій, для якого Беббідж не придумав назви і який управляв послідовністю дій машини (тепер це – пристрій управління);

-пристрій введення та виведення інформації.

Як носія інформації при введенні і виведенні Беббідж збирався використати перфоровані картки (перфокарти) типу тих, що застосовував ткач і механік Ж. М. Жаккар (1752-1834) для управління роботою ткацького верстату. Беббідж передбачив введення в машину таблиць значень функцій з контролем при введенні значень аргументу. Вихідна інформація могла друкуватися, а також пробиватись на перфокарту, що давало можливість при необхідності знову вводити її в машину.

Беббідж запропонував також ідею управління обчислювальним процесом програмним шляхом і відповідну команду – аналог сучасної команди умовного переходу: питання про вибір одного з двох можливих продовжень програми вирішувався машиною в залежності від знаку деякої обчислювальної величини. Він передбачив також спеціальний лічильник кількості операцій, який мають всі сучасні ЕОМ.

Таким чином, аналітична машина Беббіджа була першою в світі програмно управляємою обчислювальною машиною. Для цієї машини були складені і перші в світі програми, а першим програмістом була Августа Ада Лавлейс (1815-1852) – дочка англійського поета Д. Байрона. В її честь одна із сучасних мов програмування називається “Ада”.

Сучасні ЕОМ за своєю структурою дуже близькі до аналітичної машини Беббіджа, але, на відміну від неї, використовують зовсім інший принцип реалізації обчислень, який базується на двоїстій системі числення. Двоїстий принцип реалізується за допомогою електромагнітного реле – елемента, який може знаходитись в одному з двох можливих станів і переходити із одного стану в інший під дією зовнішнього електричного сигналу.

Перша обчислювальна машина з електричним реле була сконструйована в 1888 році американцем г. Холлерітом (1860-1929) і вже в 1890 р. застосовувалась під час перепису населення США. Ця машина, названа табулятором, мала в своєму складі реле, лічильники, сортувальний ящик. Дані наносились на перфокарту, яка майже не відрізнялась від сучасних, і при проходженні перфокарти через машину в позиціях, де мали місце отвори, відбувалось замикання електричного ланцюга, на відповідних лічильниках добавлялось по одиниці, після чого перфокарта попадала в певне відділення сортувального ящика.

Розвиток табуляторів та іншої обчислювально-перфораційної техніки дозволив створити універсальні обчислювальні машини з програмним управлінням на основі електромеханічних реле.

Релейні машини досить довго знаходились в експлуатації (машина РОМ-1 конструкції радянського інженера М. І. Бессонова працювала аж до 1965 р.), однак вони були повільно діючими, так як найшвидші реле не могли робити більше 50 спрацьовувань в секунду, і операція множення займала в середньому 0,25 секунди. Значно більшу швидкість мали електронні аналоги електромеханічних реле – вакуумні лампи-тригери, винайдені в 1918 р., які стали базовими елементами в ЕОМ першого покоління.

Перша електронна обчислювальна машина ЕНІАК була розроблена в Пенсільванському університеті США і побудована в 1946 р. Вона займала площу в 135 кв. метрів, складалась із 18000 електронних ламп і 1500 реле і працювала в тисячу разів швидше найдосконаліших релейних машин. Але ця ЕОМ була ще недостатньо надійною, недосконалою. Для програмного управління машиною її блоки з'єднувались між собою за допомогою штекерів, і підготовка машини до роботи (з'єднання блоків на комутаційній дошці) займала декілька днів, тоді як задача іноді розв'язувалась за декілька хвилин. Крім того, ця машина не могла зберігати інформацію.

Першою ЕОМ, яка мала всі компоненти сучасних машин, була англійська машина “МАРК-1”, побудована в Манчестерському університеті в 1948 р., в якій Уперше була реалізована ідея збереженої пам'яті, сформульований в 1945-1946 р. американським математиком Д. Нейманом, що включала такі положення:

- команди і числа однотипні за формою представлення в машині (записані двоїстим кодом);
- числа розміщуються в тому ж запам'ятовуючому пристрої, що і програма;
- завдяки числовій формі запису команд програми машина може проводити операції над командами.

У 1951 р. з'явилась перша радянська ЕОМ МЕРМ академіка Лебедева С.А. Вона виконувала всього 12 команд, її швидкість становила 50 операцій в секунду. Оперативна пам'ять МЕОМ могла зберігати 31 сімнадцятирозрядне двоїсте число і 64 двадцятирозрядні команди. Нарешті, в 1952 р. свій перший промисловий комп'ютер ІВМ 701 випустила фірма ІВМ.

У 1951 р. Джой Форрестер вніс важливе удосконалення в ЕОМ, запатентувавши пам'ять на магнітних сердечниках, які могли запам'ятовувати і зберігати достатньо довго подані на них імпульси. Це дозволяло зберігати великі об'єми інформації на зовнішньому носії, наприклад на магнітній стрічці або на магнітному барабані.

Подальший розвиток ЕОМ пов'язаний з винайденням напівпровідникових транзисторів, які стали елементною базою ЕОМ другого покоління. Перші серійні ЕОМ на транзисторах з'явилися в 1958 р. одночасно в США, ФРН і Японії.

У 1962 р. почався масовий випуск інтегральних мікросхем, що дозволило значно зменшити габарити обчислювальних машин третього покоління, підвищити їх швидкодію, збільшити об'єм пам'яті, розширило сферу їх застосування, дозволило встановлювати ЕОМ на літаках, кораблях.

Надзвичайно важливою подією на цьому шляху стало створення в 1971 р. американською фірмою "Intel" єдиної інтегральної схеми для виконання арифметичних і логічних операцій – мікропроцесора. Це призвело до грандіозного прориву мікроелектроніки в сферу обчислювальної техніки. У 1976 р. з'явилися перші машини четвертого покоління на великих інтегральних мікросхемах – американські "Крей-1" і "Крей-2" із швидкодією 100 млн. операцій в секунду, які мали біля 300 тисяч чипів (мікросхем).

У наш час широкого розповсюдження надув всім нам знайомий персональний комп'ютер (ПЕОМ), який зайняв в нашому житті таке ж місце, як і телефон, телевізор, автомобіль. Це невелика за розміром обчислювальна машина, якою користуються і в побуті, і в науковій, інженерній, управлінській діяльності. Їх поява відноситься до 1976 р., коли американські техніки Стефан Возняк і Стів Джобс створили перший маленький персональний компютер "Еппл" (Яблуко), призначений для відеоігор, хоча він мав можливість для програмування. Пізніше створена Джобсом фірма, а потім і інші фірми, налагодили серійний випуск комп'ютерів самих різних концепцій. Але особливий успіх мав випущений в 1981 р. комп'ютер ІВМ РС з 16-розрядним мікропроцесором Intel –8088 і чудово розробленим програмним забезпеченням фірми Microsoft. Наступні моделі цієї фірми зробили комп'ютери марки ІВМ самим масовими і популярними.

Широке впровадження обчислювальної техніки відбувалось одночасно з формуванням технічних наук інформаційно-кібернетичного циклу. Ряд науково-технічних напрямів, дисциплін і наук, предметом яких є штучні технічні засоби одержання, передачі, зберігання та обробки інформації, і які використовувались також з метою управління і зв'язку, виникли і достатньо довго розвивались незалежно від загально кібернетичних уявлень. Так, початок теорії автоматичного управління був закладений ще в ХІХ ст.. при дослідженні проблем регулювання роботи машин і інших механічних пристроїв. Технічні засоби автоматичного регулювання і наукові знання про них розвивались в другій половині ХІХ –першій половині ХХ ст..

Теоретичне узагальнення досвіду практичного (головним чином технічного) використання інформаційних процесів, розпочате Н.Вінером в книзі "Кібернетика" (1948 р.), К.Шеноном, та ін. дозволило обґрунтувати концепцію єдності інформаційних процесів в складних системах, за допомогою яких здійснюються функції управління і зв'язку в природі, техніці, суспільстві.

Теоретичне ядро сучасної кібернетики складають її основні розділи: теорія інформації, теорія кодування, теорія програмування (алгоритмів), теорія автоматичного управління, теорія систем, теорія оптимізації процесів, теорія розпізнавання образів, формальних мов.

Об'єднання фрагментів цих різнорідних знань призвело до створення спеціалізованих методів і технічних засобів інформаційної діяльності, дозволило сформулювати науково-технічні основи для передачі деяких функцій безпосереднього управління окремими виробничими процесами від людини - технічним засобам.

4.3 Космонавтика

У умовах НТР швидко розвивається одна із специфічних галузей знання і діяльності – космонавтика.

Це сукупність галузей науки і техніки, яка досліджує і освоює космос і неземні об'єкти для потреб людства з використанням космічних апаратів, яка включає в себе такі проблеми:

- теорію космічних польотів – розрахунки траєкторій і т.п.;
- науково-технічні – конструювання ракет, двигунів, бортових систем управління, автоматичних станцій, та космічних кораблів;
- медико-біологічні – створення бортових систем життєзабезпечення, компенсація несприятливих явищ в людському організмі, пов'язаних з перевантаженням, невагомістю.

Початок космонавтики як науки пов'язаний з іменами Ф.А.Цандера і К.Е.Ціолковського, Н.У.Кибальчича і І.С.Мещерського, С.П. Корольова.

Космічна ера людства почалась 4 жовтня 1957 року, коли було здійснено запуск першого штучного супутника Землі.

Нагадаємо деякі знаменні події, пов'язані зі становленням і розвитком космонавтики:

12 квітня 1961 р. перший космонавт Ю.О.Гагарін здійснив перший політ у космос;

18-19 березня 1965 р. космонавт А.А.Леонов Уперше в світі вийшов у відкритий космос;

21 липня 1969 р. здійснена перша висадка людей на Місяць (Н.Армстронг, Е.Олдрін – космонавти США).

Такі лише деякі віхи на порівняно короткому шляху освоєння людством космосу, який привів до створення на сучасному рівні орбітальних космічних станцій, автоматичних польотів міжпланетних космічних кораблів до Марса, Венери, в бік Сонця і т.д. Основна задача діяльності в цій галузі – науково-технічне забезпечення створення і застосування космічної техніки – може бути розподілена на чотири групи менш загальних задач:

1) створення і застосування технічних засобів вивчення і освоєння навколоземного космічного простору ;

2) задача космотехнічної діяльності із забезпеченням вивчення і освоєння Місяця, Венери, Марса та інших планет Сонячної системи;

3) задача із створення і застосування техніки дослідження космосу, орієнтованої на вивчення характеристики міжпланетного простору і віддалених об'єктів Всесвіту, що лежать за межами Сонячної системи;

4) задачі, пов'язані з використанням спеціалізованої космічної техніки для дослідження земної біосфери і Землі.

Зароджується п'ята група задач – розвиток технічних засобів космічної технології, які забезпечать проведення в космосі технічних процесів, орієнтованих на подальше промислове використання: вирощування кристалів, створення особливо чистих сплавів в умовах космічного вакууму і т.п.

4.4 Інженерна діяльність в умовах обмеження ресурсів і жорстких екологічних вимог

У другій половині ХХ ст. технічний прогрес уперше в історії натрапляє на обмеження глобального масштабу.

По-перше, людство впритул підійшло до проблеми вичерпання цілого ряду невідновлюваних природних ресурсів, головним чином мінеральних, придатних для масового добування, виробництва енергії і промислової переробки сировини в матеріали і технічні засоби.

По-друге, вплив промисловості і інших видів технічної діяльності на біосферу набув загрозливих розмірів і поставив під знак питання майбутнє існування людства.

По-третє, виникла проблема обмеження трудових, фінансових і інших ресурсів, які виділяються суспільством на науково-технічний прогрес.

По-четверте, розвиток військово-технічних засобів створює реальну загрозу існуванню життя на Землі.

В умовах НТР всі ці фактори, які виникли в різний час, в сукупності різко змінюють весь соціально-економічний ефект технічної, інженерної діяльності в другій половині ХХ ст.

Екологічна криза від перших двох факторів приводить до деградації біосфери внаслідок технічної діяльності людства, що проявляється в таких явищах:

- зменшення різноманітності природного середовища;
- знищення біоценозів (біоценоз – сукупність рослин, тварин та мікроорганізмів, які населяють дану частину суші або водоймища і характеризуються певним відношенням між собою і пристосованістю до умов навколишнього середовища);
- порушення природного кругообігу речовин;
- накопичення відходів промисловості, в тому числі відходів атомних електростанцій

Наприклад, тільки в розвинутих країнах під будівництво доріг і споруд щорічно відводиться 3000 км сільськогосподарських угідь. Щорічно знищується не менше 10 млн. га лісу. Під загрозою зникнення знаходиться 400 видів птахів, 193 види риб, 138 земноводних і плазунів.

Але якщо НТР породила нові проблеми, то вона створила і нові засоби її вирішення. Негативні наслідки науково-технічної діяльності можуть бути переборені не її зупинкою, а тільки її подальшим розвитком на новому якісному рівні: створенням нових галузей науково-технічного знання, нових технічних

засобів і технологічних процесів, які відповідають сучасним соціально економічним вимогам, нових способів виробництва і застосування техніки.

Тут важливого значення набувають ті галузі досліджень, які забезпечують зменшення матеріалоємності і енергоємності техніки, підвищення її надійності і довговічності, покращення фізико-хімічних і технічних характеристик штучних матеріальних засобів діяльності, принципово новий підхід до охорони природи, впровадження екологічно безпечних маловідходних і безвідходних технологій. Ці напрями повинні бути пріоритетними в інженерній діяльності в епоху НТР.

Збільшення арсеналів засобів масового знищення, нарощування військово-технічних потенціалів, по-перше, створює загрозу самому існуванню життя на Землі, по-друге, військово-технічні дослідження і військова промисловість поглинають гігантські людські і матеріальні ресурси.

4.5 Технічні науки і державна науково - технічна політика

Масштаби і велике соціальне значення розвитку технічних наук в другій половині ХХ ст. вимагають підпорядкування всього суспільства і, таким чином, перетворюють науково-технічну діяльність в предмет державної політики, як комплексу державних заходів з керівництва і стимулювання науково-дослідних і проектно-конструкторських праць, з використання науки для розв'язування економічних, політичних і військових проблем і з втілення наукових методів в процес розробки державних рішень.

У взаємовідносинах технічних наук і державної політики можна виділити дві сторони. По-перше, вплив органів державної влади на проблематику технічних наук, цілеспрямована дія через них на розвиток всієї науки в цілому і на розвиток матеріального виробництва, науково-технічного потенціалу держави. По-друге, зворотна дія технічних наук як системи науково-технічних знань і діяльності на стан науково-технічного потенціалу, матеріальної і духовної культури суспільства і на державну політику в широкому спектрі її напрямів.

Технічні науки визначають потенціальні можливості техніки і технології, а соціально-економічні фактори, які відображені в державній політиці, – доцільність і порядок реалізації цих можливостей.

5 ЗАКОНИ ПОБУДОВИ І РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ. ЕВОЛЮЦІЯ МАШИН

Найвищий рівень інженерної творчості заключається у виявленні та формулюванні законів і закономірностей будови та розвитку техніки, свідомому їх використанні при пошуку більш ефективних та раціональних конструкторсько-технологічних рішень. На відміну від недавнього часу сьогодні вже існують теоретичні та методичні розробки за законами та закономірностями техні-

ки, які представляють великий інтерес для практичного використання в інженерній творчості.

Закони техніки, а також більш часткові та локальні закономірності можуть мати багатоплановий додаток в інженерній творчості. По-перше, на основі законів та закономірностей техніки можуть бути розроблені найбільш ефективні методологія та методи інженерної творчості. По-друге, пов'язання законів та закономірностей до конкретного класу технічних об'єктів (ТО) дозволяє визначити найбільш правильні структурні властивості, вигляд та характеристики ТО в наступних поколіннях.

5.1 Закон прогресивної еволюції техніки

Дія закону прогресивної еволюції в світі техніки аналогічна дії закону природного відбору Дарвіна в живій природі. Він пояснює, чому відбувається перехід від попередніх поколінь ТО до наступного покращеного покоління та при яких умовах, коли і які структурні зміни при цьому відбуваються. Гіпотеза про закон прогресивної еволюції техніки формулюється так.

У технічному об'єкті (ТО) з однаковою функцією перехід від покоління до покоління спричиняється необхідністю усунення виявленого головного дефекту, пов'язаного, як правило, з поліпшенням критеріїв розвитку, і відбувається при наявності необхідного науково-технічного рівня та соціально-економічної доцільності такими найбільш можливими шляхами ієрархічного вичерпання можливості конструкції на трьох рівнях:

- 1) при незмінному фізичному принципі дії і технічному рішенні покращуються параметри ТО, наближаючись до екстремальних значень параметрів;
- 2) після вичерпання можливостей першого рівня відбувається перехід до нового більш раціонального технічного рішення (структури), після чого розвиток знову йде за циклом 1. Цикли 1, 2 повторюються, наближаючись до глобального екстремуму із структури для даного принципу дії;
- 3) після вичерпання можливостей циклів 1, 2 відбувається перехід до більш раціонального фізичного принципу дії, після чого розвиток знову йде за циклами 1, 2. Цикли 1-3 повторюються до наближення глобального екстремуму за структурою для даного принципу дії.

При цьому в кожному випадку переходу від покоління до покоління відповідно окремим закономірностям відбуваються зміни конструкції, кореляційно пов'язані з характером дефекту у попереднього покоління, а із всіх можливих змін конструкції реалізується в першу чергу та, яка дає необхідне або значне усунення дефекту при мінімальних інтелектуальних і виробничих витратах.

Найважливіше застосування закону прогресивної еволюції полягає в побудові на його основі методології системного ієрархічного вибору глобально-оптимальних конструкторсько-технологічних рішень.

Методологія системного ієрархічного вибору “забороняє” зупинятися на часткових поліпшених рішеннях, як це часто робиться на практиці. Вона зорієнтована на вивчення та використання всіх можливих шляхів поліпшення.

Якщо при цьому рішення кожної задачі буде виконуватися з досить повним інформаційним забезпеченням та буде знаходитися глобально оптимальне рішення, то можна мати високу гарантію, що розроблений виріб буде на рівні кращих світових досягнень.

Сумарна дія закону прогресивної еволюції навіть за короткий проміжок часу часто дає вражаючі результати.

Так, наприклад, тільки за 50 років з 1910-х до 1950-х років ХХ ст. вдалось зменшити вагу дизель-двигуна в 250 разів при збереженні потужності, витрати металу на 1 кінську силу потужності двигуна зменшились в 80 разів, паросилові установки на електростанціях полегшені в 25 разів і т.д.

5.2 Закон відповідності між функцією та структурою

Закон відповідності між функцією та структурою протягом багатьох віків вивчали та обговорювали на філософському рівні. При цьому відмічали та аналізували численні факти дивовижних відповідностей між виконаними функціями будь-якого органу живого організму та його структурою (будовою, конструкцією, конструктивними ознаками). Такі ж відповідності відмічалися в деталях та вузлах машин, споруд та інших ТО.

Головна суть закону пролягає в тому, що в правильно спроектованому ТО кожен його елемент від складних вузлів до простих деталей і кожна конструктивна ознака мають повністю визначену функцію (призначення) для забезпечення роботи ТО. І якщо вилучити з такого ТО якийсь з елементів або ознак, то конструкція або перестане працювати (виконувати свою функцію), або погіршить показники своєї роботи. В зв'язку з цим у правильно спроектованих ТО немає зайвих деталей.

Ця головна суть відповідності між функцією та структурою полягає в основі всієї пізнавальної діяльності, пов'язаної з аналізом та вивченням існуючих ТО та всієї проектно-конструкторської діяльності зі створення нових ТО.

Гіпотеза про закон відповідності між функцією та структурою ТО має таке формулювання.

Кожний елемент ТО або його конструктивна ознака мають хоча б одну функцію по забезпеченню реалізації функції ТО, тобто відключення елемента або ознаки приводить до погіршення якого-небудь показника ТО або припинення виконання ним своєї функції. Сукупність всіх таких відповідностей в ТО представляє собою функціональну структуру у вигляді орієнтованого графа, котрий відображає системну цілісність ТО и відповідність між його функцією та структурою (конструкцією).

На основі цього закону розроблені методики побудови функціональних структур конкретних ТО, які застосовують в різних методах інженерної творчості.

Закон, який розглядується, має декілька практичних важливих наслідків – закономірностей, які відображають узагальнені функціональні структури широких класів ТО. Викладемо ці закономірності.

Закономірність функціональної побудови обробляючих (технологічних) машин.

Функціональна структура обробляючих машин складається з чотирьох підсистем S_1, S_2, S_3, S_4 (рис. 5.1), які реалізують відповідно чотири фундаментальні функції:

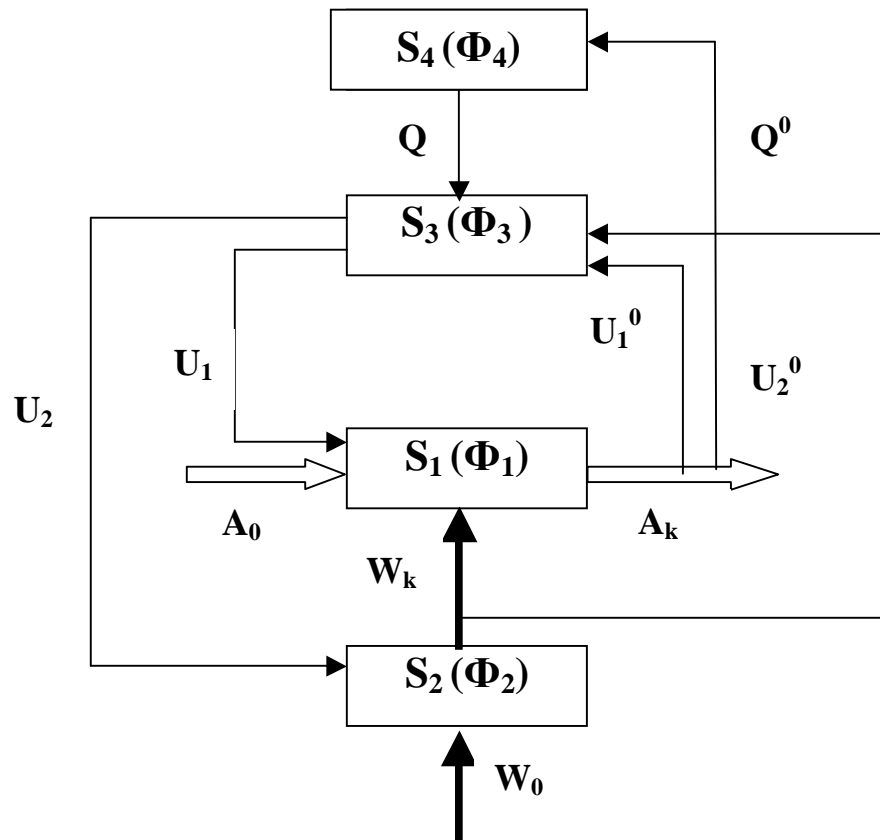


Рисунок 5.1 – Узагальнена функціональна структура обробляючих машин

Φ_1 – технологічна функція – забезпечує перетворення вихідного матеріалу сировини A_0 в кінцевий продукт A_k ;

Φ_2 – енергетична функція – перетворює речовину або одержану зовні енергію W_0 в кінцевий вид енергії W_k ;

Φ_3 – функція управління – здійснює управляючі дії U_1, U_2 на підсистеми S_1, S_2 відповідно з заданою програмою Q і одержаною інформацією U_1^0, U_2^0 про кількість та якість одержаних продукту A_k , кінцевої енергії W_k ;

Φ_4 – функція планування – збирає (одержує) інформацію Q^0 про вироблений кінцевий продукт A_k і визначає потрібні Q якісні та кількісні характеристики кінцевого продукту.

Закономірність функціональної будови перетворювачів енергії та інформації (джерела енергії, інформаційні прилади та системи).

ТО або відповідні людино-машинні системи, призначенні для *отримання та обробки енергії* (інформації), складаються з чотирьох підсистем (елементів) S_1, S_2, S_3, S_4 (рис. 5.2), які реалізують відповідно чотири функції:

Φ_1 – *функція отримання первісної енергії* (інформації) – перетворює речовину або ззовні отриману енергію (сигнал, інформацію) W_B у початковий (первісний) вид енергії (інформації) W_0 , зручний для подальшої обробки та перетворення;

Φ_2 – *функція перетворення* – перетворює початковий вид енергії (інформації) W_0 у кінцевий вид W_K , потрібний для використання;

Φ_3 – *функція управління* – здійснює керуючі впливи U_1, U_2 на підсистеми S_1, S_2 відповідно з заданою програмою Q та інформацією, котру отримуємо, U_2^0 про кількість та якість отриманого виду енергії (інформації) W_K ;

Φ_4 – *функція планування* – збирає (отримує) інформацію Q^0 про отриману кінцеву енергію (інформацію) W_K та визначає потрібні Q якісні та кількісні характеристики кінцевої енергії (інформації) W_K .

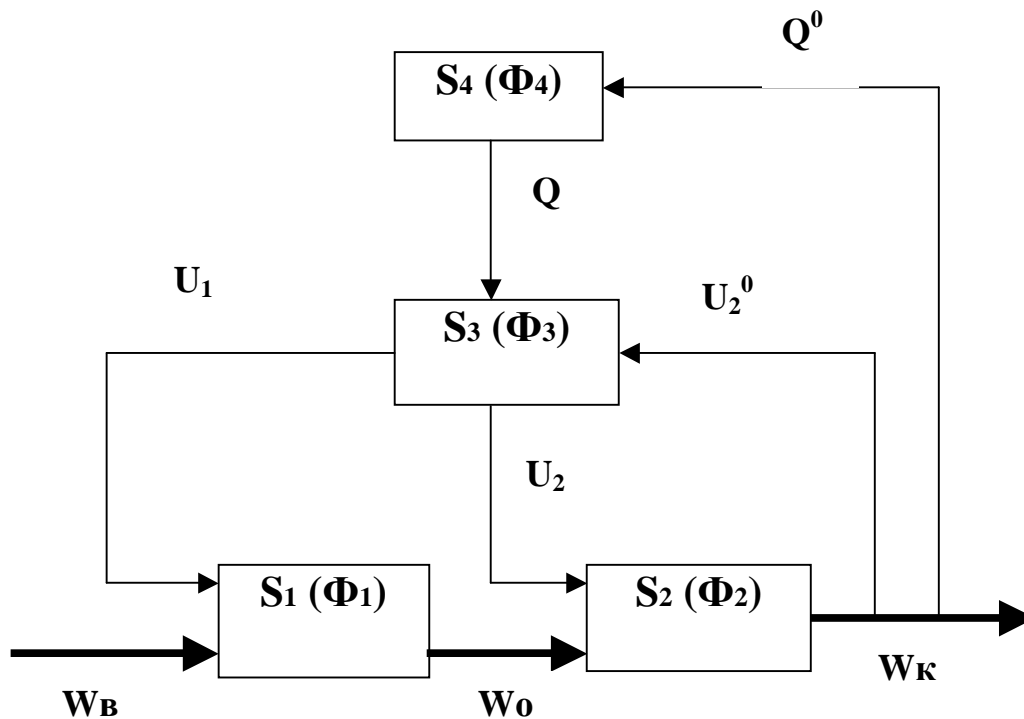


Рисунок 5.2 – Узагальнена функціональна структура джерел енергії, інформаційних приладів та систем

Закономірність функціональної будови споруд

ТО, призначені для огороження яких-небудь функціонально обумовлених об'єктів G від метеорологічних впливів та (або) підтримки їх у певному стані, складаються з трьох підсистем S_1, S_2, S_3 (рис. 5.3), які реалізують відповідно три функції:

Φ_1 – функція огороження – забезпечує захист функціонально обумовлених об’єктів G від метеорологічних впливів (вітру, опадів, різкої зміни температури, вологості, сонячної радіації);

Φ_2 – функція передачі зусиль – забезпечує сприйняття навантажень від функціонально зумовлених об’єктів G , які знаходяться всередині споруди (або підтримуються у визначеному положенні), дії зовнішніх сил (вітру, опадів, тиску води, сейсмічних прискорень), сили тяжіння підсистеми S_1, S_2 та передачу всіх цих зусиль на підсистему S_3 ;

Φ_3 – функція сприйняття зусиль – забезпечує передачу цих зусиль від споруди на ґрунт основи та стійке положення споруди.

Закономірність багатозначної відповідності між функцією та структурою

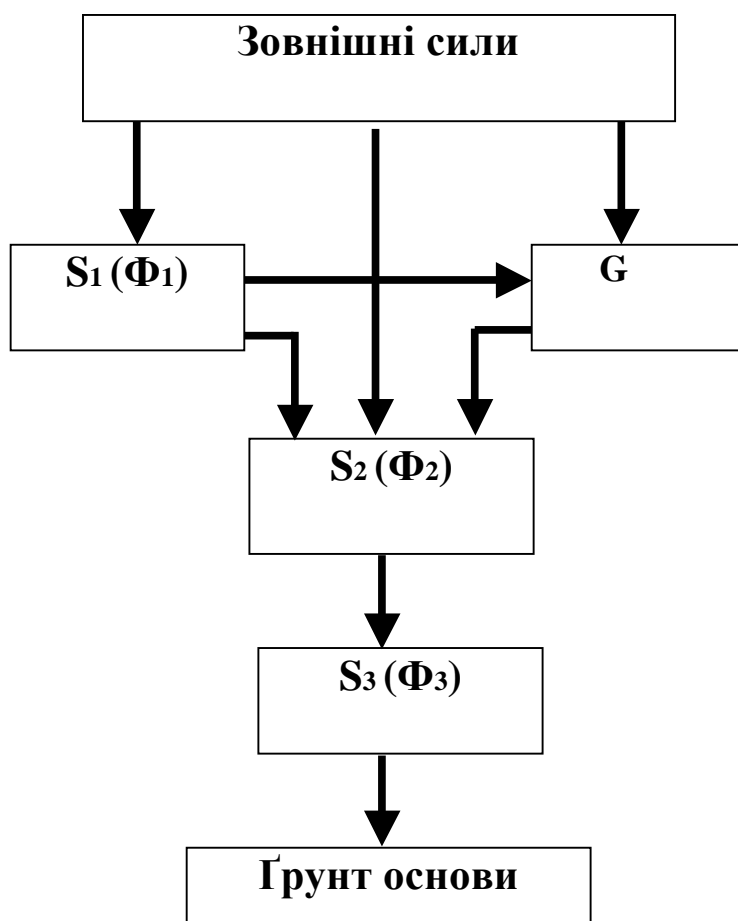


Рисунок 5.3 – Узагальнена функціональна структура споруд

Будь-яка функція та відповідно функціональна структура можуть мати багато структур (конструкцій), які реалізують цю функцію. Та, навпаки, в багатьох ТО та їх елементів можуть бути вибрані такі структури, котрі будуть виконувати більше однієї функції.

Найбільш високий клас задач інженерної творчості пов'язаний з пошуком нових, більш раціональних функціональних структур (ФС) технологічних комплексів, окремих машин та обладнання. В зв'язку з цим рекомендується на основі закону відповідності між функцією та структурою та його закономірностей проводити аналіз ФС машин або технологічних комплексів, які розроблюються, в цілях пошуку більш ефективних конструкторсько-технологічних рішень.

5.3 Закон стадійного розвитку техніки

Цей закон відображає революційні зміни, які відбуваються в процесі розвитку окремих класів ТО та техніки в цілому. Ці зміни пов'язані з передачею технічним засобам широко розповсюджених функцій, виконуваних людиною.

На інженерному рівні гіпотеза про закон формулюється таким чином.

ТО з функцією обробки матеріального предмету праці має 4 стадії розвитку, пов'язані з послідовною реалізацією за допомогою технічних засобів чотирьох фундаментальних функцій і послідовним виключенням з технологічного процесу відповідних функцій, виконуваних людиною:

- на першій стадії ТО реалізує тільки функцію обробки предмета праці (технологічна функція),

- на другій стадії ТО поряд з технологічною реалізує ще функцію забезпечення енергією процесу обробки предмета праці (енергетична функція),

- на третій стадії ТО реалізує ще функцію управління процесом обробки предмета праці,

- на четвертій стадії ТО реалізує також функцію планування для себе об'єму і якості продукції, яка буде одержана в результаті обробки предмета праці, при цьому людина повністю вилучається з технологічного процесу, окрім більш високих рівнів планування.

Перехід до кожної наступної стадії відбувається при вичерпанні природних можливостей людини в покращенні показників виконання відповідної фундаментальної функції в напрямку подальшого підвищення продуктивності праці та (або) якості виготовленої продукції, а також при наявності необхідного науково-технічного рівня та соціально економічної доцільності.

Практичне використання закону стадійного розвитку пов'язано з проведенням досліджень з його прив'язуванням до класу ТО, який цікавить, а також до функціонально близького класу ТО, які мають випереджаючі темпи розвитку. При виконанні цих досліджень даються відповіді на наступні питання:

На якій стадії розвитку знаходиться ТО або технологічний комплекс, який розглядається?

Чи обмежує можливості людини істотне покращення основних показників ТО?

Чи існують необхідні науково-технічні та технологічні можливості для переходу на наступну стадію?

Чи існує соціально-економічна доцільність переходу на наступну стадію?

На основі такого аналізу робиться висновок про доцільність переходу на наступну стадію та формується відповідне завдання на науково-дослідницькі та дослідно-конструкторські розробки.

5.4 Використання інших законів техніки

Для інженерної творчості цікавими являються і інші закони побудови і розвитку техніки.

Так, якщо йде розробка однорідного ряду ТО, які мають якісно однакову функцію та розрізняються значеннями головного функціонального параметра, то для швидкого визначення інших важливих конструктивних параметрів може бути використана гіпотеза про *закон кореляції параметрів однорідного ряду ТО*.

Представляють інтерес аналіз та оцінка ТО, що розробляється, з точки зору виконання в ньому *законів симетрії*. Якщо за умовами роботи ТО повинен мати який-небудь тип симетрії, то він повинен знайти відображення в конструкції, оскільки його порушення погіршує технічне рішення.

Дослідження за зв'язком закону *гомологічних рядів* ТО дозволяє, поперше, досить точно прогнозувати появу нових технічних рішень аналогічно з прогнозуванням відкриття нових хімічних елементів за допомогою періодичної таблиці Д.І.Менделєєва. Крім того, на основі законів гомологічних рядів ТО може бути розроблена ефективна модифікація методу морфологічного аналізу та синтезу. Достойності цієї модифікації складаються у значному полегшенні вибору у морфологічній таблиці нових поліпшених технічних рішень.

Створення піонерних винаходів часто буває викликано новими потребами, для реалізації яких Уперше створюються технічні засоби. У зв'язку з цим до найвищих рівнів інженерної творчості відноситься винахід або відкриття нових реальних потреб. Сьогодні поки що немає методів синтезу нових потреб. При розв'язуванні таких задач, а також при розробці відповідних методів безперечний інтерес представляє гіпотеза про *закон розширення множини потреб-функцій*.

5.5 Про роль краси в інженерній творчості

Словник української мови визначає красу як сукупність якостей, що доставляють насолоду погляду і слуху. У філософському словнику зазначено, що краса, або прекрасне в житті і мистецтві, завдає духовну радість та насолоду і має велику пізнавальну і виховну роль в суспільстві.

Існує три типи краси: краса навколишньої живої і неживої природи, краса виробів і інших об'єктів, створених людиною, і краса, створена мистецтвом. З цих трьох типів складається краса навколишнього середовища. Прагнення

знайти або створити красиве навколишнє середовище було однією з найбільш сильних споконвічних потреб людини.

У виникненні і становленні людства вирішальну роль відіграли два найважливіших рушійних фактори:

- праця для задоволення фізіологічних потреб і створення знарядь праці;
- пошук і створення краси навколишнього середовища, що виражалось в прикрашенні знарядь праці і житла, у виконанні і створенні музики і танців, а також ще багато в чому.

Якраз другий рушійний фактор забезпечив безперервний розвиток найважливішого джерела прогресу наших далеких предків – їх творчих здібностей. В період становлення людини технічна творчість була надзвичайною винятковістю, а художня і естетична діяльність була постійним рушійним фактором в прогресивному розвитку творчих здібностей.

За спроможністю відчувати красу людей можна умовно поділити на дві групи, які мають ніби два рівня її сприймання. Одні мають більш глибоке внутрішнє сприймання, яке добродійно впливає на людину і змінює його поведінку. Після загостреної зустрічі з прекрасним у людини підвищується активність і творча здібність.

Друга група характеризується більш поверхневим сприйманням краси і культури. Поверхнєве, або зовнішнє, сприймання на відміну від внутрішнього потребує набагато меншої праці, душевного хвилювання і переживання. Таке сприймання в основному пов'язане з механічним запам'ятовуванням об'єкта.

У відповідності з зовнішнім і внутрішнім сприйманням краси існує внутрішня естетична культура і зовнішня естетична культура. Остання характеризується тільки ерудицією, тобто знанням творів художників, композиторів, поетів, артистів і т.д.

Естетичне виховання, або естетичне наповнення людини, відбувається в основному через три канали. Перший канал – участь людини в створенні краси навколишнього середовища, коли вона виступає як творча особа і сама породжує красу в міру своїх здатностей і можливостей.

Другий канал – сприймання першою сигнальною системою, тобто своїми почуттями, оригіналів найбільш видатних предметів і явищ краси живої і неживої природи, виробів прикладного мистецтва, архітектурних споруд, скульптур, картин, гри акторів в театрі і т.д.

Третій канал – сприймання першою сигнальною системою копій найбільш видатних предметів і явищ краси. Це можуть бути репродукції і фотографії творів образотворчого мистецтва або видів природи, кіно, телепередачі, грамзаписи музики і т.д.

Між цими способами, або каналами естетичного сприймання, існують цікаві відношення.

По-перше, найбільш сильна виховна дія відбувається при безпосередньому створенні людиною краси навколишнього середовища. Другу за силою виховну дію створюють оригінали.

По-друге, якщо людина сама створює красу, то вона більш чітко і глибоко сприймає оригінали і копії.

У часи первісного суспільства, еллінізму, середньовіччя і до XVIII ст. праця була в більшості індивідуальною, творчою, високо естетичною, щоб товар мав більш високу вартість на ринку.

Розподіл праці привів до відриву у виробників функцій творення краси навколишнього середовища. Виникла і стала швидко поширюватись стандартизація. Але, по-перше, краса не може бути стандартною, їй завжди була притаманна індивідуальність. По-друге, стандартизація посилила відрив виробників від утворення краси.

Коли почалась інтенсивна механізація і автоматизація виробництва, масові зв'язки людей з природою почали швидко скорочуватись і сходити нанівець.

Широке розповсюдження засобів тиражування і передачі інформації про красу навколишнього середовища принесло два негативних наслідки.

По-перше, ці засоби забезпечили пасивне дозвілля людей, через що за різними причинами різко скоротилась їх участь в самодіяльному мистецтві, тобто значно зменшився найсильніший фактор естетичного виховання – через створення краси.

По-друге, взаємодія людей з оригіналами предметів і явищ краси в значній мірі замінювались взаємодією з їх копіями, тобто порушився другий за силою фактор естетичної взаємодії. Більш того, подальший розвиток техніки призвів до другої хвилі відриву людей від взаємодії з оригіналами і від створення краси. Не слід забувати про втрату ще однієї складової в красі навколишнього середовища, про масове сприймання людьми атеїстичних поглядів.

Італійський мислитель, архітектор і музикант XV ст., автор знаменитих 10 книг про зодчество Альберті сказав: “Краса є сувора розмірна гармонія всіх частин, об'єднаних тим, що ні зменшити ні змінити нічого не можна, не зробивши гірше. Велика це і божественна річ, здійснення якої потребує всіх сил мистецтва і обдарування, рідко коли навіть самій природі дано втілити в життя що-небудь зовсім закінчене і у всіх відношеннях досконале”.

Відомий австрійський біолог К.Лоренц висловив таку думку: “В деяких творіннях природи незбагненим чином поєднуються краса і функціональність, художня і технічна досконалість – таким є павутина павука, крило метелика, надзвичайно обтічне тіло дельфіна і рух кішки”.

Генеральний авіаконструктор О.К.Антонов так охарактеризував роль краси в техніці: “Найцікавіша частина нашої роботи – це... краса в техніці, частина зовсім невіддільна від нашої праці. Мені здається, що у нас в авіації це відчувається особливо виразно – тісний взаємозв'язок між високо технічною досконалістю і красою. Ми прекрасно знаємо, що красивий літак літає добре, а некрасивий погано, а то і взагалі не буде літати”.

Ці та інші визначення краси за відношенням до технічних об'єктів можна узагальнити у вигляді такого постулату: найбільш доцільні і функціонально досконалі вироби є найбільш красивими.

Головна задача всіх проектно-конструкторських організацій полягає якраз в створенні найбільш доцільних і функціонально досконалих, тобто найбільш красивих виробів. Створення найбільш доцільних досконалих технічних об'єктів – це математична задача оптимального проектування або задача пошуку глобального оптимального рішення в широкому значенні слова, коли пошук здійснюється на всій множині можливих в даний час функціональних структур, фізичних принципів дії і технічних рішень, включаючи визначення їх оптимальних параметрів.

Для успішного рішення таких широко поставлених задач оптимального проектування необхідно мати, по-перше, раціональну стратегію пошуку, яка гарантує знаходження глобально оптимального рішення, по-друге, спосіб оцінки ступеня досконалості.

Краса будь-якого виробу складається із внутрішньої, або функціональної, і краси додаткової, декоративної.

Функціональна краса обумовлена, в першу чергу, законами фізики і створюється на основі глибокого знання або відчуття фізичної суті роботи ТО і його взаємодії з навколишнім середовищем. Ці закони краще знає і відчуває інженер, і тут йому повинно належати останнє слово.

Декоративна краса заснована на законах психологічного впливу деяких образів на оточення. Ці закони краще знає дизайнер. Функціональна і декоративна краса повинні гармонійно доповнювати одна одну.

Хотілось би особливо порекомендувати студентам багатостороннє захоплення мистецтвом, складання і виконання музики і танців, віршів і інших літературних творів і тому подібне.

6 СТРУКТУРА І ФУНКЦІЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. МЕТОДИ ІНЖЕНЕРНОЇ ТВОРЧОСТІ

6.1 Структура розвинутої інженерної діяльності

Якщо промислова революція ХІХ ст. перетворила продуктивні сили в першу чергу за рахунок технічного елемента (застосування системи машин), то науково-технічна революція змінює одночасно всі компоненти продуктивних сил. Більш того, наука сама стає одним з цих компонентів.

Перетворення науки в безпосередню виробничу силу здійснюється через технічні науки, які конструюють різноманітні технологічні процеси у вигляді ідеального образу, теоретичної моделі, співвідносячи на теоретичному рівні природні закономірності, відкриті природознавством, з технічними потребами виробництва, технічні науки. У задачу технічних наук входить також визначення внутрішньої логіки побудови і функціонування різних видів техніки. Інженерна творчість, та і виробництво в цілому, завдяки науково-технічним дослідженням такого роду, одержує чіткі орієнтири, розвивається цілеспрямовано.

За своєю природою інженерна діяльність відноситься до розумової праці, яка представляє собою переважно ідеально-плануючу діяльність людини, теоретичне застосування дійсності. Своєрідним засобом розумової праці служить свідомість людини, яка оперує такими ідеальними “інструментами”, як різноманітні поняття, міркування, висновки. Технічними способами здійснення розумової праці є аналіз, синтез, індукція, дедукція, ідеалізація, формалізація, моделювання і інші прийоми пізнавальної діяльності.

Продукти розумової праці – це не самі матеріальні речі, а їх образи, ідеальні моделі, ідеї, науково-технічні гіпотези, теорії, принципи, тобто духовні цінності людської культури.

Інженерна діяльність – праця складна, насичена творчими елементами. Предметом праці для інженерів виступає головним чином техніка. Інженерна діяльність є професійно-визначним технічним видом розумової праці. Це відносно самостійний особливий вид висококваліфікованої, складної праці, направленої головним чином на створення і перетворення за допомогою спеціальних методів і засобів технічних і технологічних систем і процесів на основі досягнень науки.

Суспільне значення і соціальна роль інженерної праці полягає в постійному розвитку способів виробництва і удосконаленні світу техніки. Створюючи і впроваджуючи в широких масштабах технічні новинки, інженери активно діють на працю, виробництво, на все суспільне життя.

В умовах НТП інженерна діяльність змикається з науково-дослідною. Технічні науки передбачають як результат розробку базових принципів, загальних рішень, універсальних технічних елементів.

Задачі інженера носять практичний характер. Його обов'язок - створити конкретний технічний об'єкт, використовуючи наукові досягнення, і представити його в вигляді креслень, схем, розрахунків, описів.

Структура інженерної діяльності розглядається як численність функцій, характерна особливість сполучення яких і визначає профіль тієї чи іншої спеціальності.

У реальному житті функції робітників різних соціально-професійних груп можуть переплітатись.

Головною зовнішньою функцією інженерної праці є розвиток технічного базису суспільства. До неї приєднується науково-технічна, економічна, управлінська, виховна, гуманістична функції.

Внутрішню структуру інженерної діяльності можна представити як сукупність послідовних, функціонально визначених дій, які забезпечують:

- 1) перехід від загальних теоретичних і емпіричних знань про техніку до конкретного рішення технічної проблеми;
- 2) технічне керівництво створенням і функціонуванням технічного об'єкта.

Інженер використовує матеріальні і духовні засоби праці. Матеріальні засоби в сукупності складають інженерну техніку (ЕОМ, оргтехніка, вимірювальні прилади, випробувальна апаратура, стенди і т.п.).

До духовних засобів відносяться наукові знання і методи – результати наукової діяльності, якими інженер користується у вигляді формул, методик розрахунків, які містяться в довідниках, технічних і технологічних інструкціях. Найбільш специфічними засобами інженерної праці виступають соціально-технічні норми (стандарти, ТУ, галузеві нормативи, правила ТБ і інше.). До засобів інженерної праці відноситься також інформація про стан матеріально-технічного базису суспільства, яка документується в вигляді каталогів, переліків номенклатури виробів і т.п.

Внутрішні (технологічні) функції інженерної діяльності:

- 1 Функція аналізу і технічного прогнозування . Її виконання пов'язане із з'ясуванням технічних протиріч і потреб виробництва. Тут визначаються тенденції і перспективи технічного розвитку, курс технологічної політики і намічаються основні параметри інженерної задачі. Здійснюють функцію керівники, ведучі спеціалісти, вчені або науково-технічна рада.
- 2 Дослідницька функція полягає в пошуку принципової схеми технічного пристрою або технологічного процесу.
- 3 Конструкторська функція доповнює і розвиває дослідницьку, а деколи і зливається з нею. Інженер-конструктор бере за основу загальний принцип роботи приладу, створюючи технічний, а потім і робочий проект.
- 4 Функція проектування – рідна сестра двох попередніх функцій. Специфіка її змісту полягає, по-перше, в тому, що інженер – проектувальник конструює не окремі пристрої чи прилади, а цілу технічну систему, використовуючи при цьому як “деталі” створені конструкторами агрегати і механізми; по-друге, при розробці проекту часто доводиться враховувати не тільки технічні, але й соціальні, економічні і інші параметри об'єкту, тобто виходити за межі тільки інженерних проблем. Технічна ідея набуває свою остаточну форму у вигляді креслень робочого проекту.
- 5 Технологічна функція пов'язана з виконанням другої частини інженерної задачі : виготовлення того, що винайдено. Інженер-технолог повинен з'єднати технічні процеси з трудовими і зробити це таким чином, щоб в результаті взаємодії людей і техніки затрати часу і матеріалів були мінімальними, а технічна система працювала продуктивно.
- 6 Функція регулювання виробництва, яку покликані виконувати інженери-виробничники, полягає в тому, щоб спрямувати зусилля робітника на виготовлення розробленого конструкторами і технологами, на місці організувати працівників на вирішення конкретної технічної задачі.
- 7 Функція експлуатації і ремонту обладнання – це функція інженера-експлуатаційника, яка полягає в налагодженні і технічному обслуговуванні машин, автоматів, технічних ліній, в контролі за режимами їх роботи.
- 8 Функція системного проектування, суть якої в тому, щоб всьому циклу інженерних дій придати єдину направленість, комплексний характер. Інженер-системотехнік повинен давати експертні оцінки в процесі ство-

рення складних технічних і особливо “людино-машинних” систем, де необхідний їх постійний діагностичний аналіз, спрямований на розкриття резервних і вузьких місць, вироблення рішень з метою видалення виявлених недоліків.

6.2 Винахідництво

На основі наукових знань і технічних досягнень у винахідницькій діяльності створюються нові принципи дії, способи реалізації цих принципів, конструкції інженерних об’єктів або їх окремих компонентів. Результатом цієї діяльності являються винаходи, які закріплюються в вигляді патентів, авторських свідоцтв і т.д. Вони відзначаються новизною, доцільністю, корисністю, здійсненністю і мають, як правило, широке середовище застосування, яке виходить за межі одиничного акту інженерної діяльності і використовуються як початковий матеріал при конструюванні і виготовленні багатьох інженерних об’єктів.

Патенти на винахід юридично закріплюють права користування новими розробками в сфері промисловості .

Закони про патенти з’явилися спочатку в Англії (1623р.), а потім у Франції (1791р.). Видача патенту узаконювала винахід як форму власності, коли нові технічні дії стають товаром і приносять немалий прибуток. Закон надавав винахіднику користування тимчасовими привілеями на п’ять, десять або п’ятнадцять років і давав йому право засновувати власні заклади, переслідувати осіб, які займались підробкою. Після закінчення терміну патенту способи виробництва публікувались і винахід переходив в загальне володіння. Тому закон вимагав повного і вірного опису винаходу під загрозою позбавлення прав і привілей.

З цього періоду розвиток патентного захисту іде поруч із зростанням промисловості, а кількість зроблених винаходів свідчить про інтенсивність технічного прогресу.

Винахідництво для багатьох інженерів-практиків було основною і навіть єдиною виконуваною ними інженерною діяльністю. Надалі, з розвитком технічних наук, винахід став ґрунтуватися на ретельних наукових і інженерних дослідженнях.

Особливо чітко необхідність наукових досліджень, які супроводять будь-які серйозні винаходи, видно тепер, коли вони часто є результатом роботи цілого колективу інженерів-дослідників або навіть дослідної лабораторії.

6.3 Методи інженерної творчості

Відома досить велика кількість методів інженерної творчості, які умовно можна розділити на дві групи:

- 1) евристичні методи технічної творчості, які базуються на використанні досить чітко описаних методик і правил пошуку нових технічних рішень, що почали розроблятися ще в стародавні часи (Сократ, Ар-

- хімед) і налічують сьогодні більше 100 евристичних методів, методик, підходів і їх модифікацій;
- 2) комп'ютерні методи пошукового конструювання, що базуються на використанні ЕОМ в розв'язанні творчих інженерних задач.

На відміну від чітко визначених інженерних задач (наприклад, обчислення об'єму тіла складної форми, розрахунок вала на міцність визначення параметрів редуктора, вибір технологічного обладнання та т. і.) розв'язання творчої інженерної задачі потребує перш за все постановки задачі, а потім уже застосування певних методів її рішення.

6.3.1 Постановка і аналіз задачі

Постановка задачі - нелегка справа. Однак потрібно завжди пам'ятати, що правильна постановка творчої інженерної задачі – це половина її рішення. Вона часто пов'язана з відокремленням багатьох безперспективних напрямів пошуку. Нерідкі випадки коли рішення задач знаходять в процесі її постановки. Тому не слід економити час на аналіз і постановку задачі.

В процесі постановки задачі послідовно виконують такі операції:

- 1) опис проблемної ситуації, де проводять саме попереднє коротке формулювання задачі;
- 2) опис функції (призначення) ТО, який містить чітку і коротку характеристику технічного засобу, за допомогою якого можна задовольнити виниклу потребу;
- 3) вибір прототипу і складання списку основних вимог до нього, коли вказується початковий прототип, який потребує удосконалення, та ще 1-2 додаткових прототипи;
- 4) складання списку недоліків прототипу, який необхідно упорядкувати за ступінню важливості їх видалення і виділити найважливіші недоліки, видалення яких вважається головною метою розв'язання задачі;
- 5) попереднє формулювання задачі;
- 6) аналіз функцій прототипу і побудови поліпшеної конструктивної функціональної структури;
- 7) аналіз функцій вище розміщеної за ієрархією системи;
- 8) виявлення причин виникнення недоліків;
- 9) виявлення і аналіз протиріч розвитку;
- 10) уточнення списку прототипів і формування ідеального технічного рішення;
- 11) поліпшення інших показників ТО;
- 12) уточнена постановка задачі.

6.3.2 Методи мозкової атаки

Методи мозкового штурму, або мозкової атаки (МА), засновуються на такому психологічному ефекті. Якщо взяти групу з 5-8 чоловік і кожному запропонувати незалежно і індивідуально виказувати ідеї і пропозиції з рішення поставленої винахідницької і раціоналізаторської задачі, то в результаті можна

одержати N ідей. Якщо запропонувати цій групі колективно виказати ідеї з цієї ж задачі, то буде одержано N_k ідей, що значно більше N .

Звичайно за 15-30 хвилин колективно пропонується (при виконанні правил МА) від 50 до 150 різних ідей, А при індивідуальній роботі – тільки 10-20 ідей.

Мозкову атаку доцільно використовувати:

при розв'язанні винахідницьких та раціоналізаторських задач в різних галузях техніки;

при самих різних постановках задачі (за формою, діяльністю та глибиною опрацювання);

на різних етапах розв'язання творчої задачі і на різних стадіях розробки і проектування виробів;

в поєднанні з іншими евристичними методами.

Дивовижна універсальність методів МА дозволяє за їх допомогою розглядати майже будь-яку проблему або будь – які труднощі в сфері людської діяльності. Це можуть бути також задачі із галузі організації виробництва, сфери обслуговування, бізнесу, економіки, соціології, карного розшуку, військових операцій і т.д., якщо вони достатньо просто і ясно сформульовані.

6.3.3 Метод евристичних прийомів

Способи або правила рішень творчих інженерних задач (ТІЗ) називають евристичними прийомами (ЕП), в яких міститься короткий припис або розпорядження, як перетворити існуючий прототип, або в якому напрямі треба вести пошуки, щоб одержати пошукові рішення. ЕП звичайно не містять прямої однозначної вказівки, як перетворити прототип. Якщо ЕП має відношення до розглядуваної ТІЗ, то він містить “підказування”, яке полегшує одержання пошукового рішення, однак не гарантує його знаходження.

Метод евристичних прийомів базується на міжгалузевому фонді ЕП. Цей фонд має універсальний характер, тобто орієнтований на самі різні галузі техніки, і містить описування 180 окремих ЕП, які поділені на такі 12 груп:

- перетворення форми; перетворення структури;
- перетворення в просторі; перетворення в часі;
- перетворення руху і сили;
- перетворення матеріалу і речовини;
- прийоми диференціації;
- кількісні зміни;
- використання профілактичних засобів;
- використання резервів;
- перетворення за аналогією;
- підвищення технологічності.

Багато ЕП можуть бути успішно використані в найрізноманітніших галузях техніки. Вони з часом морально не старіють і стають корисними для інших винахідників. Якраз на цих властивостях засновується метод евристичних прийомів, який інтегрує в методично доступній формі досвід багатьох винахідників.

6.3.4 Морфологічний аналіз і синтез технічних рішень

Метод морфологічного аналізу і синтезу був розроблений в 30-ті роки ХХ ст. швейцарським астрономом Ф. Цвіккі для конструювання астрономічних приладів.

Морфологічний метод базується на комбінаториці. Суть його полягає в тому, що у виробі або об'єкті, яким цікавляться, виділяють групу основних конструктивних або інших ознак. Для кожної ознаки вибирають альтернативні варіанти, тобто можливі варіанти його виконання або реалізації. Комбінуючи їх між собою, можна одержати багато різних рішень, в тому числі і таких, які представляють практичний інтерес.

При застосування цього методу складаються морфологічні таблиці, заповнені можливими альтернативними варіантами і із всієї множини одержуваних комбінацій вибираються найбільш підходящі і найкращі рішення.

Морфологічні методи знайшли широке розповсюдження. Ф. Цвіккі розробив декілька модифікацій свого методу. Найбільш розповсюджена модифікація методу Цвіккі, основана на функціональному підході, коли за признаки беруться функції елементів (вузлів, деталей) розглядуваного ТО, а за альтернативні варіанти – різні способи реалізації кожної функції.

7 СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ СКЛАД ТВОРЧОГО ІНЖЕНЕРА. МАЙБУТНЄ ІНЖЕНЕРНОЇ ПРОФЕСІЇ

7.1 Мотивація інженерної творчості

Рушійною силою розвитку особистості є система потреб. Ця система і формується і реалізується в діяльності, перш за все трудовій. Труд – сфера життя людини, де вона або безпосередньо задовольняє частину своїх потреб (в самому труді, в самореалізації, творчості і т.п.), або створює засоби для удосконалення інших потреб.

Система цінностей формується самою людиною, але нею можна керувати, підвищуючи або знижуючи значення тієї або іншої цінності за допомогою системи цілеспрямованих заходів. Таким способом коректування цінностей і мотивів людської діяльності зовні виступає стимулювання. Ефективність стимулів, які застосовуються, залежить від того, чи знаходять вони відгук в душі, а точніше, в системі потреб, мотивів і цінностей людини. Тому в практичних цілях важливо знати, якими мотивами керується інженер в своїй професійній діяльності, які цінності для нього значущі, і як на них можна впливати, щоб направити його активність в русло інженерної творчості.

Найбільш розповсюдженими являються такі три типи професійної мотивації інженерів.

1 Домінантний тип професійної мотивації. У даному типі мотивації головними виступають показники, які демонструють стійку цікавість інженера до технічних наук, захоплення технікою і конструюванням, прагненням до науково-дослідної роботи. Звідси – активність спеціалістів, спрямована “на справу”,

а не на систему взаємовідносин. Поведінкова структура доміантного типу досить стабільна, відзначається високим рівнем претензій і, одночасно, відповідальним відношенням до дорученої справи.

2 Ситуативний тип професійної мотивації. Для нього характерний пріоритетний вплив життєвих обставин, які не завжди узгоджуються з мотивами і ціннісними орієнтаціями особи. Вибір професії інженера у спеціалістів, які відносяться до даного типу, був в свій час пов'язаний з так званою зовнішньою мотивацією. Це випадкові обставини життя, матеріальні міркування, вплив місця проживання і т.п. У результаті, як правило, – незадоволення такого інженера професією, становищем в трудовому колективі. У виробничій діяльності спеціаліста з ситуативною професійною мотивацією основне місце займають виконавчі функції. Орієнтація на переважно нетворчу роботу доповнюється орієнтацією на цінність взаємовідносин з “потрібними” людьми.

3 Конформістський тип професійної мотивації. У інженера, який відноситься до цього типу, ясно виражене неузгодження між ціннісними орієнтаціями і реальною поведінкою, для нього характерний значний вплив на вибір професії найближчого соціального оточення. Творча активність особи конформістського типу не піддається прогнозуванню. Такий тип мотивації найчастіше проявляється у емоційних людей, соціально-психологічні установки яких рухомі, мають тенденцію до змін.

Дуже показові дані приводить в своїй книзі “Мати або бути ?” Еріх Фромм. У результаті інтерв'ювання 2,5 тисяч співпрацівників двох успішно працюючих американських компаній встановлено, що мотивація трудової діяльності менеджерів, інженерів і службовців характеризується такою шкалою:

- глибокий інтерес до роботи, наукова зацікавленість – 0%;
- діловитість без глибокої зацікавленості до роботи – 22%;
- нестійка ділова зацікавленість до роботи – 58%;
- суцього утилітарний характер – 18%;
- пасивність, непродуктивність – 2%;
- відмова від роботи, замкнутість – 0%.

Загальні характеристики творчого типу мотивації містяться в результатах дослідження, проведеного серед інженерів-новаторів.

Основною причиною, яка спонукала їх зайнятися технічною творчістю, більшість учасників опитування визнають “особисте прагнення та ініціативу” (так відповіли 78,3% усіх опитаних інженерів).

Домінуючу позицію в мотиваційній структурі особистості творчого інженера займають також соціально значимі мотиви. Для 67,3% загальної кількості опитаних вирішальним моментом для включення в новаторську діяльність стали “поінформованість про кінцеві цілі технічного завдання, почуття відповідальності за розроблювану ідею”.

Суттєвий вплив на зростання професійної творчості представників інженерної спеціальності чинить і характер відносин в виробничому мікросередовищі.

Матеріальне і моральне стимулювання також є досить значним фактором в розвитку творчого потенціалу інженерних працівників.

Зауважимо, що найбільш ефективним слід признати сполучення обох видів стимулювання.

Неабияку роль в процесі включення інженера в технічну творчість відіграє можливість спілкуватися з “собі подібними”. За підрахунками спеціалістів творчий інженер повинен “витрачати” на спілкування з колегами 8-15 годин на тиждень.

Обговорення професійних тем з досвідченими інженерами – важливий стимулятор творчої активності.

Таким чином, найсильніші з мотивів, які спонукають до інженерно-технічної творчості, – це внутрішні мотиви особи. Що ж стосується зовнішніх мотивованих факторів, то до них відносяться інтенсифікація придбання професійно-творчого досвіду за рахунок спеціального навчання технічній творчості, забезпечення найновішою інформацією про досягнення технічних наук, орієнтація колективу на складне пошукове проектування, підвищення складності і значимості розв’язаних задач, а також удосконалення соціальних і економічних стимулів творчої активності інженера.

Характер внутрішньої мотивації тісно пов’язаний з задоволеністю працею. Найбільш важливими цінностями виробничої діяльності для творчих інженерів є (в порядку значущості):

- досягнення високого рівня професійної майстерності (ведуча цінність для 66% опитаних);
- матеріальна забезпеченість, яка досягається за рахунок успіхів в праці (важлива для 54,5%);
- можливість усувати конструктивні і технологічні недоліки на доручених ділянках роботи (відмітили 52,3%)
- повага, визнання в колективі (51,1%);
- робота, яка потребує нових оригінальних інженерних рішень (важлива для 45,5%);
- можливість передавати свій інженерно-творчий досвід, навчати молодь (складає цінність для 38,4%).

Найбільш важливими для себе факторами винахідники вважають ті, які пов’язані з можливістю реалізувати і розвинути інженерний хист, також з матеріальним забезпеченням і авторитетним становищем в колективі.

У числі найменш цінних – робота, яка потребує в основному стандартних рішень і прийомів.

Низький рівень задоволеності відмічається з питань заробітку, оволодіння технологією технічної творчості, перспектив службового просування.

Ділові якості розвиваються до максимуму на протязі перших 6-10 років, а потім починають спадати.

7.2 Ділові якості інженера

Кожний вид професійної діяльності висуває людині свої вимоги. Інженер-конструктор повинен:

- 1 Знати стан і перспективи розвитку техніки і технології в своїй галузі в суміжних галузях.
- 2 Володіти сучасними методами оцінки праці, навичками інженера, сучасними методами проектування.
- 3 Мати ясну уяву про предмет наукової методології, задачі даної галузі, методи прогнозування і розвитку техніки.
- 4 Бути знайомим з основами організації виробництва, праці і управління, з економікою галузі.
- 5 Вміти розбиратися в питаннях охорони праці і техніки безпеки, управляти оргтехнікою і вимірювальною технікою.

Ленінградські соціологи під керівництвом В.А. Ядова, дослідивши 1100 інженерів, працюючих в проектно-конструкторських організаціях, виділили в результаті аналізу зібраних даних три комплекси систем ділових якостей, необхідних спеціалісту в галузі інженерії.

Перший з них – творчий комплекс – включає самостійність, творчий підхід до справи, ініціативність, інтелектуальні здібності, досвід і знання.

Другий комплекс – виконавський – створюється з таких ділових якостей як старанність, акуратність, посидючість, сумлінність, працьовитість.

Третій комплекс, означений як комплекс відповідальності-організованості, складається із якостей, в однаковій мірі необхідних як для творчої, так і для продуктивної роботи. Сюди відносяться оперативність, наполегливість, працездатність, відповідальність, організованість.

Відповідно до класифікації інженерів за діловими якостями, складеної за результатами ленінградського дослідження, характерними професійними типами є такі:

а) творчо спрямований “інженер за покликанням”, у якого високо розвинутий комплекс творчих якостей, але декілька нижчі виконавчі показники. Інженер такого типу схильний до самопрограмування діяльності і вороже відноситься до втручання в його справи;

б) ретельний і сумлінний інженер, орієнтований головним чином на комплекс виконавчих якостей, який не відрізняється ініціативою і самостійністю;

в) самовпевнена, задоволена собою людина. Її ділові якості за всіма комплексами розвинуті однаково, причому однаково посередньо. Це не заважає йому бути сповна задоволеним собою і своїми професійними успіхами;

г) відчужений від професії “інженер мимоволі”, в якого низький рівень ділових якостей спостерігається за всіма комплексами.

Говорячи про інженерну обдарованість, не можна не згадати про найбільш загальні, інтегровані її ознаки. Вони притаманні не якомусь окремому системокомплексу, а всій метасистемі ділових якостей інженера.

Творчий потенціал характеризує інженерну обдарованість з точки зору її динаміки, перспектив її розвитку. Інженеру необхідно завжди бути настроєним

на “випереджаючу хвилю”, підтримувати в собі стан творчого напруження, інакше він ризикує швидко відстати від потреб професії. Фокусуючи в собі тенденції розвитку науки і техніки, суспільного виробництва і технологій, інженер мимохідь удосконалює свої професійні обдарування.

Інженерне мислення, як і творчий потенціал, не зводиться до якого-небудь одного рівня метасистеми ділових якостей спеціаліста. Це вид пізнавальної діяльності, спрямований на вивчення і засвоєння закономірностей техніки і технології. Головним в інженерному мисленні – рішення конкретних висунутих виробництвом задач, причому рішення, яке дає найбільш економічний, ефективний, якісний і, додамо, витончений результат.

Основні етапи інженерного мислення – осягання соціальних потреб в нових технічних засобах і технології виробництва; засвоєння культурних цінностей, інженерного досвіду, природонаукових і технічних знань; формування інженерної задачі і її рішення; проектування, забезпечення функціонування технічних засобів. Сутність інженерного мислення, отже, міститься в ідеальному перетворенні світу техніки, тобто, створенні за допомогою ідеальних засобів нових технічних рішень.

7.3 Бюрократичні перепони на шляху інженерної творчості

Про серйозність організаційно-бюрократичних перепон на шляху прогресу техніки і науки, інженерної творчості в самому широкому розумінні свідчить про “інтернаціональність” цього явища. Так, американський дослідник Д.Аллісон стверджує, що в будь-якій великій організації сильні приховані мотиви, які гальмують впровадження технічних новин. Як ілюстрацію своєї думки він проводить приклад заміни якого-небудь природного матеріалу синтетичним. Така заміна погрожує зруйнувати всю соціальну ієрархію корпорації. Перш за все, існуюча технологія стане застарілою. Конструктори, які накопили свій досвід за десятиріччя, побачать, що він зовсім не може бути застосований в нових умовах. Виробничі потужності, які значно зросли, потребують докорінної ломки методів збуту. Самого президента корпорації, самовпевненість якого до цього базувалась на відмінному знанні технологічних тонкостей, нововведення відсуває на незнайомий хиткий ґрунт. Як же він буде тепер керувати фірмою? Адже йому тепер погрожує повна залежність від людей, які “проштовхнуть” нововведення. Він стоїть перед загрозою втрати довіри до себе і інших. Щоб врятуватись від всіх цих нападів, будь-які засоби гарні. І їх використовують без вагань. Відзначимо, що набір засобів, якими користується бюрократія в боротьбі з технічним прогресом і його творцями, досить універсальний. Порівняємо зразки “консервативних стратегій”, які змалював Д.Аллісон, з прикладами з практики наших інженерів і винахідників.

Стратегія перша. Ідею відкидають, її прихильників “вибивають” із фірми або знижують на посаді, на подальше обговорення накладають табу.

Стратегія друга. Експерименти продовжувати дозволяють, але експериментаторів відділяють від основної фірми, всі контакти з ними, абсолютно необхідні для реального впровадження, поривають, так що вони опиняються

ніби-то в вакуумі. Правда, в такому мініатюрному об'ємі нововведення схожі на бомбу уповільненої дії. Щоб вона не вибухнула, керівництво старанно слідкує за розвитком подій і не дає “бомбі” дійти до критичної маси.

Стратегія третя. Радикальність нововведень зменшують, зводять їх до незначних удосконалень. Нововведення впроваджують, наприклад, частково або тільки в одному із філіалів, не допускаючи розповсюдження “зарази” на всю фірму.

Стратегія четверта. Винахідників намагаються “вимотати”, затаючи розгляд ідей, переходячи від їх схвалення до відкидання і навпаки.

Негативні реакції на нововведення, підкреслює Д.Аллан, не обов'язково плід усвідомленого лицемірства або обману. Це не інерція, а наслідок консервативного динамізму, який подібний інстинкту самозбереження і абсолютно необхідний для благополуччя як біологічних організмів, так і промислових корпорацій. Тому безглуздо сподіватися, що вони коли-небудь відмовляться від негативних стратегій.

7.4 Джерела нерационального використання творчих можливостей інженера

По-перше, це використання інженерних кадрів не за призначенням.

Друга істотна причина – низький рівень організації більшості видів інженерної праці.

Третя причина міститься в недостатній оснащеності робочих місць, поганому забезпеченні оргтехнікою.

Сукупний вплив всіх цих негативних моментів створює досить несприятливі умови для творчої самореалізації інженерів, що і відбивається в їх самосвідомості у вигляді відчуття незадоволення можливостями для професійної творчості.

7.5 Зустріч з людиною “із завтра”. Погляд в майбутнє

Стрімкий рух сучасної науки і техніки нагадує розгін літака: попереду – ще стрімкіший політ. Інженерна діяльність є тим необхідним двигуном, який, споживаючи енергію наукових ідей, розвиває необхідну для зльоту науково-технічного прогресу потужність.

Спробуємо хоч приблизно спрогнозувати подальший розвиток інженерної діяльності, означити професійні риси майбутнього інженера.

Предметом професійної турботи інженерних працівників і сьогодні, і завтра, і у порівняно віддаленому майбутньому є техніка і технологія. Однак техніка і технологія майбутнього не будуть схожими на ті машини, механізми, виробничі цикли, які діють сьогодні. Створити нові покоління техніки, яка б набагато перевищувала попередню з одного або декількох параметрів, інженер

майбутнього зможе лише за умови грамотного, ціле направленого застосування всього арсеналу науково-технічних знань.

Прогнозована у ХХ столітті модель розвитку цивілізованих країн від суспільства індустріального до суспільства інформаційного не виключає підвищення в ХХІ столітті ролі промислового розвитку і подальшого прогресу в машинобудуванні. Саме промисловість, машинобудування покликані створювати нові можливості для розвитку матеріальної бази інформаційних технологій, які, у свою чергу, сприятимуть подальшому вдосконаленню перших. Поява потужних швидкодіючих комп'ютерів дала змогу сучасним виробничим технологіям виходити на якісно вищі рівні. Наближається прихід нових поколінь комп'ютерів – оптичних, на базі ДНК, молекулярних. Квантових. Майбутнє машинобудування бачиться як міцний сплав новітніх виробничих технологій із найпередовішими комп'ютерними технологіями.

В машинобудуванні центральним напрямком перспективного розвитку стане перехід від випуску розрізненого обладнання до розробки, виробництва і повсюдного застосування комплексних систем верстатів і машин. Іце дозволить автоматично, без участі людини, здійснювати повний виробничий цикл обробки деталей – від надходження сировини до відвантаження готової продукції.

Якщо на початку 60-х років минулого століття набули поширення поточні автоматизовані лінії, які мали високу продуктивність, але обмежену номенклатуру виробів, то через десятиріччя їм на зміну прийшли гнучкі виробничі системи з високою продуктивністю, розширеною номенклатурою, проте недостатньою конкурентоспроможністю. У середині 90-х років заявили про себе системи, які можна швидко переналагоджувати, перебудовувати. Вони характеризуються високою продуктивністю, відсутністю обмежень щодо номенклатури виробів і здатністю конкурувати на ринку. Саме останній із перелічених типів, що базується на гнучкому використанні блокових елементів устаткування, набуде найбільшого поширення на початку ХХІ століття.

При розробці техніки для машинобудування, зокрема верстатів, перспективним є створення “інтелектуальних” машин, виробничих систем, здатних самостійно пристосовуватися до змін умов, обирати оптимальні режими функціонування. Водночас запропоновано нову стратегію: замість конструювання машин, спроможних виконувати будь-яку роботу людських рук, слід створювати машини для виконання трудових операцій, які людина вручну виконувати не може або не хоче. Інтенсивно конструюють верстати із так званою паралельною кінематикою, що дає змогу відмовитись від великих зусиль різання, від масивних вузлів, потужних приводів при створенні обробного устаткування. Застосовують головні базові механізми, в яких компактна робоча голівка (шпиндель) із допомогою кількох телескопічних пересувних стійок забезпечує

швидкісній кулеподібній фрезі шість ступенів свободи при обробці деталей найскладніших форм. Головна перевага нового устаткування в тому, що параметри процесу обробки можуть постійно уточнюватись, керуючий алгоритм здатний адаптуватись до зміни умов.

Серед різноманітних методів підвищення надійності й довговічності деталей та інструменту лідирують поверхневі зміцнювальні технології: хіміко-термічна обробка, поверхневе пластичне деформування, зміцнення струменем плазми, зносостійкі покриття, комбінація цих впливів. Зокрема, в інструментальній промисловості зростає роль зносостійких покриттів на робочих поверхнях різального інструменту. Великий ефект при малих витратах дає поверхневе зміцнення деталей, різців, фрез, штампів, пресформ лазерним опромінюванням: зносостійкість підвищується в 3-6 разів. Добрі результати для зміцнення поверхонь великих прокатних валків, габаритних деталей дає застосування струменів плазми.

Перспективним в технології виготовлення деталей є синтез тривимірних об'єктів, тобто пошарове нарощування деталі аж до досягнення належних параметрів. Особливу роль у реалізації методів синтезу тривимірних об'єктів відіграє лазерне випромінювання. Серйозні успіхи, досягнуті в галузі лазерного наплавлення металевих композицій дозволили реалізувати технологію вирощування тривимірних металевих об'єктів.

Створення в останні роки ХХ століття нових оптичних квантових генераторів з високим ККД викликало справжній бум у світі лазерних технологій, призвело до появи нових застосувань лазерного випромінювання. Випромінювання нових лазерів можна легко передавати на значні відстані, подавати у важкодоступні місця за допомогою оптичних волоконних світловодів.

Особливі перспективи лазерна технологія має в автомобілебудуванні, де завдяки високопродуктивним процесам лазерного розкрюювання і лазерного зварювання з'явилась можливість використання листового алюмінію та його сплавів при виготовленні кузовів автомобілів.

Електрохімічна обробка посідає міцні позиції в аерокосмічному комплексі при виготовленні складно профільних деталей із жароміцних сплавів, які важко обробляються механічно. Заслужене визнання здобула й електророзрядна обробка. Становить неабиякий інтерес біологічна обробка: для над локального видалення певних ділянок заготовки використовуються особливі види бактерій, які здатні "з'їдати" метал.

Нова техніка потребує, з одного боку, іншого інженерного мислення, напрямленого пошук оптимальних рішень у області взаємодії людини з машиною. Якісно іншим стане предмет інженерної діяльності: значно розшириться сфера діяльності інженерів, задачі, які постануть перед ними, будуть ускладнюватися. Кардинально зміняться засоби інженерної праці: в своїх професіо-

нальних заняттях інженер майбутнього буде опиратися на досягнення інформатики і комп'ютерної техніки, штучний інтелект, створені системи ЕОМ. Інженерна діяльність знайде новий зміст в плані різкого підсилення інтелектуально-творчих компонентів, півня попередньої освітньої підготовки та наступної систематичної перепідготовки, закріпляться існуючі прогресивні і розвинуться нові, поки що не передбачені, форми інтеграції науки, інженерії та виробництва. До рівня таких вимог потрібно підніматись інженеру в найближчому майбутньому.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. – М.: Сов.радио, 1979. - 175с.
- 2 Антрушин А. Рассказы о русской технике. – Л.: Молодая гвардия, 1950. - 186с.
- 3 Арист П.М. Жизнь изобретений. – Н.:Техника, 1983. - 144с.
- 4 Арист П.М. Одна – но пламенная страсть. – Днепропетровск: Промінь, 1989. - 253с.
- 5 Азаров А.М. Открытия ученых. СИР: Справочник. – К.: Наука, 1988. - 320с.
- 6 И.П.Бардин и развитие металлургии в СССР (сб.статей). – АН СССР. Секц. хим.технолог. и биол. наук. – М.: Наука, 1976. - 413с.
- 7 Басин Я.З. И творцы и мастера. - 2-е изд., перераб. – Мн.:Высш.шк., 1988. - 224с.
- 8 Выдающийся машиностроитель XVIII века Д.К.Нартов/ А.С. Бриткин, С. Видонов. – М.: Машгиз, 1950. - 182с.
- 9 Боголюбов А.И. Механика в истории человечества. – АН СССР: История науки и техники. - 152с.
- 10 Боголюбов А.Н. Роберт Гук, 1635 – 1703гг./ Отв.ред.С.Н.Кожевников. – М.: Наука, 1984. - 237с.
- 11 Боголюбов А.Н. Августин Августинович Бетанкур, 1758 – 1824. – М.: Наука, 1969. - 151с.
- 12 Боголюбов А.Н. Творение рук человеческих: Естеств. история машин. – М.: Знание, 1988. - 173с.
- 13 Вебер Ю.Г. Когда приходит ответ. – М.: Дет.лит. 1977. - 351с.
- 14 Вопросы истории естествознания и техники. – М.: Наука, 1975. - 315с.

- 15 Венецкий С.И. От костра до плазмы. Рассказ о многовековом пути, пройденном металлургией. – М.: Знание, 1986. - 208с.
- 16 Виргинский В.С. Петр Кузьмич Фролов (1775 – 1839). – М.: Наука, 1968. - 189с.
- 17 Виргинский В.С. Жизнь и деятельность русских механиков Черепановых. – М.: Изд.Акад.наук СССР, 1956. - 317с.
- 18 Виргинский В.С. Замечательные русские изобретатели Фроловы. – М.: Машгиз, 1952. - 173с.
- 19 Виргинский В.С. Творцы новой техники в крепостной России. – М.: Учпедгиз, 1957. - 232с.
- 20 Механика в СССР/ А.Т.Григорьян, Б.М.Фрадлин; Отв.ред.акад. А.Ю. Ишлинский.– М.: Наука, 1977. - 192с
- 21 Григорьян А.Т. Очерки истории механики в России.– М.:Издат. АН СССР, 1961. - 291с.
- 22 Григорьян А.Т. Эволюция механики в России. – М.:Наука, 1967. - 168с.
- 23 Горохов В.Г. Знать, что делать (история инженерной профессии и ее роль в современной культуре). – М.: Знание, 1987. - 173с.
- 24 Гуковский М.А. Механика Леонардо да Винчи. – М.; Л.: АН СССР, 1947. - 812с.
- 25 Гумилевский Л. Чернов. – М.: Молод.гв., 1975. - 208с.
- 26 Гумилевский Л. Мастера техники. – М.; Л.: Детгиз, 1949. - 310с.
- 27 Гумилевский Л. Русские инженеры.– изд.2. – М.: Мол.гв., 1953. - 436с.
- 28 Гуревия Ю.Г. Загадка булатного узора. – М.: Знание, 1985. - 192с.
- 29 Быть машиностроителем – престижно/ В.Д.Евдокимов, С.Н.Полевой. – М.: Машиностроение, 1989. - 158с.
- 30 Механики XVIII века. Очерк жизни и деятельности/ Ф.Н.Загорский, Л.Ф.Собакин. – М.; Л.: АН СССР, 1963. - 87с.
- 31 Исследования по истории физики и механики. АН СССР. Инст. естествозн.и техн. – М.: Наука, 1990. - 244с.
- 32 История механики с конца ХУПв. до середины XX в./ Под общ. ред. А.Г.Григорьяна и Н.Б.Понребысского. – М.: Наука, 1972. - 412с.
- 33 История техники/ А.А.Зворыкин, Н.И. Осьмова и др. – М.: Соцэкгиз, 1962.– 772с.
- 34 Казанцев Б.Н. Восстановл. и развит. черн. металлургии в СССР, 1940-1950гг. / Отв.ред.д.ист.н.,проф. А.В.Митрофанова. – М.: Наука, 1984. - 272с.
- 35 Коваленко В.М. У XXI столітті інженерія не поступиться першістю.// Науковий світ.-2002.-№10.- С.4-5.

- 36 Кузанов В.К. Очерки развития естественнонаучных и технических представлений на Руси в XXУП вв. – М.: Наука, 1976. - 315с.
- 37 Колчин Б.А. Техника обработки металла в древней Руси. – М.: Машгиз, 1957. - 158с.
- 38 Костомаров В.М. Из деятельности русского технического общества в области машиностроения. – М.: Машгиз, 1957. - 179с.
- 39 Конфедератов И.Я. В.Г.Шухов. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1950. - 110с.
- 40 Makeenko M.M. Очерк развития машиностроения СССР в 1921-1928гг. – Кишинев: Картя молдовенескэ, 1962. - 332с.
- 41 Мандрыка А.П. Эволюция механики в ее взаимной связи с техникой (до ср. ХУШ в.). – Л.: Наука, 1972. - 251с.
- 42 Мандрыка А.П. Аэродинамические лаборатории Петербурга. – Л.: Наука, 1980. - 110с.
- 43 Медовар Б.И. Metallurgy: вчера, сегодня, завтра.– 2е изд.доп.и перераб. – К.: Наук.думка, 1990. - 192с.
- 44 Мезенин Н.А. Повесть о мастерах железного дела. – М.: Знание, 1973. - 224с.
- 45 Н.А.Минкевич – выдающийся ученый, инженер: металлург.1883–1942гг./ Под ред. д. т. н., проф. Б.Г.Лившица. – М.: Машгиз, 1955.- 188с.
- 46 Нариси з історії природознавства і техніки: Республ.міжвід.зб. АН УССР, інст. історії. – К.: Наукова думка, 1980. - Вип.26. –128с.
- 47 Новикова Л.И. Эстетика и техника: альтернатива или интеграция? Эстет.деят.в системе обществ.практики. – М.: Политиздат, 1976. - 287с.
- 48 Наука и техника. Вопросы истории и теории: Сб-к научн.тр-в истории и философии естествознания и техники. – Л.: 1973.– Вып.8.–Ч.1. - 191с. Вып. 8.–Ч.2. - 230с. – Вып.7.– Ч.1 - 191с.
- 49 Новик Л.М. Внепечная вакуумная металлургия стали. Монография/ Отв. ред.д.т.н.,проф.В.И.Кашин. – М.: Наука, 1986. - 190с.
- 50 Орлов В.И. Трактат о вдохновении, рождающем великие изобретения. – М.:Мир, 1980. - 336с.
- 51 Очерки истории техники в России. (1861 – 1917). – М.: Наука, 1973. - 404с.
- 52 Павленко Н.И. История металлургии в России ХУШв. Заводы и заводо-владельцы.– М.: Издат. АН СССР, 1962. - 566с.
- 53 Петрович М.Т. Беседы об изобретательстве. – М.: Молодая гвардия, 1978. - 189с.
- 54 Пешкин И. Павел Петрович Аносов. 1799 – 1851гг. – М.: Мол.гв., 1954. - 358с.

- 55 Пешкин И. Покорение железа. Повесть о пяти тысячелетней истории развития металлургии железа и о металлургии наших дней. – М.: Металлургия, 1964. - 207с.
- 56 Плоткин С.Н. Петр Григорьевич Соболевский. Жизнь и деятельность выдающегося ученого XIXв. – М.: Наука, 1966. - 127с.
- 57 Погребский И.Б. От Лагранжа к Эйнштейну. Классическая механика XIXв. – М.: Наука, 1966. - 327с.
- 58 Ракитов А.І. Наука ХХІВ століття: глобальні трансформації і перспективи// Науковий світ.– 2002.-№5.-С.3-6.
- 59 Розенфельд Я.С. и Клименко К.И. История машиностроения СССР (с пер. пол.XIXв. до наших дней). – М.: Изд.Акад.наук СССР, 1961. - 502с.
- 60 Рожанская М.М. Механика на средневековом Востоке.; АН СССР, инст. истории естествозн. и техн. – М.: Наука, 1976. - 367с.
- 61 Рожен А.П. Ученый, инженер и сто веков. – М.: Знание, 1975. - 143с.
- 62 Сто великих изобретений./ Рыжов К.В – М: Вече, 2002. - 528 с.
- 63 История механики: Учебное пособие/ И.А.Тюлина, Е.Н.Ракчеев. – М.: Изд.Моск. унта, 1962. - 228с.
- 64 Чеканов А.А. Евгений Оскарович Патон. – К.: Наук.думка, 1979. - 105с.
- 65 Шухардин С.В. Основы истории техники. Опыт разработки теорет. и методол.проблем. – М.: Изд.Акад.наук СССР, 1961- 278с.
- 66 Чяняле Ю.М. Методы поиска изобретательских идей. – А.: Машиностроение, 1990. - 91с.

Навчальне видання

С.В.Подлесний,
Ю.О.Єрфорт,
В.М.Іскрицький

ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
Навчальний посібник

для студентів вищих технічних учбових закладів

Редактор

Ірина Іванівна Дьякова

Підпис. до друку
Ризограф. друк. Ум.друк. арк..
Тираж прим. Зам. №

Формат 60x84/16.
Обл.-вид. арк..

ДДМА. 84313 м.Краматорськ, вул.Шкадінова, 72