

Царенко О.М., Рябець С.І.

*Нариси з історії техніки
та технологій*

Навчальний посібник

Кіровоград, 2010

Царенко О.М., Рябець С.І. Нариси з історії техніки та технологій. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка. – 2010. – 494 с.

Навчальний посібник з історії виникнення та розвитку основних видів техніки та технологій від античності до нашого часу. Рекомендується студентам та викладачам педагогічних університетів, технічних вузів, учителям природничих дисциплін, учням старших класів загальноосвітніх шкіл, гімназій та ліцеїв та всім, хто цікавиться історією науки і техніки.

Рецензенти:

Шут М. І. – доктор фізико-математичних наук, професор, член-кореспондент АПНУ;

Пащенко В. О. – доктор історичних наук, професор;

Садовий М. І. – доктор педагогічних наук, професор;

Орлик В. М. – кандидат історичних наук, доцент, докторант.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів (лист №14/18–132786 від 19.12.2009)

ПЕРЕДМОВА.....	8
1 Техніка та технології первісного суспільства.....	10
1.1 Призначення техніки та її зв'язок з природознавством.	10
1.2 Технології стародавнього кам'яного віку.....	13
1.3 Розвиток технологій в мезолітичний період	18
1.4 Зародження землеробства та скотарства	20
1.5 Винайдення технологій пиляння, шліфування та полірування	23
1.6 Винайдення кераміки.....	25
1.7 Перше використання металів.....	26
1.8 Інші досягнення мідного віку	29
1.9 Поява та розвиток ткацтва.....	30
1.10 Україна в первісні часи.....	32
2 Становлення техніки стародавніх цивілізацій.....	37
2.1 Наукові та технічні досягнення Давньоєгипетської цивілізації.....	37
2.2 Технічні досягнення в Стародавній Месопотамії.....	44
2.3 Техніка та технології Стародавньої Індії.....	52
2.4 Основні відкриття винахідників Стародавнього Китаю	54
2.5 Виникнення елементарних машин	59
3 Розвиток знань про метали. Становлення металургії та металообробки.....	63
3.1 Металургія кольорових металів античного періоду.....	63
3.2 Зародження технології чорної металургії.....	65
3.3 Винайдення технології одержання кричного заліза	70
3.4 Технології заліза в античний період.....	73
3.5 Поширення заліза на територіях Східної Європи.....	77
3.6 Значення розвитку чорної металургії.....	78
3.7 Розвиток металургії в Стародавній Русі	79
3.7.1 Андрій Чохов.....	82
3.8 Винайдення штукофенів – найпростіших доменних печей.....	84
3.9 Перші доменні печі та нові проблеми чорної металургії.....	88
3.10 Винайдення промислових способів виробництва сталі	90
3.11 Внесок вітчизняних вчених-металургів у розвиток чорної металургії.....	96
3.11.1 Павло Аносов	96
3.11.2 Михайло Курако	101
3.11.3 Альфонс Ржешотарський	103
3.11.4 Становлення вітчизняних наукових шкіл з проблем чорної металургії	104
3.12 Історія розвитку алюмінієвої промисловості	108
3.12.1 Роботи Миколи Бекетова	111
3.12.2 Винайдення алюмінієвих сплавів.....	113
3.13 Роботи вітчизняних вчених зі становлення металургії кольорових металів	115
3.14 Розвиток технологій обробки металів.....	117
3.14.1 Винайдення та вдосконалення токарних верстатів	117
3.14.2 Винайдення технології прокатування.....	122
4 Кераміка, склоробство та штучні матеріали	124
4.1 Поняття кераміки та перша кераміка	124
4.2 Керамічне виробництво Стародавнього Сходу.....	128

4.3	Розвиток керамічного виробництва в часи античності	129
4.4	Кераміка трипільської культури	132
4.5	Поява фарфору.....	133
4.6	Керамічне виробництво в середні віки	134
4.7	Склоробство античності	137
4.8	Поширення скла в Європі.....	139
4.9	Технології штучних матеріалів та їх застосування.....	140
5	Вдосконалення технології виробництва тканин	149
5.1	Розвиток ткацтва в античні часи.....	149
5.2	Винайдення машин прядильного виробництва.....	150
5.3	Винахідники перших механічних ткацьких верстатів.....	156
5.4	Розвиток суміжних галузей текстильного виробництва та становлення фабрик	159
5.5	Історія швейної машинки	161
6	Становлення будівельної справи.....	165
6.1	Культові споруди Стародавнього Єгипту.....	165
6.2	Досягнення в будівельній справі Стародавньої Греції та Риму	171
6.3	Становлення архітектурних стилів у будівництві.....	179
6.4	Досягнення будівельної галузі кінця XIX – XX століть.....	187
6.4.1	Залізо як ефективний будівельний матеріал	188
6.4.2	Роботи Володимира Шухова	191
6.4.3	Винахід залізобетону	193
6.5	Будівництво висотних будинків	196
7	Розвиток енергетики	201
7.1	Найпростіші енергетичні машини	201
7.2	Перші парові машини	202
7.3	Винаходи Джеймса Уатта.....	208
7.4	Парова машина Івана Ползунова	211
7.5	Теоретичні дослідження Саді Карно	212
7.6	Двигун внутрішнього згоряння.....	214
7.7	Винайдення дизельного двигуна	217
7.8	Перші електричні машини.....	219
7.9	Парові та газові турбіни.....	221
8	Історія розвитку водного транспорту.....	227
8.1	Водний транспорт стародавнього та античного часу	227
8.2	Початки мореплавства у східних слов'ян	231
8.3	Вершина вітрильних суден.....	232
8.4	Розвиток водного транспорту з двигуном	234
8.4.1	Перші пароплави.....	235
8.4.2	Роботи Роберта Фултона	236
8.4.3	Підкорення водних просторів пароплавами.....	238
8.4.4	Пароплави із заліза.....	239
8.5	Парова турбіна як рушій корабля	243
8.5.1	Дизельні двигуни у суднобудуванні	244
8.6	Судна для роботи у вічних льодах.....	246
8.7	Зародження вітчизняного водного транспорту	248
9	Поява та розвиток сухопутного транспорту.....	251
9.1	Сухопутні засоби пересування стародавнього та античного періоду.....	251
9.2	Перші парові візки.....	253
9.3	Зародження залізничного транспорту	255
9.3.1	Перші паровози	255

9.3.2	Паровози Стефенсона.....	258
9.3.3	Перший російський паровоз	261
9.4	Роботи зі створення тепловозів	266
9.4.1	Роботи Юрія Ломоносова	267
9.4.2	Паровози Якова Гаккеля	270
9.5	Роботи Піроцького зі створення трамваю	271
9.5.1	Перші трамваї в Києві	273
9.6	Зародження автомобілебудування.....	275
9.6.1	Роботи Бенца та Даймлера.....	277
9.6.2	Внесок Б.Г. Луцького у розвиток автомобільної галузі.....	280
9.6.3	Генрі Форд – засновник конвеєрної збірки автомобілів.....	281
9.7	Паромобілі	283
9.8	Електромобілі	285
9.9	Перші вітчизняні автомобілі	288
9.9.1	Автомобілі з двигунами внутрішнього згорання	288
9.9.2	Вітчизняний електромобіль	290
10	Механізація сільськогосподарського виробництва.....	294
10.1	Сільськогосподарська техніка і технологія античного періоду	294
10.2	Нові технології землеробства XVIII–XIX ст.	298
10.2.1	Роботи зі створення довершеного плуга	298
10.2.2	Вітчизняні винаходи в конструкції плуга	300
10.2.3	Механізація процесів сівби	301
10.2.4	Механізація збору зернових	303
10.2.5	Внесок заводу «Червона зірка» в розвиток техніки сільського господарства.....	304
10.3	Розвиток вітчизняного тракторобудування.....	305
10.3.1	Перша в Росії конструкція гусеничного трактора.....	305
10.3.2	Роботи Маміна зі створення вітчизняної тракторобудівної промисловості	307
10.3.3	Перший український трактор	309
10.3.4	Розвиток вітчизняної тракторної галузі.....	311
11	Книгодрукування, фотографія та кіно	314
11.1	Перші матеріали для письма	314
11.2	Винайдення паперу	317
11.3	Зародження книгодруку	318
11.4	Початок книгодрукування в Європі	319
11.5	Іван Федоров – засновник книгодрукування в Україні.....	321
11.6	Типографська машина Мергенталера	322
11.7	Початки фотографії.....	326
11.7.1	Роботи Ж. Ньєпса.....	327
11.7.2	Винаходи Луї Дагерра	328
11.7.3	Роботи Тальбота.....	330
11.7.4	Відкриття Арчера.....	332
11.7.5	Винаходи Меддокса і Фогеля	333
11.7.6	Роботи вітчизняних вчених із вдосконалення фотографічного процесу.....	335
11.7.7	Кольорове фото	337
11.8	Відкриття кінематографу	338
Рис. 11.10.	Кінетоскоп Едісона, [18*].....	340
11.8.1	Подальше вдосконалення кіноапаратури	342
12	Розвиток засобів зв'язку.....	345

12.1	Засоби зв'язку стародавнього світу.....	345
12.2	Механічні й оптичні телеграфи XVIII ст.	346
12.3	Електростатичні телеграфи	348
12.4	Винайдення та вдосконалення електромеханічного телеграфа.....	349
12.5	Факсимільні системи зв'язку	357
12.6	Винахід телефону та поява радіомовлення.....	359
12.7	Винайдення радіотелеграфа та радіотелефона	365
12.7.1	Роботи О.С. Попова	368
12.7.2	Внесок Г. Марконі в розвиток радіозв'язку	371
12.7.3	Дослідження в області радіотелефонії.....	375
12.7.4	Внесок вітчизняних вчених в розвиток радіозв'язку	380
12.8	Перші звукозаписувальні пристрої.....	389
12.9	Зародження телебачення	391
12.9.1	Роботи Дж.Берда	392
12.9.2	Перша електронна система дальнобачення Бориса Грабовського.....	393
12.9.3	Становлення телебачення	395
13	Історія розвитку літальних апаратів.....	399
13.1	Перші проекти та спроби літати	399
13.2	Аеростати	400
13.2.1	Винайдення аеростата	400
13.2.2	Зародження вітчизняного повітроплавання	403
13.3	Перший дирижабль	405
13.3.1	Дирижаблі як засоби повітряного транспорту.....	407
13.4	Роботи в області створення літального апарата	412
13.4.1	Планери Лілієнталя.....	412
13.4.2	Проекти винахідників кінця XIX ст.	414
13.4.3	Створення О.Ф. Можайским першого у світі літака	416
13.4.4	Найвагоміші дослідження вітчизняних науковців кінця XIX початку XX ст.	419
13.4.5	Перший керований політ.....	424
13.4.6	Розвиток авіації першої половини XX ст.	426
13.4.7	Зародження авіаційної галузі в Україні	432
13.5	Винаходи в реактивній техніці	451
13.5.1	Ракети Олександра Засядька.....	452
13.5.2	Перші проекти літальних апаратів з реактивною тягою.....	454
13.5.3	Теоретичні дослідження Е. Цюлковського, М. Кибальчича та Ю. Кондратюка	455
13.5.4	Роботи Г. Лангемака в області реактивного озброєння	461
13.5.5	Зародження реактивної авіації.....	463
13.5.6	Люлька А. М. – піонер вітчизняного турбореактивного двигунобудування.....	467
13.6	Початок ракетобудування	470
13.7	Роботи із створення космічної техніки в СРСР.....	473
13.7.1	Сергій Корольов – творець космічної техніки.....	473
13.7.2	Конструктор космічних двигунів В.П. Глушко	480
13.7.3	Конструкторські розробки В.М. Челомея	482
13.7.4	Роботи конструкторського бюро Янгеля М.К.....	484
	ПІСЛЯМОВА	487
	Література.....	489

ПЕРЕДМОВА

Курс історії техніки викладається у вищих навчальних закладах України для більшості інженерних спеціальностей, для студентів педагогічних університетів спеціальності «Педагогіка та методика середньої освіти. Трудове навчання», для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей, а також на деяких філософських факультетах. Проте, за роки незалежності України написано та видано лише декілька навчальних посібників, які використовуються в окремих навчальних закладах та не набули широкого розповсюдження. Класичний же курс «Історії техніки» широким накладом в останнє видавався на початку 60-х років минулого століття та застарів і морально, і фактично. Саме це спонукало авторів до написання даної книги, як необхідність забезпечення навчальним посібником студентів, майбутніх вчителів трудового навчання. Проте в міру обговорення плану та структури початкова мета була замінена іншою – написати навчальний посібник для широкого кола читачів і в першу чергу для вчителів усіх природничих дисциплін. Адже знання історії розвитку даної галузі може суттєво поглибити зміст викладання окремих дисциплін, дасть можливість наситити процес викладання історичними фактами. Історія розвитку техніки – саме той курс, який розглядає розвиток засобів виробництва, продиктованих рівнем розвитку хімії, фізики, біології та інших суміжних природничих дисциплін, тому логічно поєднаний з історією виникнення та розвитку ряду технологій.

Для написання даної книги авторами опрацьовано величезний обсяг наукової та науково-популярної літератури і, на нашу думку, відібрано саме той матеріал, який достатньо повно відображає у зв'язній та послідовній формі еволюцію основних технічних досягнень людства. Проте, звичайно, даний навчальний посібник не позбавлений недоліків. До нього не увійшли значна кількість сучасних технічних досягнень, по-перше – через фізичну неможливість охопити усі різновиди техніки у одному виданні, по-друге – автори орієнтувались на доступні їм основні навчальні програми з курсу «Історія техніки» з різних вищих навчальних закладів України та відповідно до них уклали даний навчальний посібник.

Приведені факти одержані з різних джерел: книг, журналів, довідників, енциклопедій, Інтернет-мережі тощо. Зазвичай в історії науки намагаються встановлювати «першість відкриття», хоча відомо, що нерідко геніальність першовідкривача тьмариться заповзятливістю продовжувача. При опрацюванні матеріалів автори зіткнулися з проблемою вибору найбільш достовірного джерела, оскільки багато подій згадуються в різному трактуванні і в різній хронологічній послідовності. Тому при проставлянні дати події вибиралася та, яка повторювалася в декількох джерелах.

Цілком можливо, що в навчальному посібнику присутні деякі неточності в хронології, або в привласненні першості тій або іншій людині (фірмі, країні.). Ймовірно, можуть зустрітися неточності в технічному описі якого-небудь винаходу або відкриття. У міру сил автори намагалися усунути подібні прикря непорозуміння.

До всіх ілюстрацій дані посилання на джерела, а в кінці посібника приведені посилання на основні джерела інформації.

Автори щиро вдячні ґрунтовним рецензіям доктора технічних наук, професора З.Ю. Філера, доктора педагогічних наук, професора М.І. Садового та кандидата історичних наук, доцента І.А. Козир, які допомогли усунути деякі помилки, промахи та заповнити істотні прогалини.

Пропозиції щодо вдосконалення навчального посібника надсилайте за адресою:

Царенко О.М.

кафедра фізики та методики її викладання,

педуніверситет, вул. Шевченка, 1,

м. Кіровоград, 25006

або на електронну пошту: *oleg.tsarenko@rambler.ru*

1 Техніка та технології первісного суспільства

1.1 Призначення техніки та її зв'язок з природознавством.

Техніка – сукупність знарядь праці, створюваних людиною на основі використання пізнаних законів природи, для здійснення процесів виробництва й обслуговування невиробничих потреб суспільства. У техніку матеріалізовані знання і досвід, накопичені в процесі розвитку суспільства.

Технологія – сукупність методів обробки, зміни форми, властивостей матеріалу, що використовуються в процесі одержання готової деталі, механізму, засобу. Сукупність фізичних, механічних, хімічних процесів – операцій, що дозволяють змінювати форму, зовнішній вигляд, розміри деталі, її властивості називають технологічним процесом. Технологічний процес включає також з'єднання деталей в готові вироби, перевірку відповідності готового виробу та його первинні випробування.

Історія техніки – наука про закони розвитку техніки, пізнання кількісних та якісних змін техніки, значення техніки для суспільства.

Історично техніка формується як доповнення природних людських органів праці, хоча і сама людина певною мірою доповнює знаряддя праці своїми руками, енергією, нервовою системою, мозком. Вона доповнює їх рівно на стільки, щоб таке функціонування стало ефективним. На всіх етапах історії техніки знаряддя праці разом з людиною складають сукупний робочий механізм.

Стосовно ранніх етапів технічного розвитку, ми часто не можемо назвати імен творців нової техніки чи технологій, первісна

історія не знає й точних дат відкриттів. Проте саме первісні винахідники навчилися добувати і підтримувати вогонь, винайшли сокиру і лук, колесо і ткацький верстат, плавили руду, вдосконалювали природу рослин і тварин. У різних кінцях нашої планети перші винаходи і відкриття повторювалися безліч разів, забувалися, відновлювалися і врешті-решт затвердилися на практиці.

Упродовж сотень тисяч років історії первісного суспільства напевно чи можна говорити про науку в сучасному розумінні. Елементи наукових знань виникають лише з появою класового суспільства, коли в процесі відділення розумової праці від фізичної, частина пануючого класу отримала умови для систематичних занять наукою.

Виникнення та розвиток точних і природничих наук (астрономії, математики, механіки), обумовлене виробництвом, розпочинається в ремісничому періоді. Правда, зворотна дія цих наук на техніку була спорадичною – вона спиралася в своєму розвитку не на висновки, здобуті наукою, а на накопичений до цього часу практичний досвід в різних галузях виробництва. Запас емпіричних навиків, прийомів, що були тоді в землеробстві, металургії, гірській справі рідко узагальнювався теоретично.

Стародавні цивілізації Межиріччя, Єгипту, Фінікії, Кріта, Персії, Індії, Китаю та інші володіли хоч і яскравими, проте своєрідними науковими досягненнями в різних областях. Особливих висот досягла наука в Стародавній Греції. У VI-III ст. до н.е. там склалися натурфілософські школи, що намагалися пояснити природні явища. Стародавня наука, не дивлячись на наявність окремих геніальних відкриттів в області точних і природничих наук, була, все ж, умовляною, внутрішньо суперечливою, перепліталася з фантастичними уявленнями. Особливо це характерно для науки Стародавнього

Сходу. Мудрі технічні поради, сформульовані з досвіду, спліталися там з магічними обрядами.

Панування ремісничого виробництва з його традиційними, емпірично відпрацьованими прийомами, які трималися в таємниці від конкурентів, не стимулювали застосування нових наукових знань в техніці. Наука ставала все більш відірваною від практики і знаходилась під впливом релігійної ідеології. Особливо це виявилось в Західній Європі: наука значною мірою опинилася в руках церковників і учених-схоластів.

Проте і в цей період робляться важливі наукові відкриття, перш за все в Індії, Китаї, а потім і в країнах Заходу, але ці досягнення тільки епізодично застосовуються у виробництві. Передвісником нового типу взаємин науки і техніки стали події середини XV ст., т.б. епохи Відродження і первинного накопичення капіталу.

У середньовіччі будується ряд достатньо складних машин, освоюється доменне виробництво, механічна енергія рухомої води і вітру замінює мускульну енергію людини. В епоху буржуазних революцій XVI–XVIII ст. відбулася перша наукова і технічна революція. Ця епоха відзначається ще тіснішим зв'язком науки і техніки, яка надалі все більш зміцнювалася і розвивалася. Вже в XVI–XVII ст. відкриття у фізиці, хімії, астрономії і математиці використовуються в техніці. Годинник з маятником, астрономічна труба, пароатмосферна машина були споруджені на основі наукових відкриттів. В цей же час учені глибоко цікавляться технічними проблемами артилерії, кораблебудування, мореплавання тощо.

Технічна революція кінця XVIII ст. почалася з винайдення перших технологічних машин, які замінювали руки людини в текстильному виробництві, і завершилася становленням машинобудування

та переходом до машинного виробництва з новою енергетикою у формі універсального парового двигуна. Але індустріалізація виробництва, що послідувала за промисловим переворотом, поставила перед наукою ряд нових завдань. Необхідність підвищення коефіцієнта корисної дії парових двигунів стимулювало розвиток термодинаміки, а розбудова машинобудування сприяла розвиткові досліджень в галузі теорії твердого тіла.

Техніка, заснована на сучасній науці, революціонізувала усі види людської діяльності, владно увійшла у нашу культуру, побут. Нині немає жодної народногосподарської проблеми, вирішення якої не було б так чи інакше пов'язане з тенденціями розвитку науково-технічної революції. В останні десятиліття техніка все більш помітно впливає на політику, ідеологію, мистецтво, релігію, на світогляд людини. Відбувся різкий, якісний скачок у розвитку науки і техніки, що змушує по-новому осмислити як увесь попередній хід науково-технічного прогресу, так і можливі перспективи в майбутньому. Революція в техніці супроводжується й обумовлюється революцією в науці, в інженерно-технічному мисленні. Техніка впливає на суспільні відносини, на ідеологію, моральні відносини, ставить нові проблеми перед суспільством.

1.2 *Технології стародавнього кам'яного віку*

Палеоліт, або стародавній кам'яний вік — найтриваліший період кам'яного віку, який сягає від 3 млн. до 10 тис. р. до н.е. Це час появи людини та формування її сучасного фізичного типу. Як відомо, головним заняттям людей кам'яного віку було мисливство та збирання. Проте вже в цей період починають зароджуватись перші технології обробки деревини, каменю та кістки, людина починає створювати та використовувати знаряддя праці й мисливства.

Звичайно, існував період, коли знаряддями трудової діяльності людини були предмети, виготовлені природою: камені, палиці, кістки тварин тощо. Проте трудова діяльність людини вже цього періоду була пов'язана з простими операціями виготовлення знарядь з каменю, дерева, кістки, рогу тощо. Кам'яні уламки мали гострі краї, що дозволяло первісній людині не лише обробляти іншу сировину, а й добувати, розчленовувати й готувати продукти споживання — м'ясо, кістки, плоди рослин, корені тощо. Тому вже на ранніх етапах розвитку людства зароджується технологія обробки каменю.

Ще за раннього палеоліту (3 млн. – 150 тис. р. до н.е.), коли людина не знаходила зручного гострого уламка, то намагалась його створити простим розбиванням каменя об камінь. Отримані у такий спосіб уламки мали гострі краї, хоча й мало чим відрізнялися від природних відколів. На цьому етапі використання каменю людина знала лише переваги гострого леза і намагалася надавати йому певної форми.

Перші штучні знаряддя праці були виготовлені з гальки, значно пізніше людина стала використовувати кремені. Береги морів, русла річок, особливо гірських, багаті галькою різних розмірів, форм і порід. Обкатана форма цих каменів дуже зручна для захоплення їх рукою. Тому саме овальні гальки служили матеріалом для виготовлення



Рис.1.1. Ручні рубила раннього палеоліту, [4].

першого робочого інструменту — ручного рубила. Для роботи було потрібно два камені: один (м'якший) служив заготівкою, а інший (з твердіших порід) — для здійснення ударів. Оббивка починалася з вузького кінця, а вже після першого удару на поверхні заготовки утворювалося поглиблення у вигляді раковини, яке служило основою для подальшої обробки. З кожним новим ударом зростало число ударних точок, і заготовка поступово набувала необхідної форми.

Упродовж багатьох тисяч років розвитку галькових технологій поступово починають з'являтися окремі знаряддя, які хоч і не мали сталої форми, проте в них уже були перші ознаки майбутніх стандартизованих виробів — це так звані *проторубила*, – масивні кам'яні знаряддя, які, здебільшого мигдалеподібної форми з гострими краями та кінцем. Опуклий кінець рубила – п'ятка, – залишався необробленим, щоб його було зручніше тримати в руці під час роботи. Ранні рубила здебільшого мали хвилеподібне у профілі робоче лезо.

На пізніших зразках кінці були рівними, а самі знаряддя — меншими за розмірами й мали більш чітку стандартизовану форму. Ручні рубила використовувались як для здобування та обробки продуктів харчування, так і для обробки інших матеріалів. Ручні рубила дійсно є найвиразнішою формою багатофункціональних знарядь праці цього періоду. Стандартизовані форми в кінці раннього палеоліту були надані й іншим кам'яним знаряддям: колунам, сікачам, ножам тощо.

У ранньому палеоліті, за даними археологічних досліджень, людина практично опанувала більшу частину території Старого Світу: Африку, Азію та Європу. На цей час припадає й розселен-

ня людини територією України.

В період середнього палеоліту (150-40/35 тис. р. до н.е.) триває розвиток техніки обробки кременю та виготовлення знарядь праці. Саме в цей період зароджується нова технологія виготовлення знарядь, яка полягала в тому, що від гальки спочатку відокремлювались заготовки – *відщепи* або пластини із наперед заданою формою, а потім за допомогою додаткової обробки відщепи перетворювали на відповідні знаряддя потрібного функціонального призначення. Щоб перетворити відщеп в знаряддя, поверхню заготовки *ретушували*, тобто сколювали у потрібних місцях дрібні лусочки, формуючи готове знаряддя.

Найбільш поширені кам'яні вироби середнього палеоліту: *гостроконечники* – універсальні знаряддя, якими різали й обробляли тушу мисливської здобичі; *скребла*, які мали крутий робочий край та використовувались як для розрізання продуктів харчування, так і для обробки шкіри й інших предметів домашнього вжитку; *скобелі* — близькі за ознаками до скребел, але мали виїмчастий робочий край і застосовувались здебільшого для обробки дерева та кістки з метою виготовлення списів, рогатин та інших виробів. То-

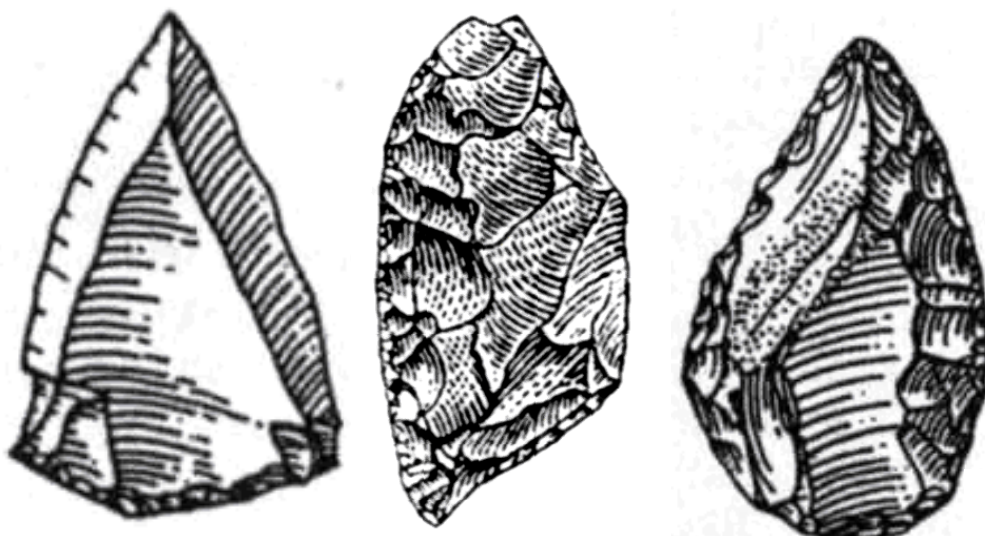


Рис. 1.2. Гостроконечник, скребло та скобель, [3].

му поряд із кам'яними знаряддями людина середнього палеоліту починає широко використовувати досконалі знаряддя з дерева та частково з кістки. Кістка в цей час ще не достатньо сприймається як сировина для виготовлення знарядь. Однак на поселеннях цього часу знайдені кістяні лопаточки, шила, різноманітні вістря, накопечники списів.

Останній *етап палеоліту – пізній*, у розвитку культури, господарства і соціального ладу людства — тривав від 40-35 до 11-10 тис. р. до н.е.. В цей час з'являються нові типи крем'яних знарядь – наприклад, *ножеподібні пластини*. Їх сколювали зі спеціальних кам'яних заготовок (*нуклеусів*) призматичної або конічної форми. За формою та досконалістю виготовлення пізньопалеолітичні пластини значно відрізняються від більш ранніх: вони довгі, рівно ограничені, з невеликою ударною площадкою, мають гострі ріжучі грані. Пластини з нуклеусів здебільшого вже не відбивають відбійником, як це було властиво для більш ранньої технології, а сколюють сильним ударом за допомогою спеціальної наставки. Ці пластини використовувались як ножі, з них виготовляли також інші знаряддя: різці, вістря дротиків і списів тощо.



Рис. 1.3. Раній спосіб добування вогню, [1].

Скребки, частіше округлої робочої частини, виготовлялися шляхом нанесення дрібної ретуші. Техніка виготовлення *різців* для роботи з кісткою чи деревом була дещо іншою: робочий край тут формувався за допомогою невеликих різцевих сколів. Інколи кінець різця біля сколу теж ретушувався. *Вістря дротиків і списів* із кременю

теж формувалися в різній техніці: за допомогою плоского двобічного чи одnobічного ретушування плоских поверхонь заготовки. На палеолітичних стоянках зустрічаються також інші типи крем'яних виробів – проколки, стаместки тощо.

Поряд з кам'яними виробами у другій половині пізнього палеоліту людина почала широко застосовувати знаряддя, виготовлені з *кістки та рогу* — гарпуни, вістря списів, голки, прикраси тощо. Люди пізньопалеолітичної епохи вміли розрізати на смуги і вирівнювати бивні мамонта, з яких виготовляли древко списа.

У пізньому палеоліті з'являється нова зброя для мисливства – *списомет*, а пізніше – *лук та стріла*. Списомет – це приклад використання важеля, з допомогою якого збільшується відстань польоту списа чи гарпуна та його швидкість. І лук, і списомет сприяють розвиткові дистанційного мисливства.

Холодний клімат палеоліту змушував людей інтенсивно заселяти печери, користуватися вогнем, який вже за пізнього палеоліту, мабуть, уміли штучно добувати. Так, в одній з печер Хорватії біля вогнища пізнього палеоліту виявлено веретеноподібні палички з обпаленими кінцями. Ймовірно, що з допомогою цих знарядь тертям чи свердлінням добували вогонь. Оволодіння способами штучного добування вогню було важливим кроком у розвитку культури людства.

1.3 Розвиток технологій в мезолітичний період

Мезоліт – середній кам'яний вік, на різних територіях Європи і Азії розпочався не одночасно: у країнах Стародавнього Сходу — в XI–X тисячоліттях до н.е., а в межах Східної і Центральної Європи — у другій половині IX тисячоліття до н.е., на території України – кінець IX — VI тисячоліття до н.е. За мезоліту в Європі закінчується

ся льодовиковий період і встановлюється геологічна сучасність. Мезоліт – це час значних досягнень людства в опануванні сил природи, удосконаленні знарядь праці і помітних змін у соціальній структурі та духовному житті.

За мезоліту масово поширюється лук і стріли – зброя дальньої дії, яка зробила полювання ефективним, більш безпечним, сприяла його індивідуалізації. У цей же час відбулося приручення собаки, яка стала відігравати важливу роль на полюванні. Населення мезоліту знало човни і рибальську сітку – швидко розвивається річкове та морське рибальство. Знаряддя рибальства (гарпуни, гачки) – в основному, кістяні.

У даний період отримали подальший розвиток водні засоби пересування – колоди і зв'язки очерету, з'являються перші очеретяні і дерев'яні човни. При виготовленні човна із дерева воно випалювалося з подальшим очищенням кам'яними сокирами і теслами. Для відштовхування такого човна стали вживати жердини, а для веслування застосовували грубі лопатки — зачатки весел. З допомогою перших транспортних засобів мисливці швидко освоюють нові природні зони.

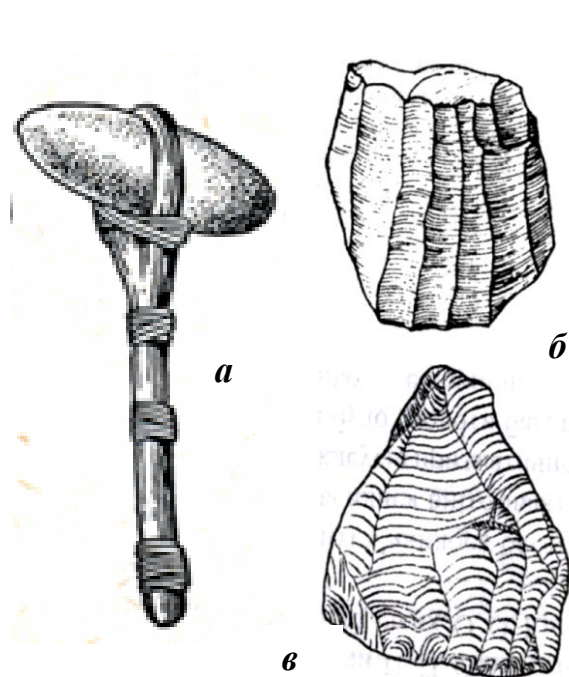


Рис. 1.4. Конструкція кам'яного молота (а) та леза кам'яних сокир(б,в),.[3,4].

вання застосовували грубі лопатки — зачатки весел. З допомогою перших транспортних засобів мисливці швидко освоюють нові природні зони.

У мезоліті триває вдосконалення технології обробки кременю. Люди навчилися виготовляти вузькі, тонкі й гострі мікролітичні пластинки (до 1 мм) завтовшки (*мікроліти*), заро-

джується *технологія виготовлення складених знарядь*. Основу таких знарядь вирізали з кістки або дерева, а в пази вставляли мікролітичні крем'яні вироби. За цією технологією почали виготовляти списи, гарпуни, ножі, стріли. Пізніше мікроліти виготовляють різної геометричної форми — ромби, трапеції, трикутники тощо, які в пазах гарпунів та дротиків закріплювалися смолистою речовиною.

В епоху мезоліту з'являються *молот* та *сокира* – теж складені знаряддя, які були досить великими за розмірами й отримали загальну назву — *макроліти*. Відомі різні за формою сокири цього часу. Одні – виготовлялися з уламка кременю, що мав одну гостру грань, яка ставала лезом сокири, а бічні грані підправлялись сколами, щоб вставити сокиру в кістяну чи дерев'яну оправу (рукоятку). Інші – виготовлялися технологією двобічної обробки, коли лезо формувалося за допомогою кількох бічних сколів.

Сокири та молоти були складеними знаряддями, які вперше дали можливість акумулювати більшу кількість механічної енергії за рахунок збільшення висоти підйому знаряддя і тому дозволяли зробити удар настільки ефективним, що людина змогла вступати в єдиноборство з крупними представниками тваринного світу.

Отже, *мікроліти* і *макроліти* — основні групи кремнієвих знарядь епохи мезоліту.

1.4 Зародження землеробства та скотарства

Новий кам'яний вік, або неоліт, передує епосі появи перших металів. На територіях Стародавнього Сходу неоліт розпочинається у VIII—VII тисячоліттях до н.е., у Східній Європі – від середини VI до III тисячоліття до н.е.. В неоліті людина переходить від привласнювальних способів добування засобів існування (збиральництва,

мисливства та рибальства), що панували впродовж багатьох тисячоліть, до нових, відтворювальних форм господарства (землеробства і скотарства).

Близько 8 тис. р. до н.е. населення Західної Азії формує основи землеробства, вирощує та зберігає тривалий час запаси зерна, що сприяє початку осілого способу життя.

Деякі племена, використовуючи сприятливі природні умови районів, в яких вони мешкали, перейшли від збирання до землеробства. Ймовірно, що випадково просипавши їстівні зерна поблизу зернотерки, людина бачила, що там, де впало зернятко – з'явився колосок. Отже, зерно можна вирощувати поряд із домівкою, а не ходити лугами та лісами в його пошуках. Це був визначальний крок на шляху освоєння природи, що дав людині можливість не залежати від примх природи. Вирощування культурних злаків — пшениці та ячменю вперше розпочалося на нагір'ях Західного Ірану, Малої Азії і Палестини, де росли їхні дикі предки.

Освоєння землеробства було великим фундаментальним відкриттям, яке призвело до різкого збільшення чисельності людей. Землеробство розвивалось настільки швидко, що вже в VIII тисячолітті до н.е. відчутною стала нестача землі і землероби змушені були розселятися на землі навколишніх племен. Так, у VII тисячолітті до н.е. землероби з'явилися на Балканах, в VI – в долинах Дунаю, Інду і Гангу, а до кінця V – в Іспанії і Китаї. У V тисячолітті до н.е. землеробство поширилось і на територію сучасної України.

Посівні поля спочатку оброблялись загостреними кінцями жердин, кам'яними та дерев'яними сапами. З'являються й перші знаряддя збирання врожаю: ножі, серпи, ціпи.

Мотична технологія обробітку землі швидко виснажувала її, і

через декілька років землероби були вимушені переходити на нові ділянки. Прогресивнішим етапом освоєння землеробства стала іригація – відновлення родючості ґрунту за рахунок наносів мулу, коли врожайність залишається стабільно високою і земельні ресурси використовуються повністю.

Мисливці постійно пересувалися у пошуках здобичі і жили в легких куренях, покритих звіриними шкірами. Для землеробів же актуальною стала проблема постійного житла. Спочатку вони споруджували землянки та напівземлянки, пізніше – будинки, які зводяться із лози, обмазані глиною, використовується у будівництві й перша невідпалена цегла. Вже близько 7 тис. р. до н.е. з'являється чи не перше місто Чатал-Гуюк в Анатолії (нинішня Турція), збудоване за єдиним планом, з прямокутними будинками, що тісно і впорядковано примикали один до одного. З'являються перші вишукано оформлені храми. В Анатолії археологами знайдені залишки текстильних виробів із сировини природного походження, що свідчить про виникнення ткацтва.

Скотарство виросло із мисливства. Бувало, що разом із впольованою великою здобиччю, мисливці знаходили її дітей (поросят, телят тощо), а, принісши додому, відгодовували їх. Нарешті людина зрозуміла, що невдач у мисливстві можна уникнути, вирощуючи тварин вдома – зароджується скотарство.

Розведення худоби дозволило людям використовувати м'ясо, шкіру і шерсть, а потім і молоко тварин. Скотарство привело до розширення в'ючного і гужового транспорту, а також до застосування тягової сили в землеробстві, що у свою чергу мало значний вплив на розвиток самого землеробства.

Майже всі великі господарські тварини — бик, вівця, коза та

свиня були приручені в неоліті.

1.5 Винайдення технологій пиляння, шліфування та полірування

За неоліту в технології виготовлення знарядь з'являються нові прийоми: розпилювання, шліфування, полірування та свердління. Ці відкриття були настільки важливі, що викликали революцію в розвитку суспільства.

Пиляти людина навчилася тоді, коли помітила, що зазубрений ніж ріже краще, ніж гладкий. Дія пилки заснована на тім, що її різці, або зуби, при русі послідовно проникають у матеріал і знімають у ньому шар певної глибини. Найдавніша примітивна пилка, що дійшла до нас, цілком виготовлена з кременю. Робота на ній вимагає великих фізичних зусиль, але дозволяє успішно розпилювати дерево і кісту. Завдяки пилянню людям стали доступні правильні геометричні форми виробів, що було досить істотним при виготовленні інструментів.

Одночасно з пиляннем розвивалася технологія *свердління* каменю. Цей прийом був дуже важливим при виготовленні складених інструментів. Люди помітили, що зручними та міцними сокири виходять тоді, коли рукоятка щільно забивається в отвір самої сокири, а не прив'язується до нього. У найдавніші часи, коли людині потрібно було зробити отвір у дереві або кістці – робилося це вибиванням. Можливо, що саме при цій операції, обертаючи в отворі кам'яний пробійник, древній майстер зрозумів, що висвердлювання вимагає набагато менших зусиль. Свердління мало важливу перевагу – дозволяло робити отвори у твердих та крихких матеріалах. Першим свердлом, ймовірно, був звичайний дерев'яний ціпок, до кінця якого було прироблено кам'яне вістря. Майстер просто катав

таке свердло між долонь.

Значне зрушення у свердлінні відбулося після того, як в кінці неолітичної епохи був винайдений *лучковий спосіб*, при якому обертання свердла досягалося за рахунок повороту модернізованого лука. Велика кількість археологічних знахідок підтверджує, що і вогонь добувався саме за такою технологією. Однією рукою майстер рухав лук, а іншою притискав свердло зверху. У таких пристроях при свердлінні поступальний рух лука перетворювався в обертальний рух свердла, отже такі пристрої набули ознак перших машин.

Нарешті 8–6 тис. р. до н.е. з'являється технологія *шліфування*,



Рис. 1.5. Фрагмент пилки (із наскального рисунка, близько 8 тис. р. до н.е., Єгипет) (а), та пилка з кременю неолітичної епохи(б), [9,24].

яка стала останнім етапом довершеної технології обробки каменю. Відтепер людина могла надавати кам'яному виробові будь-яку бажану форму і при цьому грані завжди залишалися гладкими і рівними. На ранніх етапах майбутню деталь, найімовірніше, просто шліфували об шорсткий камінь, пізніше між нею і шліфувальним каменем стали підсипати пісок. Це помітно прискорило процес обробки. Нарешті, був освоєний процес мокрого шліфування, коли шліфувальну плиту поливали водою. У такий спосіб час шліфування навіть дуже твердої заготовки значно скорочувався. Для остаточного шліфування – *полірування*, древні майстри застосовували дрібний пемзовий порошок. Мистецтво полірування доходило та-

кої висоти, що в деяких місцях практикувалося виробництво кам'яних дзеркал, цілком придатних для вживання. У техніці шліфування виготовлявся також і кам'яний посуд.

Крем'яні знаряддя, що з'явилися за попередніх епох, удосконалюються, створюються нові – серпи, зернотерки. Значного поширення набувають інструменти для обробки дерева: сокири та тесла, що виготовляються тепер із застосуванням технології шліфування. Широко використовуються шліфовані крем'яні ножі та вістря списів і стріл.

1.6 Винайдення кераміки

Важливою рисою неоліту є поява глиняного посуду — *кераміки*. Кераміка — одне із значних досягнень людської культури, оскільки сприяло покращенню умов життя людини, зокрема, дало можливість робити більші запаси продуктів харчування, вживати варену



Рис. 1.6. Різні прийоми виготовлення глиняного посуду, [4,26].

їжу, стимулювало осілість людей. Початково ж, як вважається, була проблема зберігання зерна, яке поїдалося навалом гризунів. Тому корзини з лози стали обмазувати глиною і обпалювали на багатті.

Поява кераміки в Межиріччі датується VIII—VII тисячоліттями до н.е., а у Європі глиняний посуд з'являється лише в V—VI тисячо-

літті до н.е. Початково посуд має просту гостродонну форму, оскільки на відкритих вогнищах в такому посуді вода швидше закипає. Ліпили посуд із суцільного глиняного коржа, або із окремих невеличких коржів, або з глиняних качалочок, що укладалися спіраллю. Обпалювався він спочатку на відкритих вогнищах. З часом технологія виготовлення кераміки вдосконалювалася – у глину додавалися пісок, товчені черепашки, трава. Пізніше посуд стали покривати орнаментом.

1.7 Перше використання металів

Понад п'ять тисяч років до н.е у країнах Стародавнього Сходу почався мідний вік – енеоліт. З енеолітом пов'язана велика кількість відкриттів людства – це, в першу чергу, опанування першими металами — міддю та золотом. Самородне *золото* було першим металом, яке ще 8000 років до н.е. використовувались для виготовлення прикрас шляхом кування.

У гірських місцевостях людям траплявся *мідний колчедан* та природна *червона мідь*, які спочатку використовувались як звичайні камені й обробляли відповідним способом. Незабаром було відкрито, що при обробці міді ударами кам'яного молотка її твердість значно зростає і вона робиться придатною для виготовлення інструментів. У такий спосіб увійшли у вживання прийоми *холодної обробки металу* або *примітивного кування*.

Близько 6000 р. до н.е. древніми майстрами Анатолії було зроблено інше важливе відкриття – шматок самородної міді, потрапляючи у багаття, виявляв нові, не властиві каменеві особливості: від сильного нагрівання метал розплавлявся і, охолоджуючись, набував нової форми. Якщо форму робили штучно, то виходив необхідний людині виріб. Цю властивість міді стали використовувати

спочатку для виливання прикрас, а потім і для виробництва мідних знарядь праці. Так зародилася *металургія*.

Справжній початок металургії відноситься до винаходу *виплавки міді з руди* – це відбулося в V тис. до н.е. Якнайдавніші мідні копальні відомі на Синайском півострові, в Нубійській пустелі, Малій Азії, Сирії, на Кіпрі, в Північному Казахстані, на Алтаї і в Сибіру.

На кінець VI тис. до н.е. в Анатолії вперше виплавляється мідь із малахіту з використанням як палива, бурого вугілля. В наступному тисячолітті цей спосіб металургії міді розповсюджується у міста Близького Сходу, які в цей час виникають. І вже древні майстри Близького Сходу опановують складну металургію міді відновленням із сульфідних руд.

Як показують відкриття археологів, вже в давнину процес видобутку руди був поставлений з великим розмахом. Руди довгий час видобувалися з поверхневих залягань, без підземних розробок. Для вирубки руди з відкритої ями використовували кременеві молоти. На поверхню руду доставляли в шкіряних мішках, де її дробили, перебирали та обпалювали на багатті. Кінцево руда плавилася в суміші з деревним вугіллям в неглибоких ямах.

Наступним вдосконалення технології одержання міді стало використання примітивних печей для виплавки – сурмів. Сурма – це вирита в землі яма завглибшки близько 75–80 см, викладена каменем. з двома отворами. Сурми мали примусове дуття із щільно зшитих шкур з дерев'яною трубкою-соплом, укріпленим в шийному отворі шкури. За допомогою дуття температура в печі досягала 700—800°C, що було достатнім для виплавки міді з малахіту або іншої вуглекислої руди. В результаті такого примітивного плавлення виходила губчаста маса металу, що містила різні сторонні домі-

шки. Після закінчення плавки металу давали охолонути, а потім дробили на шматки, зручні для використання. Подальша обробка була пов'язана з наданням цій чорновій міді потрібної форми шляхом кування. При куванні мідь ущільнювалася і звільнялася від найбільш грубих домішок. Пізніше для поліпшення якості виробів чорнову мідь ще раз переплавляли з використанням тиглів. Тоді ж було виявлено, що мідь значно легше і скоріше формувати шляхом плавлення і відливання її у форми.

Для отримання *ливарної форми* раніше виготовлений предмет видавлювався в глині, а отримана таким чином форма обпалювалася в печі. Тоді ж вперше було освоєно лиття в роз'ємних двосторонніх формах.

Спочатку мідь уживалася головним чином для виготовлення прикрас, а приблизно з IV тис. до н.е. стала використовуватися і для виготовлення зброї та знарядь праці. Раніше всього з міді стали виготовляти проколи, голки, потім долота, тесла і сокири, зубила і пилки.

Мідь – м'який метал, що сильно поступається за твердістю каменеві. Але мідні інструменти можна було швидше і легше заточувати. Так, при заміні кам'яної сокири на мідну швидкість рубання збільшилася приблизно втричі. Попит на металеві інструменти став швидко зростати. Люди почали „полювання” за мідною рудою. Виявилося, що вона зустрічається далеко не скрізь. Почали розроблятися шахтні способи видобутку руди.

Копальні досягали глибини 100 м, а загальна довжина штреків, що відходять від кожної шахти, складала інколи й кілька кілометрів. Древнім рудокопам приходилося вирішувати всі ті ж проблеми, що й сучасним шахтарям: зміцнення зводів, вентиляція, освітлення,

підйом видобутої руди. Штольні зміцнювали дерев'яними підпірками, видобуту руду плавили неподалік у невисоких глиняних печах з товстими стінками.

Прагнення стародавніх майстрів підвищити твердість виробів привело до вдосконалення технології обробки мідних виробів — з'явилося загартування та відпал. Проте ці операції не набагато поліпшили якість знарядь, тому пошуки продовжувалися. Незабаром було відмічено, що деяка домішка олова робить метал більш легкоплавким та твердішим. Так була винайдена бронза. Батьківщиною нового матеріалу, мабуть, була північносхідна частина Ірану, де вже з якнайдавніших часів були відомі родовища мідної й олов'яної руд. Тут на початку III тис. до н.е. були розроблені способи отримання перших сплавів бронзи.

1.8 Інші досягнення мідного віку

В епоху енеоліту виникає *орне землеробство* з використанням тяглової сили, коня привчають до верхової їзди.

Удосконалюється керамічне виробництво, з'являються гончарні печі, поширюється і розвивається прядіння і ткацтво. Входить у практику свердління кам'яних порід за допомогою примітивного свердлильного верстата та порожнистого свердла із кістки тварин, що застосовувалося найчастіше при виготовленні бойових сокир і молотів. Усередину кістки засипався пісок, що відігравав роль абразиву. Це було принципове і досить важливе удосконалення, що значно розширило можливості свердління. У ході роботи пісок поступово просипався з порожнини свердла під краї кістки і повільно стирив камінь, що просвердлюється.

У цей період з'являються великі кам'яні споруди культового призначення, створення яких для первісної техніки ставило, безпе-

речно, ряд складних технічних завдань, оскільки вага окремих кам'яних брил в конструкції споруд сягала декількох тон, а інколи й декількох десятків тон. У деяких випадках камені привозили більш як за 100 км.

Численні пам'ятки землеробських племен мідного віку відомі в Малій Азії, Месопотамії, Закавказзі, Середній Азії та в інших регіонах. Окрім землеробства населення займалось тут розведенням свійських тварин. Характерними особливостями землеробських культур є осілий спосіб життя, досить розвинене глинобитне житлобудування, а у деяких народів – із застосуванням першої обпаленої глини – прототипу сучасної цегли.

1.9 Поява та розвиток ткацтва

Вже на ранніх етапах людства виникла проблема одягу: адже раніше мисливці одягалися в звірині шкури. Ще близько 25-30 тис. р. до н.е. людина освоїла плетіння як, елементарну основу текстильного виробництва. Як сировина використовувалися деревна кора, стебла і листя рослин, а також тваринне волосся. З них людина почала плести смуги і стрічки для шиття одягу, навчилася скручувати вірьовки і зсукувати нитки.

Ткацтво кардинальним чином змінило життя і вигляд людини. Замість звіриних шкір люди одержали одяг із лляних, вовняних або бавовняних тканин.

Спостерігаючи за властивостями рослин, люди помітили, що багато з них мають у своєму складі пружні і гнучкі волокна. До числа таких волокнистих рослин, що використовувалися людиною вже в давнину, відносяться льон, коноплі, кропива тощо.

Ще близько 5000 років до н.е. в долині Нілу землероби стали вирощувати рослини з довгими волокнами – перш за все *коноплі* та

льон, стали прясти і ткати льняні тканини. А ще раніше люди вміли вилучати волокна зі стебел луб'яних рослин, плести з них подобу тканин і використовували їх для прикриття свого тіла.

Після приручення тварин наші предки одержали разом з м'ясом і молоком велику кількість вовни, яку стали використовувати для виробництва тканин. Отже, другим волокном, що освоїла людина була *вовна*. Найбільш рання дата, пов'язана з вівчарством і виробництвом вовни, підтверджена розкопками, відповідає 4000 р. до н.е. У Стародавній Месопотамії розводили овець, пряли вовну і ткали примітивні тканини.

Третє природне волокно – *шовк*. Імовірно, батьківщиною його виробництва був Китай – за легендою китайська імператриця *Хен Лінг Чи* (2600 років до н.е.) першою відкрила це чудове волокно.

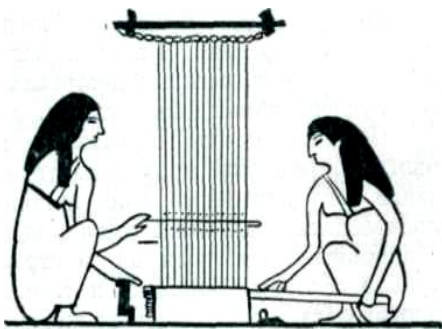


Рис.1.7. Ткалі. (Із розпису гробниці Хнумхетена XII Єгипет), [7].

Четверте натуральне волокно, освоєне людиною – *бавовна*. Перше матеріальне підтвердження його виробництва відноситься до III тисячоліття до н.е., про що говорять археологічні розкопки поселення в Індії. Відомо, що китайці разом із шовковими тканинами використовували й бавовняні. Отже, не

пізніше 2500 р. до н.е. бавовна була розповсюджена на територію Стародавнього Китаю.

Однак перш, ніж наші предки навчилися ткати, вони в досконалості освоїли техніку плетива. Тільки навчившись плести циновки з гілок і очерету, люди змогли приступити до "переплетення" ниток. Процес виробництва тканини має дві основні операції – одержання пряжі і одержання полотна (власне ткацтво).

Перед початком прядіння треба було підготувати сировину. Вихідним матеріалом для пряжі служить прядильне волокно. Найдавнішим пристосуванням для виробництва пряжі було ручне веретено, а близько 100 р. до н.е. з'являється примітивна ручна прядка, яка впродовж наступних 20 століть була найефективнішим пристроєм для одержання пряжі.

Перші ткацькі верстати були вертикальними. Вони являли собою два вилкоподібно розщеплених бруски, вставлених у землю, на кінці яких поперечно укладався дерев'яний стрижень. До цієї поперечки прив'язували одну біля іншої нитки, що складали основу. Нижні кінці цих ниток вільно звисали майже до землі. Щоб вони не сплутувалися, їх натягали підвісами. Починаючи роботу ткаля брала в руку човник із прив'язаною до нього ниткою (ним могло бути й саме веретено) і пропускала його крізь основу таким чином, щоб одна висяча нитка залишалася по одну сторону човника, а інша – по іншу. Такий спосіб буквально повторював техніку плетива і вимагав багато нитки основи. Для кожної з цих ниток необхідним був особливий рух. Скільки ниток було в основі, стільки й послідовних рухів потрібно було зробити для просмикування човника тільки в одному ряді.

1.10 Україна в первісні часи

Зусиллями багатьох поколінь Україна вже за палеоліту була високорозвиненим регіоном, що забезпечувалось значними покладами кременю та широким використанням вогню.

Археологами знайдено безліч стоянок прадавньої людини на території України. Найдавнішою (близько 1 млн. р. до н.е.) вважається пам'ятка поблизу с. Королеве в Закарпатській обл., де знайде-

ні класичні для цього часу ручні кам'яні рубила багатофункціонального призначення. Величезна кількість пам'яток середнього палеоліту виявлена в Криму та в басейні Дністра. Саме тут знайдені чи не найдавніші з досі відомих людських осель віком понад 44 000 р. – це наземні курені овальної форми, що обкладались по периметру великими кістками тварин.

Біля тисячі археологічних пам'яток в Україні належать до пізньопалеолітичної епохи – це стоянки первісної людини в Дністровсько-Карпатському регіоні, у Приазов'ї та Середньому Подніпров'ї. Виявлений інвентар на цих стоянках налічує сотні тисяч традиційних для цього часу кам'яних та кістяних виробів, а також перші у світі музичні інструменти. Про високий рівень духовності прадавніх мешканців України свідчать створені ними різноманітні прикраси, скульптурні зображення лідей та тварин, вироби, що містять загадкові знакові зображення, які вважаються доведенням існування системи лічби, або ведення хронології.

У мезоліті, який на Україні датується 9–5 тис. р. до н.е., жили десятки осілих племен, які займались мотичним землеробством, мисливством та рибальством. Були освоєні нові технології обробки каменя: розпилування, свердління та шліфування. Виготовляється глиняний посуд, з'являється прядіння та ткацтво. Мисливці знали лук та стріли, освоїли індивідувальне полювання, використовували лижі, нарти, човни, швидко освоювали нові території. Подальшого розвитку набула технологія обробки кам'яних знарядь, з'явилися мікро– та макроліти. У цей же період зароджується й землеробство, розвивається рибальство. Влітку рибу ловили сітками, а взимку, під льодом, — загорожами і вершами.

Офіційно мідний вік в Україні датується 3300–2800 р.р. до н.е., хоча останніми дослідженнями доведено, що на Донбасі наші предки близько 4 тис. р. до н.е. добували мідну руду та вміли одержувати з неї мідь.

Економіка мідного віку характеризується як землеробсько-скотарська. Відбувається перехід від мотичного до орного землеробства з використанням рала і тяглової сили волів, з'являються дерев'яні двоколісні гарби – перший колісний транспорт. Зображення таких двоколісних гарб є, наприклад, на плитах Кам'яної Могили поблизу Мелітополя. Вперше на території України рештки дерев'яних гарб знайдено в кургані Сторожова Могила поблизу Дніпропетровська. Домашні промисли – ткацтво, виробництво кераміки, чинбарство, – виокремлюються в окремі ремесла.

Класичною землеробською цивілізацією мідного віку України вважається Трипільська культура (відкрита поблизу с.Трипілля на Київщині). Трипільці вирощували пшеницю, ячмінь, просо. Землю обробляли роговими мотиками, а врожай жали кістяним серпом з крем'яними вкладишами. Відомі були трипільцям і зернотерки, якими зерно переробляли в муку та крупу. Займалися також і скотарством, тримали биків, свиней, овець, кіз.

Трипільці з успіхом обробляли мідь, яку не тільки кували, але могли вже й плавити. Знали витяжку, рубання і пробивання отворів у металевих виробах. Досить цікавий скарб мідних речей у трипільському розписному горщику знайдено в с. Городниця Івано-Франківської області: провушна сокира-тесло, клиноподібна сокира, кинджал, уламки діадеми і кілька десятків намистин. Дослідження на спектральний аналіз показали, що всі вони виготовлені з

чистої міді, яка ймовірно надходила з Балкан чи Нижнього Подунав'я.

У трипільців було високо розвинене прядіння і ткацтво, про що свідчать знахідки глиняних прясел до веретен і тягарців від примітивного ткацького верстата. Іноді на днищах трипільських керамічних виробів трапляються відбитки тканин двох способів ткання — полотняного і репсового. Доведено існування в Трипіллі візерункового ткання та використання фарбованих ниток різних кольорів.

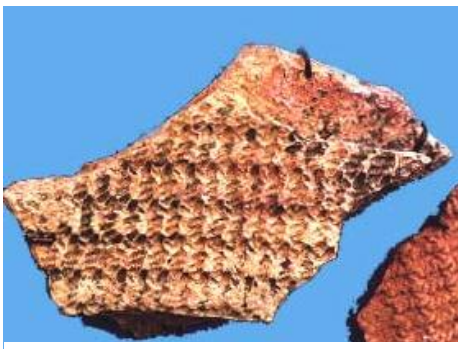


Рис.1.8. Зразки візерункових тканин, знайдені в трипільських поселеннях (бл. III ст. до н.е.), [48].

Залежно від функціонального призначення тканини, трипільці пряли різні завтовшки нитки, інколи їх навіть зсучували з двох, щоб отримати грубу нитку. Загалом можна впевнено стверджувати, що на початку пізнього етапу трипільської культури в господарстві стародавнього населення України ста-

лися важливі, якісно нові зміни в розвитку ткацтва, а саме: виготовлення та багатофункціональне використання в побуті тканин з волокон рослинного і тваринного походження. Це ремесло відіграло вже помітну роль у господарстві трипільців. Знахідки їх відбитків, зшитих із двох шматків або залатані, свідчать про те, що тканини високо цінували, а їх залишки використовували до повного зношення.

Дослідники також відзначають, що різні способи переплетення у тканинах, зшивання шматків тощо свідчать про те, що в побут трипільців уже ввійшло полотняне вбрання, помітно витіснивши одяг зі шкіри.

Культура Трипілля характеризується досить високим рівнем житлобудування. Помешкання споруджувалися з глини, мали прямокутну форму, двосхилу покрівлю, ділилося на кілька частин, у кожній з яких були піч, жертovníк, місце для посуду. Забудова поселень здійснювалася колом, в центрі був загін для худоби.

2 Становлення техніки стародавніх цивілізацій

В кінці IV – III тисячолітті до н.е. творцями перших цивілізацій на Землі стали народи, які заселяли долини рік – Тигру, Євфрату, Нілу, Інду, Гангу, Янцзи і Хуанхе. Вирішальну роль у цьому відіграла наявність наносних родючих земель, які утворювалися завдяки періодичним розливам рік. В таких місцевостях об'єднання зусиль первісних общин, накопичення спостережень за часом розливу рік, іригаційні роботи забезпечували досить багаті врожаї. Навіть кам'яні, дерев'яні та мідні знаряддя дозволяли вести тут значні земляні роботи і одержувати високі врожаї. Отже, створювалися умови для майнового розшарування і виникнення держави.

2.1 Наукові та технічні досягнення Давньоєгипетської цивілізації

Заселення території Єгипту відбулося ще в ранньому неоліті, проте тільки на початку III тисячоліття до н. е. утворилась єдина держава. Давньоєгипетська цивілізація існувала практично три тисячоліття.

Господарювання в долині Нілу неможливе без певних наукових знань. Так, у першу чергу, розвиток астрономії диктувався потребою обчислювати періоди розливу Нілу. Єгипетські жерці розробили надзвичайно точний для свого часу сонячний календар та розділили добу на 24 години, увели десяткову систему числення. Єгиптяни оперували простими дробами з чисельником 1, уміли обчислювати довжину кола і площу круга.

Чи не найбільшим чудом світу стали гробниці древньоєгипетських фараонів – *піраміди*. Першою поховальною спорудою, для якої камінь став основним будівельним матеріалом, була ступінчас-

та піраміда фараона Джосера, зведена під керівництвом архітектора, математика і лікаря *Імхотепа*. Під пірамідою вирубана скельна гробниця неймовірно складного планування. Вражає вміння каменотесів орієнтуватися в глибині скелі.

Згодом почали будувати геометрично правильні піраміди, які у Давньому царстві були основною формою царських поховань. Поблизу сучасного Каїра, в Гізі, розміщені найбільші з них – піраміди Хеопса, Хефрена і Мікеріна. Піраміда Хеопса досі залишається найбільшою з кам'яних споруд світу. Її висота досягала 147 м, а кожна із сторін має довжину 233 м. Учені підраховали, що піраміда Хеопса була складена з 2 300 000 величезних глиб вапняку, гладко відшліфованих, причому кожна з цих глиб важила більше двох тон. Вапнякові глиби ретельно обтесували і відшліфовували, а потім так майстерно притирали одна до іншої, що в щілину між двома каменями неможливо просунути лезо ножа. Камені щільно прими-

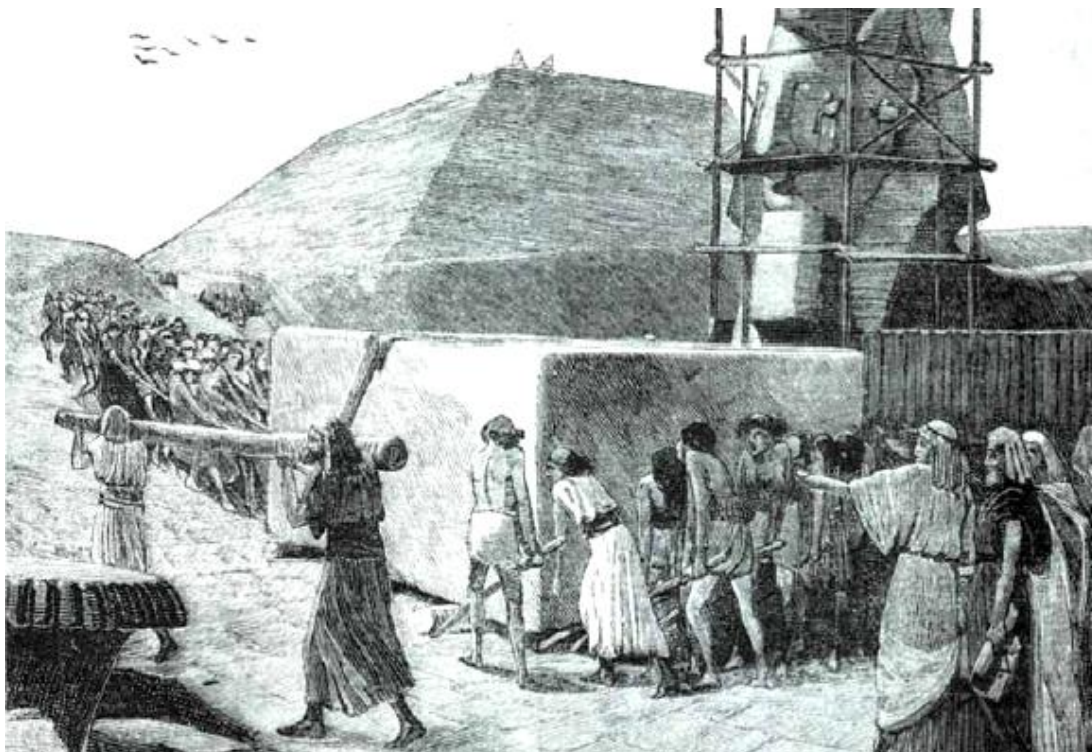


Рис.2.1. Використання важеля, катків, похилої площини та мускульної сили рабів на будівництві пірамід, [6].

кають один до іншого без будь-якого зв'язувального розчину. Точність роботи каменетесів і шліфувальників гідна здивування, особливо якщо уявити собі, що стародавні ремісники, що створили такі грандіозні пам'ятники людської праці, користувалися ще кам'яними знаряддями.

Піраміди були оточені *храмами*, про що буде детальніше розглянуто у главі 6.

Розквіт Давньоєгипетської цивілізації співпадає з епохою широкого розповсюдження *міді* та *бронзи* – мідного сплаву, який має чудові ливарні властивості, кується та точиться.

У Єгипті IV–III тисячоліття до н.е. вже вироблялись типові види мідних знарядь: плоскі широкі сокири і тесла, пилки з дерев'яними рукоятками, плоскі дволезові ножі, масивні гарпуни, риболовецькі гачки тощо. Мідні знаряддя володіли безліччю переваг – за допомогою кування можна було змінити форму мідного предмету, а розплавленій міді можна було надати таку форму, яку не можна було отримати наймайстернішою обробкою каменя. На відміну від кам'яних, мідні знаряддя були менш трудомісткими в шліфуванні. Зламане мідне знаряддя можна було легко виправити, переплавити його в нове. Мідь стала використовуватися для виготовлення нового вигляду виробів: труб, цвяхів, дроту і т.д. Застосування міді дозволило виготовляти більш довершені знаряддя праці: кинджали, сокири, наконечники списів, риболовецькі гачки, голки, деревообробні інструменти.

Близько 2200 р. до н.е. в Єгипті використовується класичний сплав бронзи — близько 90% міді і 10% олово, що свідчить про високий розвиток металургії та про вміння стародавніх єгиптян контролювати процес плавки.

З III–II тисячоліття до н.е. бронза стає основним матеріалом для виробництва зброї, знарядь, посуду і прикрас. Втім, разом з бронзовими продовжували використовуватись не тільки мідні, але і кам'яні знаряддя. Бронзові знаряддя виготовлялися переважно шляхом відливання у відкритих і закритих формах з подальшим гарячим або холодним куванням. Цікаво, що нерідко для кування бронзових знарядь уживалися кам'яні молоти (у Єгипті навіть без рукояток) і кам'яні кувадла.

Вироби стародавніх єгипетських майстрів з бронзи свідчать про високу майстерність їх творців. Крупні предмети були зазвичай порожнистими, дрібні — з суцільного металу. Звичним способом лиття в цей період було так зване *лиття за восковими моделями*. Воно використовувалося в основному для відливання суцільних предметів. За цією технологією спочатку з воску виготовляли модель передбачуваного виробу. Потім цю модель обмазували глиною, висушували та нагрівали, в результаті віск витікав через отвори. Через ці ж отвори в глиняну модель заливали розплавлений метал. Після охолодження металу форму розбивали, і відливки оброблялися за допомогою зубила, шліфували та полірували.

Лиття порожнистих предметів застосовувалося з метою економії бронзи. Цей процес мало чим відрізнявся від суцільного лиття. Різниця полягала лише в тому, що спочатку з кварцового піску і глини виготовлялася *формувальна шишка*. Шишку покривали тонким шаром воску, з якого потім виліплювали модель передбачуваного виробу. Потім технологія литва повторювала процес відливання суцільних предметів, з тією лише різницею, що розплавлений метал заливався в простір між формувальною шишкою і стінками

моделі. Після охолодження металу глиняну модель обколювали, а готовий виріб знімали з формувальної шишки.

У Єгипті вже з 2800 р. до н.е. було відоме і залізо, яке аж до XVI ст. до н.е. вважалось дорогоцінним металом. Втім, залізні знаряддя застосовувалися спочатку разом з бронзовими і навіть кам'яними.

Посилення торгівлі, військові експедиції вимагали створення нових транспортних засобів. Використання металевих знарядь праці, розвиток теслярської і будівельної справи полегшували здійснення цього завдання. Водні річкові і морські шляхи відіграли в давнину виключно важливу роль. У Єгипті V тисячоліття до н.е. широко практикувалося спорудження *суден із стебел папіруса*. Борти папірусових барок були обтягнуті шкірами. Для міцності окремі деталі зв'язувалися тросами.

Уявлення про подальший розвиток староегипетських суден дають настінні рельєфи м. Саккари, що відносяться до 3000 р. до н.е.. Корпуси суден, що не мали киля і шпангоутів, набиралися спочатку з коротких дощок, конопатились очеретом і паклею. Скріплялося

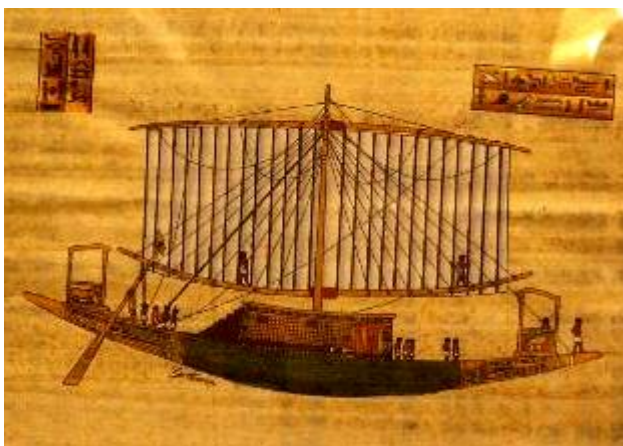


Рис.2.2. Серповидне єгипетське судно (зображення на папірусі), [24].

судно канатом, який стягував його на висоті верхнього поясу обшивки. Суцільна палуба виникла лише після того, як стали застосовувати довгі кедрові дошки, що доставлялися з Лівану. Для надання судну більшої міцності від носа до корми протягувався

міцний товстий плетений трос, який оберігав корпус судна від розламування на хвилях.

Якнайдавнішим з набірних суден, корпус яких складався з дощатої обшивки, відоме *серповидне єгипетське судно*, побудоване близько 2500 р. до н.е. Воно має водотоннажність 40 т, довжину 43,4 м і ширину 5,9 м.

За достовірними відомостями, вершиною транспортного суднобудування Єгипту була баржа завдовжки 63 м, шириною 21 м при висоті бортів 6 м. Судно водотоннажністю 1,5 тис. т було побудовано інженером-суднобудівником *Інені* по велінню цариці Хатшепсут (1503— 1482 рр. до н.е.) для перевезення багатотонних обелісків в священне місто Луксор.

Близько III тис. до н.е. в Єгипті з'являються вироби з *фаянсу*. Основа фаянсових виробів – товчений кварц, гірський кришталь і

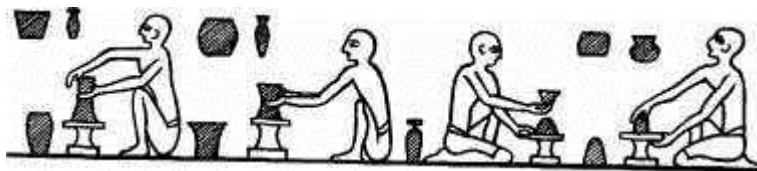


Рис.2.3. Робота гончарів, Єгипет, близько III тис. до н.е., [7].

розмелена біла кварцова галька. Залежно від призначення виробу його виготовлення було пов'язане з

формуванням в спеціальних формах або на *гончарному крузі*, який з'являється майже одночасно в Єгипті та Межиріччі. При виготовленні в спеціальних формах майбутній виріб ліпився на каркасі з дерев'яних стрижнів. Гончарний круг застосовувався для виготовлення фаянсового посуду. Залежно від домішок різних оксидів металів виготовлялися вироби з чорного, червоного, синього і зеленого фаянсу.

Досить високого рівня досягли в Єгипті *прядіння і ткання*, де ткацькі верстати до I тисячоліття до н.е. були вдосконалені настіль-

ки, що і в даний час використовуються в деяких місцях в незмінному вигляді.

Про розмах ткацького виробництва свідчить той факт, що з часу Середнього царства (кінець III тисячоліття — 1600 р. до н. е.) в Єгипті у володіннях фараонів, храмів і крупних землевласників існували великі ткацькі майстерні, в яких ткачі працювали під наглядом «начальників ткачів». Тканини вироблялися з льону та конопель, а згодом і шерсті. Особливих висот текстильне виробництво в Єгипті досягає у I тисячолітті до н.е. . Тут відомі були гладкі тканини полотняного і саржевого переплетення, дрібноузорчаті тканини з фоном полотняного переплетення, махрові тканини, парча, тканини, виконані в гобеленовій техніці.

Єгипетські майстри, не вникаючи в суть хімічних процесів, володіли емпіричними технологіями виробництва різних видів скла, фарб, глазури, емалей, консервувальних засобів тощо. Примітивні, часто фантастичні уявлення про хімічні процеси були властиві навіть ученим того часу. Втім, майстри зазвичай і не ставили перед собою питань про суть цих явищ. Вони успішно розвивали ряд галузей ремесла, які надалі перетворилися в те, що ми тепер називаємо *хімічною технологією*.

У різних галузях виробництва, в процесах, пов'язаних з відправленням релігійного культу (муміфікація), і в побуті знаходили широкі застосування відомі нам речовини — сіль, сода, вапно, клей і жири. Вже з III тисячоліття до н.е. єгиптянам були широко відомі зневоднюючі властивості соди. Сода вважалася найважливішим очисним засобом і використовувалася для хімічного розкладання жирів. Сода уживалася для гігієнічних цілей, приготування благовонних курінь, виготовлення скла, глазури, фарб, використовувалася

при приготуванні їжі, в медицині і для вибілювання полотна. Сода була основним засобом бальзамування.

Сіль уживалася не тільки як приправа до їжі, але і для засолу риби. Видобувалася сіль єгиптянами в штучних солончаках, де вона випаровувалася з морської води.

Важливе значення для розвитку хімічної технології мали *косметика* і *фармакопея*, оскільки рабовласницька верхівка суспільства пред'являла великий попит на різноманітні пахощі, фарби, ліки і заохочувала майстрів до пошуків в цій області. Ароматичні речовини в давнину уживалися в основному у вигляді запашних масел. Для їх приготування використовувалися запашні речовини з квітів, смола мирра, гіркий мигдаль, маслини, кардамон, мед, вино, гальбан тощо. Для виготовлення благовонних курінь використовувалися аравійський ладан, мірра і гальбан.

На жаль, після походів Олександра Македонського давньоєгипетська культура почала занепадати, але все ж через греків культурні досягнення Єгипту мали вагомий вплив на зовнішній світ.

2.2 Технічні досягнення в Стародавній Месопотамії

Месопотамія, Межиріччя або Дворіччя – це область між ріками Тигром і Євфратом. Історія цього регіону налічує декілька тисячоліть. Перший етап розвитку Дворіччя відноситься до 3200-1800 р.р. до н.е. Якнайдавнішою державою була держава Шумер, яка незабаром після свого створення злилася з державою Аккад в єдине ціле. Подальший розвиток Межиріччя пов'язаний з історією двох крупних державних утворень – Вавілонії і Ассирії.

Месопотамію часто називають колискою людської цивілізації. У Месопотамії раніше, ніж в Єгипті починають будувати іригаційні

споруди. Іригація Месопотамії мала планомірний та великомасштабний характер. Повені Євфрату бувають нечасто, тому копалися величезні котловани, які заповнювалися водою під час повеней – так створювався запас води на час посухи.

Важливим моментом в розвитку землеробства став початок використання з III–II тисячоліття до н.е. сили тварин і перехід від мотичного землеробства до орного, із застосуванням дерев'яної сохи і *рала* — примітивного дерев'яного плуга, а також *борони*. Спочатку як тяглова сила в землеробстві використовувалася велика рогата худоба. У міру освоєння металів з них стали виготовляти сошники (лемеші) плугів та інші сільськогосподарські знаряддя — серпи, коси і т.п. У дрібних господарствах Межиріччя землю обробляли мотикою або легким плугом, запрягаючи в нього ослів або людей. У крупних господарствах користувалися важким плугом-сівалкою, який тягнули до чотирьох пар волів. Його обслуговували орач, погонич і сіяч, що сипав зерно в очеретяну трубку закріплену до плуга, якою воно попадало в борозну при оранці. Після цього мотиками подрібнювали грудки землі і боронили, щоб закрити насіння. Борonoю була дошка із зубцями або зубчатим валом – тягли її воли, осли або люди.

Основними продовольчими культурами Месопотамії, що вирощувались на зрошуваних землях, були ячмінь, часник, пшениця, горох, квасоля, боби, огірки, кріп, цибуля та фрукти – яблука, гранат, мигдаль, виноград, персики, інжир, айва та ін.. З технічних культур найважливішими були кунжут, льон і гірчиця.

З глибокої старовини в Межиріччі застосовувалося штучне запилення фінікових пальм. Важливу роль набуло тваринництво – виводились різні породи корів, коней, ослів, мулів, овець, верблюдів,

кіз, свиней. Розвивалося пасовищне тваринництво і стійлове утримання худоби.

У кінці IV тисячоліття до н.е. шумери будують великі міста. В Месопотамії не було готових будівельних матеріалів – каменю, дерева, тому всі гігантські споруди зводилися з *глиняної цегли*. Основними монументальними будовами були *храми і палаци*. Храми часто розміщувалися на вершині багатоступінчастих башт, які склалися з декількох складених суцільною цегляною кладкою платформ, розміри яких зменшувалися догори. Храм знаходився на верхньому майданчику, а піднятися до нього можна було довгими сходами або похилими підйомами.

Величними, як і культові споруди, були палаци правителів. Вхід до царських палаців прикрашали величезними статуями божеств – крилатих людинобиків та людинолевів. Рельєфи на стінах залів детально зображали життя правителя.

В основному з невідпаленої та частково з обпаленої і глазурованої цегли був побудований і Вавілон, що досяг особливого розквіту в I тис. до н.е. Вавілон був витягнутий із заходу на схід у вигляді правильного чотирикутника площею близько 4 км². Сторони цього чотирикутника були зорієнтовані за чотирма сторонами світу. Річка Євфрат ділила місто на дві нерівні частини; на лівому березі знаходилося Старе місто, на правому – менше за розмірами Нове місто. Навколо Вавілона розташовувалися фінікові і фруктові сади, вілли багатих городян, селища і хутори, де жили землероби і скотарі. Цар Навуходоносор II звів навколо цих околиць на лівому березі Євфрата зовнішню стіну завдовжки 18 км. В результаті територія Вавілона зросла до 10 км². Його населення складало не менше півмільйона чоловік. Навіть за сучасними масштабами Вавілон був ве-

ликим містом. Вавілон оточувало подвійне кільце кріпосних стін із зубчатими баштами. Зовнішня стіна сягала 7 м товщини, за 12 м від стіни знаходився рів, обнесений ще однією цегляною стіною завтовшки 11 м. У VI—IV ст. до н.е. Вавілон був найбільшим містом світу.

Центральна частина Вавілону забудовувалася за чітким планом 3-х та 4-х поверховими будинками. У основі планування міста лежали вісім широких проспектів, кожний з яких вів до центру міста, а вулиці перетинались під прямим кутом. У Месопотамії часто відбувалися повені, тому будівництво велося на насипних терасах. Майже всі споруди ставилися на високі цегляні платформи. Міський будинок виходив на вулицю глухими стінами. Все життя було зосереджене у внутрішньому дворі. Сім'я домовласника жила на нижніх поверхах, захищених від сонця. На верхніх поверхах розміщувалися господарські приміщення, мешкали прислуги тощо. Розкішні особняки були обладнані водопроводом, басейнами, каналізацією, у внутрішньому дворі був розташований сад.

На околицях міста будувалися, як правило, очеретяні і глинобитні хатини.

Величезні запаси нафти в надрах країни, про які знали вавілоняни, дозволяли використовувати сиру нафту для *освітлення жителів*. Для постачання жителів Вавілона водою був споруджений *акведук*, який був для свого часу технічним дивом.

Розкопки Вавілону дозволили уточнити, як виглядали легендарні “*висячі сади*” *цариці Семираміди* – одне із семи чудес світу. Це була кам'яна будівля, яка складалася із ступінчастих террас, кожен ярус яких спирався на колони заввишки двадцять п'ять метрів. Платформи ярусів, складені з плоских кам'яних плит, вистилали шаром

очерету, залитого асфальтом і покривали свинцевими листами, щоб вода не просочилася в нижній ярус. Поверх цього був насипаний шар землі, достатній для того, щоб могли рости великі дерева. Яруси, піднімаючись уступами, з'єднувалися широкими пологими сходами, викладеними кольоровою плиткою.

У Сирії й понині зустрічаються водоводи з кам'яних труб, що справно діють. Тут з незапам'ятних часів і до наших днів зберігся водопідіймальний пристрій – *наур*, гігантське дерев'яне колесо діаметром до 22 метрів з глеками на ободі, виконане без єдиного цвяха, що обертається силою течії річки.

Часті війни стимулювали зведення оборонних споруд. Міста Межиріччя стають справжніми фортецями.

Одним з найбільших відкриттів в історії людства був винахід *колеса*. Найстародавніше колесо було знайдено саме на території Месопотамії, його вік оцінюють у 55 століть. На шумерській піктограмі 5–4 тисячоліть, вперше було зображено подібність воза – санки на колесах. При розкопках шумерського м.Ури знайдено зображення колісних повозок на мозаїчному панно. На прапорі урських царів за 3400 р. до н.е. можна бачити, що колеса військових колісниць виготовлені із цільного шматка дерева. Такі суцільні колеса жорстко скріплялись з віссю та обертались разом з нею.



Рис.2.4. Середньоазіатський чигир – аналог наура, [12*].

Колесо в своєму первинному вигляді було покликане служити для заміни тертя ковзання тертям кочення при транспортуванні га-

баритних і важких вантажів. Вважається, що праобразом колеса стали *катанки* – стовбури дерев, що підкладалися під важкі вантажі при їхньому перетаскуванні з місця на місце. Можливо, тоді й були зроблені перші спостереження над властивостями обертових тіл: якщо колода-катанка з якоїсь причини в центрі була тоншою, ніж по краях, вона пересувалася під вантажем більш рівномірно і вантаж не заносило убік. Помітивши це, люди стали навмисне обпалювати середину колод так, щоб середня частина ставала тоншою, а бічні залишалися незмінними. Згодом, у ході подальших удосконалень, від цільної колоди залишилися тільки два вали на його кінцях, а між ними з'явилася вісь. Пізніше вали (колеса) стали виготовляти окремо, а потім жорстко скріплювати між собою. Ймовірно, так було відкрите колесо та з'явився *перший візок*.

У наступні століття безліч поколінь потрудилися над удосконаленням цього винаходу. При пересуванні рівною дорогою візки із суцільними колесами, що жорстко скріплювалися з віссю, були цілком придатні для використання, але таке з'єднання створювало ве-



Рис. 2.5. Зображення санок на колесах в піктограмі шумерського клинопису, 5-4 тис. р. до н.е., (а), колісна повозка з мозаїчного панно м.Уру, 3,5 тис.р. до н.е. (б), глиняний макет колісниці, Сірія, II тис. р. до н.е. (в), [1,4,8].

ликі незручності на повороті, коли колеса повинні обертатися з різною швидкістю – візок міг легко зламатися або перевернутися. Самі колеса були теж ще недосконалими, оскільки виготовлялись із суцільного шматка дерева. Тому візки були важкими і неповорот-

кими. Пересувалися вони повільно, а запрягали в них неквапливих, але могутніх волів.

Великим кроком вперед у розвитку техніки пересування став винахід колеса зі ступицею, насаженою на нерухому вісь. У цьому випадку колеса оберталися незалежно. Щоб колесо менше терлося об вісь, її стали змащувати жиром чи дьогтем. Заради зменшення ваги колеса в ньому випилювали вирізи, а для твердості зміцнювали поперечинами. Після відкриття металів стали виготовляти колеса з *металевим ободом* та *спицями*. Таке колесо могло обертатися в десятки разів швидше і не боялося ударів об камені. Запрягаючи у візок коней, людина значно збільшила швидкість свого пересування.

Перші колеса зі спицями були винайдені на півострові Мала Азія в ХХ ст. до н.е. Такі колеса використовувалися тільки в колісницях для перевезення людей, а в Єгипті їх вперше стали застосовувати і для вантажів. Найбільшого поширення колеса і всілякі вози набули в епоху античності у Стародавній Греції та Римі.

Дворіччя відоме якнайдавнішими *скляними виробами*, які відносяться до III тис. до н.е. Основними матеріалами для виготовлення *скла* служили кварцовий пісок, карбонат кальцію, природна сода або рослинна зола. Для додання склу різного кольору додавалася невелика кількість фарбної речовини: оксидів міді, заліза, свинцю, олова, кобальту, марганцю. При виробництві скла вказані компоненти змішувалися в глиняних тиглях і довготривало плавилась в спеціальних печах із вогнетривкої цегли, до отримання однорідної і світлої маси. Готовність скла досвідчений майстер визначав на око.

Після закінчення плавки скло розливали у форми або відливали невеликими порціями.

Для виготовлення різноманітних виробів використовувалася різна технологія. Раніше всього скло уживалося для бісерних прикрас. Намиста для них виготовлялися уручну, поштучно. Тонку скляну нитку обвивали навколо мідного дроту, обломлюючи нитку після кожної готової намистини. Пізніше для виготовлення бісеру витягали скляну трубку потрібного діаметру і потім розрізали її на намистини. У I тисячолітті до н.е. одним з найважливіших центрів склоробства стає Фінікія. Там із застосуванням покращеної технології виготовлялися литі скляні посудини та інші вироби з скла. У цей період дуття скла не знали. Вази формувалися на шишці з глини, насадженої на міцний стрижень, що відігравав роль рукоятки. Для більш рівномірного розподілу скляної маси її кілька разів швидко повертали та прокатували кам'яною плитою. Після цього стрижень і шишку витягували з виробу.

Багато спеціалістів вважають, що винахід *ручного гончарного круга* (IV тисячоліття до н.е.) теж належить шумерам. Гончарний круг в найбільш ранній і простій формі був маленькою круглою платформою для утримання глини при формуванні. Такий круг по волі обертався вручну на вертикальному стрижні. Археологічні знахідки підтверджують широке застосування цього пристрою в Дворіччі шумерського і вавілонського періодів.

Найбільше досягнення культури Месопотамії – започаткування *писемності*. Писемність створили шумери в IV тисячолітті до н.е.: спочатку з'явилося малюнкове письмо – *піктографія*, а згодом окремими знаками почали позначати вже не слово, а окремі склади і звуки – *клинопис*. З очищеної глини виготовляли табличку, напис

наносили паличкою або металевим стержнем. Готову табличку обпалювали у спеціальних печах.

В старовинному м. Ніневії знайдена перша в історії людства бібліотека. Завдяки розшифруванню “глиняних книг” отримано досить точні уявлення про рівень наукових знань у Межиріччі. Так, особливого значення набуло спостереження за зірками, яким приписувалася магічна сила. Вавілонянам була відома вся зоряна карта, яка може бути створена без телескопа. На основі астрономічних спостережень було розроблено достатньо точний місячний календар. Вавілонці користувалися сонячними та водяними годинниками.

Розвиненими для свого часу були й математичні знання: чотири арифметичних дії, зведення в квадрат і знаходження квадратного кореня, обчислення площі геометричних фігур. Сучасний розподіл кола на 360^0 і години на 60 хвилин сходять до шісткової асіро-вавілонської системи рахунку.

2.3 Техніка та технології Стародавньої Індії

Півострів Індостан вже в старовину був одним з найзаселеніших регіонів планети. Центрами цивілізацій, стали басейни рік Інд і Ганг, де місцеве населення почало займатися землеробством. Саме в Індії вперше стали вирощувати бавовну, рис, цукрову тростину, були приручені горбатий бик і слони.

У середині XIX ст. археологами були знайдені великі міста – Хараппа, Мохенджо-Даро, Калібанган та ін. Будівлі зводилися з обпаленої цегли, зв'язувальним матеріалом був гіпсовий розчин. Вулиці перетиналися перпендикулярно, на перехрестях кути будівель закруглялися, щоб не перешкоджати рухові. Прямі пара-

лельні вулиці тягнулися строго з півночі на південь, щоб гірський вітер безперешкодно освіжав повітря. Через канали, викладені цеглою, і глиняні труби *стічні води відводилися за межі міста*. Нічого подібного в інших державах того часу ще не зустрічалося.

Ремісники навчилися добре обробляти метали – мідь, олово, бронзу, золото, срібло. Ймовірно розвинена була торгівля, оскільки знайдені *вимірювальна лінійка та різноваги*.

Стародавня Індія є батьківщиною *булатної сталі*. Технологія отримання булату виявилася дуже складною і не набула широкого розповсюдження в давнину.

Стародавня Індія стала прабатьківщиною *бавовноткацького виробництва*. Як свідчать знахідки бавовняних тканин в Мохенджо-Даро, то ця галузь з'явилася в Індії близько 3 тис. р. до н.е. Звідси, мабуть, бавовна розповсюдилася і в інші країни. З Індії бавовник перекочував до Китаю (близько 2500 р. до н.е.), потім у Вавілон (VII ст. до н.е.), до Єгипту (VI ст. до н.е.) і Греції (II ст. до н.е.). При обробці тканин використовувалися набивання і високохудожнє фарбування тканин, для якого застосовувалися різноманітні фарби і протрави.



Рис.2.6. Залишки староіндійського храму в Анкорі, [31*].

Унікальні архітектурні пам'ятки залишила Кушанська імперія – це передусім всесвітньо відомі печерні храми.

Математики Стародавньої Індії знали квадратні і кубічні корені. Астрономи встановили, що Земля обертається навколо своєї осі і що причиною сонячних затемнень є Місяць, котрий переймає світло від Сонця. За часів Середньовіччя ці знання, як і індійські цифри, запозичили араби.

2.4 Основні відкриття винахідників Стародавнього Китаю

Найдавніші племена на території Китаю селилися, як і в інших давньосхідних цивілізаціях, у долинах великих рік, головною з яких була Хуанхе. Одне з цих племен – Шан, змогло ближче до середини II тисячоліття до н.е. створити першу державу.

Однак, ще у IV–III тисячолітті до н.е. в стародавньому Китаї значно розширюється коло ремесел, з'являється безліч предметів декоративно–прикладного мистецтва, створених висококваліфікованими майстрами: бронзові дзеркала, вироби з нефриту тощо. В цей же час у Китаї ведеться розробка рудних родовищ заліза, міді, олова. Тут вперше починають видобуток соляних розчинів за допомогою свердловин, які бурять на глибину до 900 м.

Саме в цей період починають закладатися основи Давньокитайської культури. Було винайдено шовкопрядіння, бронзоліварну справу, ієрогліфічну писемність, зародилися основи містобудування.

Вчені Стародавнього Китаю жили при дворах правителів держави, вели літописи, спостерігали небесні явища, добре знали історичні події минулого. Велика увага приділялася астрономії. Була встановлена тривалість місяця (поділявся на декади – повний скла-

дався з 30 днів, неповний – з 29) і сонячного року з 366 днів. У календарі були чітко визначені пори року.

Писемність з'являється в XIV – XI ст. до н.е. Початково існувало понад 3,5 тис. ієрогліфів, 2,5 тис. з яких збереглися і до наших днів. Для письма використовували гладку поверхню панцирів черепах і кісток тварин, а також довгі тонкі дерев'яні або бамбукові планки, які з'єднувалися потім шнурком.

У XI ст. до н.е. продовжився бурхливий розвиток астрономії, з'явилися нові прилади для визначення координат небесних світил – армілярні сфери. За 600 р. до н.е. було введено сонячно–місячний календар, а 350 р. до н.е. стало відомо, що тривалість сонячного року – 365,25 доби. У IV ст. до н.е. вченим *Ші Шенем* було складено перший у світовій історії зоряний каталог, до якого увійшло 800 світил. Починаючи з 240 р. до н.е. точно відмічалася кожна поява комети, відомої зараз під назвою Галея.

Формується китайська філософія. Виникають матеріалістичні переконання, в основі яких лежали уявлення про п'ять першоелементів (“стихій”) природи: *воду, вогонь, метал, дерево, землю*.

IV–III ст. до н.е. характерні для Китаю великою кількістю бродячих «докторів магічних наук», які займалися алхімією, шукали рецепт «еліксиру безсмертя» та намагалися штучним шляхом отримати золото і срібло. У своїх лабораторіях вони винайшли і багато посправжньому корисних ліків, отримали ряд металевих сплавів і фарбувальних речовин, освоїли способи плавки, перегонки, кристалізації та сублимації. Під час своїх дослідів китайські алхіміки виявили, що при змішуванні сірки, селітри і деревного вугілля відбувається спалах, а інколи навіть вибух. Так було винайдено порох.

Імператор *Цінь Ши-Хуанді* (221–207 р.р. до н.е.) розпочав грандіозне будівництво: були прокладені нові дороги, прориті канали, столиця імперії Сяньян обнесена могутніми мурами. Але головне будівництво розгорнулося на півночі, де Китай постійно діймали кочові племена. Щоб обмежити їх проникнення на територію імперії, почалося зведення знаменитої Великої Китайської стіни.

Для будівництва імператор скористався працею ув'язнених та увів трудову повинність для селян, не виключаючи жінок і дітей. На будівництві стіни працювало щонайменше 700 тис. людей та 300 тис. воїнів, які відбивали набіги хуннів і були наглядачами на будівництві. Зведення стіни розпочалося приблизно 214 р. до н.е. і продовжувалося десять років.

У II ст. до н.е. відновилися набіги хуннів, тому знову, вже за династії *Хань* (206 р. до н.е.–25 р. н.е.), цей важливий об'єкт довелося укріпляти. 121 р. до н.е. почалося двадцятирічне будівництво Біч-

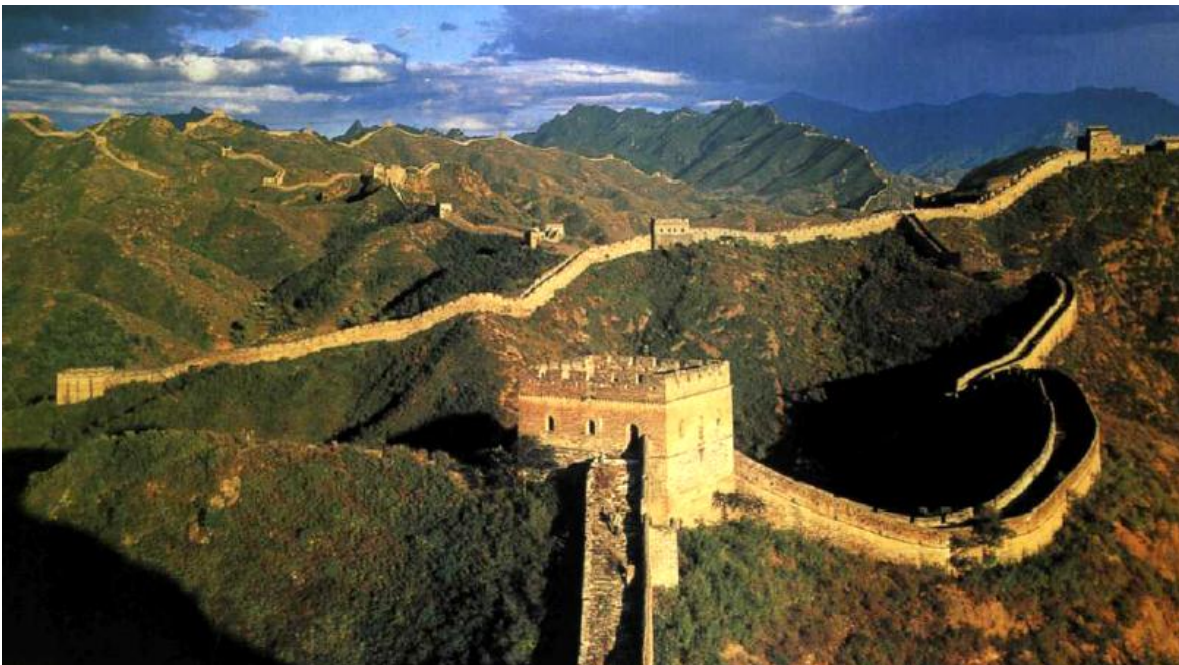


Рис. 2.7. Велика китайська стіна, [6*].

ної стіни від м. Шуйтена на сході до озера Лопу на заході. Під час цієї добудови кожні 2,5 км були зводились маяки, сторожові вежі –

кожні 5 км, форти – кожні 15 км, та замки – кожні 50 км. Добудова стіни сприяла розвитку сільського господарства в Північному і Західному Китаї і появі Великого шовкового шляху.

У XIII–XIV ст.. монгольські завойовники знову перетворюють Стіну на руїну. І лише за часів правління династії *Min* (1368-1644 р.р.) Велика китайська стіна була відбудована та набула вигляд, що зберігся до нашого часу. У цей період була зведена Внутрішня стіна, яка знаходиться на північ від Пекіна, перебудували сторожові башти, поновили частину цегляної та гранітної кладки, в стратегічно важливих точках з'явилися гармати, завезені португальськими купцями.

Велика китайська стіна – єдина в світі велична споруда, яку легко розгледіти з навколоразомної орбіти. Вона починається у Північно-Східному Китаї, біля м. Шаньхайгуань і тягнеться до м. Цзяюйгуань, перетинаючи гірські райони, долини річок і пустинні території.

Новий розквіт культури і мистецтва Китаю починається з утвердженням династії Хань. Масштабні гідротехнічні роботи, будівництво палаців, храмів, гробниць вимагали значних математичних знань. У I ст. н.е. було створено трактат “Математика в десяти розділах”, який узагальнив знання в цій галузі за декілька віків. Тут уперше зустрічаються від'ємні числа і даються правила операцій над ними.

Триває прогрес писемності. Замість загостреної палички, яка служила для письма лаком на бамбукових і дерев'яних планках, почали використовувати волосяний пензель. На рубежі нашої ери в Китаї була винайдена туш, а потім стали користуватися графітом. Нарешті, в I ст. н.е. китайці винайшли папір. Традиційно цей вина-

хід приписується *Цай Луню*. З II ст. н.е. папір набуває великого поширення, остаточно витісняючи бамбукові планки і шовк. До Європи він потрапляє лише у Середньовіччі від арабів.

Найвидатніший астроном старовини *Чжан Хен* (78 – 139 р.р. н.е.) зумів нарахувати 2500 зірок, розташованих в 124 сузір'ях. Він створив перший у світі небесний глобус, що відтворював рух небесних тіл, винайшов перший сейсмограф – прилад для реєстрації

землетрусів (сучасні сейсмографи з'явилися лише 1848 р.)



Рис.2.8. «Вогнена стріла» та порохова стовбурна зброя, [37].

Китайцям належить і винайдення першої реактивної зброї – "вогненні стріли", вживані вже у II-III ст. н.е.. Реактивний снаряд виготовлявся у вигляді паперової або бамбукової трубки, заповненої порохом та прив'язаної до стріли.

Стріла випускалася із засвіченою ракетною із звичайного військового лука, при цьому оперення забезпечувало стійкість у польоті. Дальність польоту вогненних стріл складала близько 300 м, що майже на 100 м перевищувало дистанцію польоту звичайної стріли.

У VII ст. алхімік *Сунь Сямю* написав свій «Твір про пілюлі безсмертя», в якому міститься детальний рецепт пороху.

У X ст. китайці вже застосовували у військовій справі декілька видів порохової зброї. Порох використовувався спочатку переважно як начинка для різних снарядів запального призначення. Потім з'явилися порохові снаряди вибухової дії. 1132 р. китайці вже використали першу порохову стовбурну зброю. Це були довгі бамбукові трубки, в які закладався порох. Кожну таку трубку тримали дві людини. Порох підпалювався, і з бамбукового стовбура виривався

струмінь полум'я, наносячи опіки воїнам супротивника. А 1259 р. в Китаї було винайдено *першу примітивну рушницю* – вона було товстою бамбуковою трубкою, в яку поміщався заряд пороху та куль.

Китайці були чудовими будівельниками і архітекторами. Зведення будівель на 2–3 та більше поверхів з багатоярусним дахом, критим кольоровою черепицею, було звичайною справою. Подібний тип будівель увійшов в архітектурну традицію і зберігся в Китаї на довгий час.

2.5 Виникнення елементарних машин

Машина – це механічний пристрій, здатний виконувати певний вид операцій, виконувати роботу перетворюючи один вид енергії в інший. Залежно від виконуваних функцій розрізняють машини: *робочі*, які здійснюють обробку матеріалів з метою зміни форми, властивостей, стану чи положення предмета; *енергетичні* – перетворюють енергію; *контрольно-інформаційні та обчислювальні* – призначенні для збирання, переробки, збереження, використання інформації, проведення розрахунків за наперед розробленою програмою.

Стимулом до застосування машин виявилась потреба у виконанні окремих трудових процесів, які людині стало важко або зовсім неможливо виконувати.

Первісне суспільство залишило сліди своєї діяльності, перш за все, в області технологічних машин в їх найпростішій формі. Такою машиною є вже згадуваний примітивний *верстат для свердління*. Обертальний рух, найбільш поширений в сучасній техніці, опановувався людиною ще в період становлення первісного сус-

пільства в пристроях для добування вогню. Спочатку це були дощечки з м'яких порід дерева, які піддавалися свердлінню паличкою з твердої породи, котру обертали між долонями, пізніше – обертання палички здійснювалося за допомогою лучкового пристрою – передвісника перших свердлильних верстатів.

Окрім поворотно-обертального руху запалювальних і свердлильних пристроїв, було освоєно й однонаправлений обертальний рух у пристроях для виготовлення посуду з глини. Одним з якнайдавніших методів виготовлення посуду було ліплення їх з довгих глиняних валів, що накладаються спіраллю. Такий процес виготовлення вимагав від ремісника обертання виробу, що зручніше було робити на округлій дощечці, яка поступово одержала вісь обертання. Так виникла ще одна проста технологічна машина — *гончарний круг*. В ньому вперше був застосований маховик, який приводився в рух ногами гончара та стабілізував швидкість обертання.

Виникнення *елементарної транспортної машини* (візок, гарба, колісниця тощо) обумовлено необхідністю підйому і переміщення вантажів понад фізичні можливості людини. Рішення подібної за-

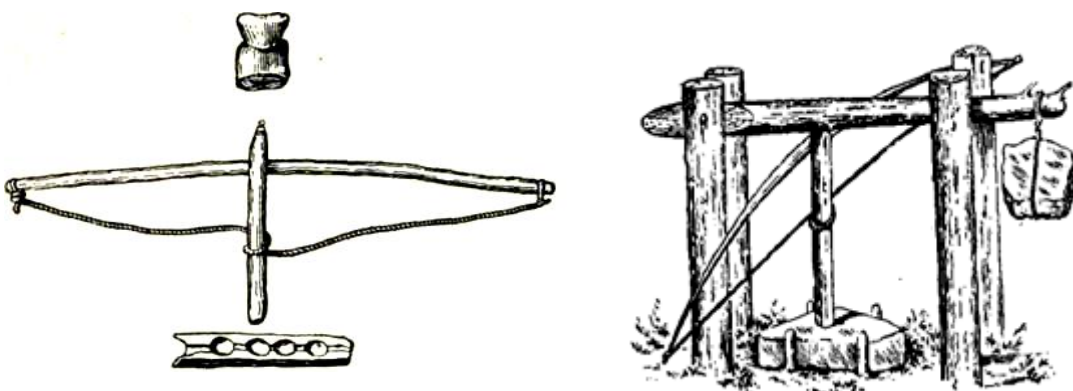


Рис. 2.9. Від лучкового свердління до першого свердлильного верстата (машини), [4,30].

дачі були підказані досвідом внаслідок використання важеля та ка-

тків. Перші візки на колесах з'являються за 4500–3500 тис. р. до н.е. в Месопотамії та приблизно в цей же час в Індії.

Однією з ранніх технологічних машин є й *зерновий млин*. Спочатку процес помолу зерна забезпечувався поворотно-поступальним рухом одного каменя плоскою поверхнею іншого. Низька продуктивність такого пристрою визначалася повільним рухом верхнього каменя, прискорити який важко внаслідок прояву інерції при змінах напрямку руху каменя. Тому єдиним правильним рішенням був перехід від поворотно-поступального руху до обертального, швидкість якого можна було значно збільшити. Таке рішення було виражене в новій конструктивній формі каменя-жорна, що обертався у поглибленні нерухомого нижнього каменя. Так, у уже в перших млинах енергетичні функції були виразно відокремлені від технологічних, а робота технологічної машини стала визначатись ефективністю роботи енергетичної машини (двигуна), наприклад, у вигляді однонаправленого обертального руху водяного колеса чи вітряка. Так, вітряки відомі були ще персам у IV ст.



Рис. 2.10. Примітивний дерево-обробний верстат від лучкового приводу, [20*].

до н.е, а перші водяні колеса, як приводи млинів з'явилися в Александрії близько I ст. до н.е..

Від бронзового віку часів стародавньоєгипетської цивілізації збережені предмети, які засвідчують їхню обробку на токарному верстаті. Історично знайдені *перші токарні верстати* нале-

жать тільки до 650 р. до н.е.. Верстат мав два співвісних центри, між якими затискалася заготовка з дерева або кістки. Раб або під-

майстер обертав заготовку лучковим приводом, а майстер тримав різець в руках і, притискуючи його в потрібному місці до заготовки, знімав стружку, надаючи їй необхідну форму.

Марокканські ремісники до наших днів успішно використовують токарні верстати з лучковим приводом (рис.2.10).

3 Розвиток знань про метали. Становлення металургії та металообробки

3.1 Металургія кольорових металів античного періоду

Окрім заліза і бронзи у виробництві та побуті античного часу широко застосовувалися свинець, олово, срібло, золото і різні сплави. Розробка копалень в цей час перетворюється на одну з важливих галузей виробництва. Для добування срібної руди копали вузьку шахту, заглиблюючи її до рудоносного пласта. Від шахти у напрямку пласта рили вузькі штреки. У римських копальнях Іспанії в штреках застосовувалися дерев'яні кріплення, а робоче місце освітлювалося глиняними світильниками. Вся робота велася вручну за допомогою залізного кайла і заступа, застосовували також клин і молот. Для відкачування води використовувався архімедів гвинт, який приводився в обертання рабами. Такий механізм дозволяв не тільки відкачувати воду зі штолень, але і відводити підземні води, осушуючи проходи для вибірки породи. Крім архімедова гвинта використовувалися і інші водопідіймальні пристрої. Так, в підземних камерах римських копалень виявлені залишки водочерпальних коліс, що приводилися в рух мускульною силою. Діаметр таких водочерпальних коліс складав близько 5 м. З VI — V ст. до н.е. у

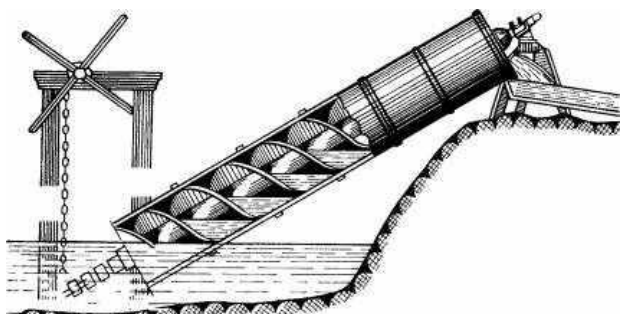


Рис.3.1. Водопідіймальний гвинт Архімеда, [19].

глибоких шахтах Греції для підйому руди починають використовувати ручні підіймальні пристрої, які склалися із барабана

(дерев'яної колоди), що приводився в обертальний рух за допомогою рукоятки. При цьому на барабан намотувався канат, до вільного кінця якого закріплюлася баддя для руди.

Для розмелювання руди використовували млини. Нижнє жорно млина мало конусну форму, у верхній частині якого була вправлена залізна вісь. На цій осі за допомогою дерев'яної рами оберталося верхнє жорно з воронкоподібними поглибленнями знизу і зверху. Верхнє жорно оберталося 4—5 разів, а іноді осли, ходячи колом.

Значні успіхи досягнуті були в ливарній справі – перш за все художнього лиття з міді, бронзи і інших мідних сплавів. З них виготовляли статуї, посуд, інші побутові предмети, а також військову зброю і панцирі. Метал плавив в плавильних печах, де паливом служило деревне вугілля, а вогонь безперервно роздувався міхами. Ливарні форми виготовляли з глини або каменю.

Близько VII–VI ст. до н.е. в античному світі при відливанні великих статуй та інших крупних виробів використовувався спосіб лиття за восковими моделями (відомий, як вже відзначалось, ще єгиптянам III–II тис. до н.е.). Як високомайстерний приклад бронзового литва є гігантська статуя бога Сонця на острові Родосі в III ст. до н.е. названа *Колосом Родоським*, пізніше зарахованим до семи чудес стародавнього світу. Основою тридцятишестиметрової статуї були три масивні кам'яні стовпи, скріплені залізними балками. Колос будувався на березі гавані на облицьованому білим мрамором штучному горбі. Скульптор-ливарник *Харес* трудився 12 років і ніхто не бачив статуї, тому що, як тільки на каркас прикріплювався черговий пояс бронзових листів, підсипався пісок, щоб майстрам зручніше було підніматися вгору. І лише коли насип був прибраний, родосці побачили свого бога-покровителя, голову якого

прикрашав променистий вінець. У споруді Колоса Родоського брали участь не менше сотні вільних майстрів — ливарників, ковалів, каменярів, теслярів, а також сотні рабів — землекопів і будівельників. Висота споруди складала 35 м. На жаль, це чудове творіння простояло менше 60 років. Під час землетрусу 220 р. до н.е. Колос звалився.

Значного поширення в Греції набула рельєфна обробка металевих виробів — *торевтика*. Майстри-торевти виготовляли бронзові дзеркала, парадний посуд, прикраси на зброї, різне художнє начиння. При виготовленні рельєфних прикрас вдавалися до чеканки, тиснення, гравіювання, різьблення, а також художнього лиття у форми. Як інструменти майстри застосовували всілякі чекани, металеві і кам'яні матриці, різці, рашпілі й інші інструменти.

У VII ст. до н.е. в Лідії (Мала Азія) *вперше були випущені срібні монети*. Вони були невеликими злитками металу неправильної форми. Існували два основні способи виготовлення монет — лиття і чеканка. При литті метал заливався у форму, на якій було вирізане дзеркальне відображення. Форми для відливання виготовлялися з м'якого каменю або шляхом відбитку на глині чи гіпсі готової монети. Інший спосіб виготовлення монет був більш уживаний. Кружок металу поміщався між двома штемпелями. На верхньому штемпелі вирізували дзеркальне зображення однієї сторони монети, на нижньому або на ковадлі — дзеркальне зображення іншої сторони. Штемпелі виготовлялися з бронзи або заліза.

3.2 Зародження технології чорної металургії

Найбільш ранні знахідки залізних предметів з метеоритного заліза (VI–IV тис. до н.е.) знайдені в Ірані, Іраку та Єгипті (IV тис.

до н.е.). У Північній Африці і на Близькому Сході знайомство з новим металом починалося з самородного заліза приблизно в III-II тис. до н.е. Наприклад, в Месопотамії воно було відоме в III тис. до н.е., про що свідчать знахідки в м. Ур. Відзначимо, що метеоритне залізо найчастіше сильно збагачене нікелем, тому слабо піддається корозії.

Зразки заліза знайдені і в шарах II тис. до н.е. в Ассирії й Вавілоні. У текстах XIX-XVIII ст. до н.е., виявлених в руїнах староассирійської колонії Кюльтепе в Центральній Анатолії, згадується метал у 8 разів дорожчий за золото, який продається в невеликих кількостях. Але вже у палаці, побудованому в 1714 р. до н.е. царем Ассирії Саргоном, був виявлений цілий склад залізної криці. Є знахідки заліза, датовані початком II тис. до н.е. на Кіпрі та Криті.

Якнайдавніше рудне залізо могло бути отримане ненавмисно, як вторинний продукт складної бронзовометалургійної технології, в якій як флюс використовувався залізняк. На перших порах залізо було дуже дорогим, цінувалося досить високо і використовувалося переважно для виготовлення прикрас.

Ранні знахідки заліза, отриманого з руди, пов'язані з пам'ятками другої половини III тис. до н.е. Месопотамії, Анатолії і Єгипту. Вони походять або з поховань, або з древніх храмів. Довгий час вважалося, що в Єгипті залізо з'явилося дуже рано, оскільки воно згадувалося в деяких текстах. Залізо було піднесене фараонові Аменхотепу як подарунок від племен хетів, які мешкали на сході Малої Азії. Проте найбільш ранні залізні вироби єгиптян обмежувалися дрібними предметами: намистами, шпильками тощо.

Повсюдний розвиток нової технології почався лише тоді, коли люди навчилися добувати залізо з руди. Згідно загальнопоширеній

думці, найраніше залізнометалургійне виробництво зафіксоване в північних районах Анатолії. Вважається, що першими освоїли цю справу племена хеттів, які забезпечували предметами розкоші навколишні народи, але довго зберігали технологію в секреті. На користь останнього свідчить, як вважають історики, лист хеттського царя Хаттусилі III (1250 р. до н.е.) цареві Ассирії Салмансару I про постачання металу та подарунок – залізний кинджал. Мабуть, виробництво заліза дійсно було відоме хеттам, але розміри цього виробництва були достатньо незначними, хоча і дозволяли їм торгувати.

З XIII ст. до н.е. залізо стало розповсюджуватися набагато швидше. Вже у XII ст. до н.е. воно було відоме в Сирії та Палестині, а до IX ст. до н.е. – майже повністю витіснило бронзу з широкого вжитку і дуже швидко стало предметом широкої торгівлі. Експорт заліза йшов через Євфратську долину і гори Північно-Сирійського союзу на південь і на північ через понтійські колонії. Цей шлях називався залізним.

За сучасними даними, технологія науглецьовування і гартування заліза була винайдена в Західному Середземномор'ї, на Кіпрі або в Палестині біля XII-XI ст. до н.е.

Вірменія також вважається одним з районів ранньої появи заліза, яке там увійшло до постійного ужитку в IX ст. до н.е.,

хоча в Закавказзі перші залізні вироби відносяться ще до XV-XIV ст. до н.е.. Вони знайдені в похованнях Самтавро і Тлі. Населення Урарту цього періоду теж широко використовувало залізні предмети.



Рис.3.2. Виплавка заліза у древніх персів (1500–1000 р. до н.е.), [4].

Шматки кричного заліза знайдені на Криті та датовані XIX ст. до н.е., але місцеве виробництво заліза на Егейських островах починається приблизно на початку I тис. до н.е. Розповсюдження заліза в Греції співпало за часом з епохою Гомерівського епосу (IX–VI ст. до н.е.).

Допускається, що до Європи залізо потрапило зі сходу різними шляхами: через Грецію–Балкани, або через Грецію–Італію–північні Балкани, або через Кавказ–Південну Україну–Карпатський басейн. Ранні знахідки заліза тут концентруються в основному в Західних Балканах і в Нижньому Придунав'ї та відносяться до періоду з другої половини II тис. до н.е. до VIII ст. до н.е..

У Середній Європі залізо з'явилося в VII ст. до н.е.. Залізометалургійне виробництво було добре освоєне кельтами близько V–IV ст. до н.е.: вони поставляли залізо римлянам і навіть навчали їх ковальському ремеслу, вміли сполучати м'яке залізо і тверду сталь в одному предметі, отримуючи тим самим ковкий матеріал, що легко піддається обробці, і в той же час готові вироби мають гострий та не крихкий ріжучий край. У Скандинавії суперництво бронзи із залізом тривало на початку нової ери, а в Британії – лише в V ст. н.е.

Перехід до виробництва заліза в Старому Світі відбувся в кінці II тис. до н.е., масовим же воно стало пізніше – в I тис. до н.е.. У Східному Середземномор'ї, де досить рано був відкритий процес науглецьовування та почалося виробництво сталі. Тут залізо успішно конкурувало з бронзою відразу після своєї появи.

У Південно-Східній Азії вироби з кричного заліза з'явилися в середині I тис. до н.е., а в другій половині цього тисячоліття вони

вже широко застосовувалися в господарстві. Спочатку були популярні біметалеві речі, пізніше – виготовлені повністю із заліза.

В кінці II тис. до н.е. в Китаї також були відомі біметалеві предмети, залізо в них мало метеоритне походження. Перші вісті про нього відносяться до VIII ст. до н.е.. Справжнє ж виробництво заліза почалося приблизно в середині I тис. до н.е.. Але на відміну від європейської культури, в Китаї дуже рано навчилися отримувати високі температури і відливати залізо у формах, тобто отримувати чавун.

У багатьох народів Африки обробка міді і заліза стали відомими одночасно. Деякі племена перейшли до заліза відразу з кам'яного віку. В цілому, перехід до заліза на африканському континенті охопив другу половину I тис. до н.е..

Америка характеризується своїми особливостями. Тут виділяється декілька вогнищ ранньої появи металу. У Андах, відомих своїми багатючими запасами металевих руд, першим відомим металом стало золото, причому, зародження металургійного і керамічного виробництв відбувалося там одночасно. З XVIII ст. до н.е. і в другій половині II тис. до н.е. тут уживалися золоті і срібні речі. У Перу першим був отриманий сплав міді та срібла, який високо цінувався населенням Американських цивілізацій. Цікаво, що мідь спочатку отримували ковальським способом і лише пізніше стали її відливати. Племена майя – найдавніша цивілізація американського континенту, металургію освоїли лише в VII-VIII ст. н.е..

У Північній Америці першим металом стала мідь. Залізо з'явилося лише в I тис. до н.е. спочатку в західних районах. На перших порах уживалося як і всюди – метеоритне, потім і кричне залізо. У

Австралії чорна металургія з'явилася в епоху Великих географічних відкриттів.

3.3 Винайдення технології одержання кричного заліза

Вільне самородне залізо в земній корі, на відміну від міді, майже не зустрічається, але воно входить до складу багатьох мінералів і поширене більше кольорових металів. У давнину його можна було добувати буквально всюди – з озерних, болотистих, лугових й інших руд. Однак, у порівнянні з металургією міді, металургія заліза є досить складним процесом. Залізо плавиться при температурі 1539 °С. Така висока температура була зовсім недоступна древнім майстрам. Тому залізо увійшло в побут людини значно пізніше міді.

Протягом багатьох століть залізо добувалося в *сиродутних печах*. Найбільш розповсюджені залізні руди (магнітний залізняк, червоний залізняк і бурий залізняк) являють собою або з'єднання заліза з киснем (оксид заліза), або гідрат окису заліза і для виділення металевого заліза з цих сполук, необхідно відновити його. Зрозуміло, древні майстри не мали поняття про складні хімічні процеси, що відбувалися при відновленні заліза. Однак, спостерігаючи за плавленням руди, було

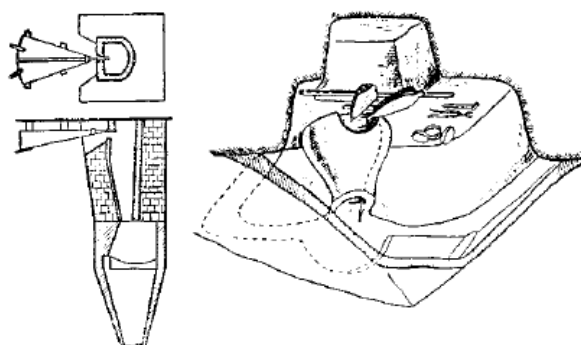


Рис.3.3. Схема сиродутного горна для одержання криці, [17].

встановлено, що температура в печі повинна бути більшою, ніж при виплавлення міді. Це привело до пошуків особливого устрою

печі. Як правило, піччю слугувала кругла яма, стіни якої зсередини обмазувалися товстим шаром глини. З зовнішньої сторони до цієї ями підводився отвір для нагнітання повітря. Над округлою нижньою частиною споруджували верхню у вигляді конуса. Як вже згадувалось, таку конструкцію печі використовували при плавленні мідних руд. Однак, при природному припливі повітря температура в печі піднімалася не вище 1000 °С, а для збільшення температури в піч штучно нагнітали повітря за допомогою міхів. Міхи робилися зі шкір і приводилися в рух вручну. За допомогою міхів у піч



Рис.3.4. Сиродутні печі, [3].

нагнітали сире не підігріте повітря, звідки й назва всього процесу – *сиродутний*. При цьому способі температура могла підніматися до 1200 °С, що дозволяло «витягувати» із руди не більше половини заліза, що містилося в ній.

Як паливо використовувалося деревне вугілля. Його засипали в самий низ печі – у яму. Зверху на нього укладали шарами здрібнену руду і вугілля. На самий верх засипали товстий шар вугілля. Після того як паливо внизу підпалювалося, починався сильний розігрів руди. При цьому йшла хімічна реакція відновлення заліза. Тістоподібне залізо, що було втричі важчим шлаку, опускалося вниз і осідало в нижній частині печі. У результаті на дні ями збирався комок м'якого заліза – *криця*. Такі печі дозволяли одержувати за один раз від 1 до 8 кг заліза. Воно складалася з м'якого металу з порожнечами, заповненими твердими шлаками.

Процес був непродуктивним, особливо якщо замість руди використовувався червоний пісок або болотяна грязь. Навіть з самої легкоплавкої руди в сиродутній печі відновлювалося не більше половини заліза. У випадках же використання іржавого піску, в якому самого заліза було мало, а шкідливих домішок (фосфору і сірки) багато, крицю на декілька років опускали у воду. За цей час фосфор і сірка окислювалися майже повністю, а частина заліза ще не встигала. Загалом, сиродутна технологія оцінюється такою, що давала в середньому не більше 1 кг заліза на плавку.

Не дивлячись на це, сиродутна технологія отримання заліза зберігалася в багатьох регіонах досить довго. Тільки у Індії сиродутні печі вийшли із вжитку на початку I тисячоліття до н.е., в Китаї ж вони служили до II ст. н.е., на Арабському Сході – до VII ст., в Західній Європі – до початку XIV, а в Росії – до кінця XVI ст..

Подальша обробка відбувалася в кузні, де крицю знову розігрівали в горні й обробляли ударами молота, щоб видалити шлак. У металургії заліза кування на багато століть стало основним видом обробки металу, а ковальська справа стала найважливішою



Рис. 3.5. Робота ковалів, [17].

галуззю виробництва. Тільки після кування залізо набувало задовільні якості. Чисте залізо, утім, неможливо використовувати через його м'якість. Господарське значення мав тільки сплав заліза з вуглецем, який містив від 0,05 до 2,0 % вуглецю, тобто сталь, яка мала нову чудову властивість – здатність до загартування. Для цього виготовлений інструмент нагрівали до

червоного кольору, а потім охолоджували у воді. Після загартування він ставав досить твердим і здобував чудові різальні якості.

3.4 Технології заліза в античний період

Одним з важливих нововведень в технології заліза було вироблення в Китаї починаючи з IV ст. до н.е. заліза у вдосконалених горнах із штучним дуттям та одержання відливок з нього. Використання кам'яного вугілля та застосування поршневих міхів, які приводилися в рух людьми чи водяним колесом, – дозволило досягти вищих температур. Китайські печі мали форму прямокутних канав, які були викладені вогнетривкою цеглою. У них розміщувалися тиглі, між якими насипали кам'яне вугілля. Китайська технологія дозволяла отримувати ковке залізо з тією або іншою кількістю вуглецю, тобто *сталь*.

Біля IV ст. до н.е. в Китаї був відкритий спосіб поверхневого науглецьовування залізних виробів шляхом занурення їх в розплавлений чавун.

Високий розвиток отримала залізна металургія в Індії. Пам'ятником досягнення індійської металургії IV ст. н.е. є знаменита колона в Делі заввишки понад 7 м і масою 6,5 т, зварена з декількох сот криць. Залізо цієї колони відрізняється дивовижною чистотою. Древні металурги для одержання чистого заліза розтирали кричне залізо в порошок і пресували його. А потім отриманий чистий порошок заліза розігрівали до червоного кольору і під ударами молота його частки зварювались в одне ціле – зараз такий спосіб називається *методом порошкової металургії*. Установлено, що вона виготовлена майже з чистого заліза (99,72%) і містить лише незначні

домішки вуглецю, сірки і фосфору. Цим і пояснюється її довговічність й корозійна стійкість.

Ореол таємничості і слави ходив світом про булатну сталь, батьківщиною якої була Стародавня Індія. Про булатну сталь чи не найпершим згадує давньогрецький вчений Арістотель, що жив у IV ст. до н.е., а також деякі інші античні та середньовічні автори, що відзначали виняткову стійкість і гостроту булатних шабель, мечів і кинджалів. З Індії в країни Сходу ввозили вутці – “хлібці” зі сталі. Вони мали вигляд плоского коржа діаметром 12,5 см, товщиною 2,5 см і вагою близько 900 г. Кожен такий хлібець був розрубаний навпіл, щоб покупець міг розглянути будову металу. Але тільки в руках гарного майстра така заготовка могла перетворитися в надійний клинок.

На зорі залізної металургії індійські майстри, використовуючи залізну руду виняткової чистоти, одержували метал, який після сильного науглецьовування графітом, знову розігрівали до досить на ті часи високої температури шляхом дуття, випалювали зайвий вуглець і остуджували метал в печі впродовж декількох діб. Отриманий таким чином метал називався булатом. Він містив зерна покриті зовні сталлю і наповнені залізом, внаслідок чого навіть при найтвердішому загартуванні не втрачав пружності (залізо усередині зерен гарту не піддавалося).

Але технологія отримання булату виявилася досить складною для широкого розповсюдження в давнину. Навіть проковувати крицю доводилося особливим прийомом, – при мінімальній температурі, щоб зерна не руйнувалися. Оскільки температура нагріву оцінювалася візуально, – за відтінком свічення металу, кували булат тільки безмісячними ночами. Це робило процес проковування дуже

трудомістким. Крім того, були потрібні графіт і особливо чиста руда. Виробництво булату було налагоджене в небагатьох місцях, – головним чином в Індії. Якийсь час булат виготовляли у Вавілонії, і в обмежених об'ємах – в Китаї.

Булатна зброя стала рідкістю і майже була забутою. Однак в Індії, на батьківщині булата, його виробництво остаточно зникло лише після навали європейців у XVIII ст.. Утім, цьому сприяв не тільки занепад національних ремесел, а й поява промислових способів лиття, удосконалення вогнепальної зброї й інші наслідки технічного прогресу.

Древня Індія взагалі славилася мистецтвом своїх металургів. Так, у багатьох древніх храмах зустрічаються залізні балки довжиною до 6 м. Для спорудження єгипетських пірамід знаряддя із заліза для обробки каменю виготовляли в Південній Індії. Головною визначною пам'яткою купольного мавзолею-мечеті в Ірані були двері гробниці хана, зроблені з найтоншої індійської сталі.

Дуже скоро, замість технології булату поширення набув більш довершений метод виробництва іншої сталі, що поєднувала твердість і пружність. Так для виробництва зброї з середини першого тисячоліття нашої ери став застосовуватися *дамаск*. На відміну від булату, для його отримання не були потрібні ні особливо чиста руда, ні графіт, ні спеціальні печі. У найпримітивнішому випадку, як це робилося в Японії, залізну заготовку розковували в довжину, складали навпіл, потім знову розковували і складали, – і так разів 30-40, поки вистачить металу, якого з кожним проковуванням залишалося все менше. Виходила заготовка, в якій шари з високим і низьким вмістом вуглецю виявлялися майже мономолекулярними, і

якій потім можна було надати будь-яку форму, зберігаючи напрям волокон.

За прогресивнішою технологією, прийнятою в Арабських країнах та в Китаї, спочатку витягувався дріт або стрічка з певним вмістом вуглецю, а потім вже з пучка дроту виковувався дамаск.

Називався цей метал дамаском або *дамаською сталлю*, оскільки європейці вперше побачили такі мечі у арабів під час хрестових походів. Освоїти цю технологію європейцям вдалося тільки з XVI ст., а середньовічного арабського рівня досягли тільки в XVIII ст.

Істотним недоліком технології дамаскування була велика витрата матеріалу. Вже готове залізо і сталь втрачали 85% ваги, поки перетворювалися на дамаск.

Ряд районів Греції і Малої Азії теж з VI — V ст. до н. е. були відомі своїми сортами сталі. Так, ще за часів Олександра Македонського синопську сталь вважали за краще вживати для теслярських інструментів, лаконійську — для напилків, свердел, лідійську — для мечів тощо. В Римі виробництво сталі зазнало подальшого вдосконалення. Кращі римські сталі містили більший відсоток вуглецю, ніж грецькі. Втім, виробництво сталі ще не відокремилася в окрему галузь металургії.

Значні зміни відбулися в ковальській справі: було вдосконалено ковальські міхи з сильним дуттям, винайдена гвоздильна дошка, якою користувалися разом із старою технікою кування цвяхів, ширше використовувалася слюсарна техніка.

3.5 Поширення заліза на територіях Східної Європи

На території Східної Європи в курганах ямної культури III тис. до н.е. знайдені вироби з метеоритного заліза, отримані методом холодного кування. Шлаки і руда попадаються іноді в пам'ятниках зрубової і абашевської культур на Доні, а також в ряді культур Придніпров'я.

Населення Східної Європи освоювало технологію виробництва і обробки заліза на рубежі IX-VIII ст. до н.е.. У лісовій смузі цей процес проходив, головним чином, у VIII ст. до н.е.. Перші предмети досить прості: шила, долота, ножі, але в їх обробці вже застосовувалися такі операції як ковальське зварювання і кування. Прикладом складного входження заліза в ужиток та продовження використання бронзи є розповсюдження складних біметалевих предметів, зокрема, мечів, у яких рукоятка відливалася з бронзи за індивідуальними моделями. В цей же час східноєвропейські племена освоїли процес отримання сталі та її цементації.

У Сибіру, з багатими покладами мідної руди та олова, розповсюдження заліза запізнилося, тут порівняно довго зберігалася кольорова металургія. Наприклад, в Західному Сибіру перехід до залізного століття відбувався в період VIII-V ст. до н.е.. У лісовій смузі Західного Сибіру тільки в кінці I тис. до н.е. почалося справжнє знайомство із залізом.

Іноді залізне століття Східної Європи називають століттям городищ. Полегшилося будівництво доріг, розширився обмін, почали чеканитися монети.

3.6 Значення розвитку чорної металургії

Залізо, хоч і не відразу, переконливо показало більш довершені якості в порівнянні з бронзою. Вдосконалення знарядь праці спричинило й соціальний прогрес.

Перехід від бронзи до заліза, швидше за все, здійснився із-за практичних потреб. Насправді, бронзові знаряддя праці довговічніші, і для їх виробництва не потрібна така висока температура, як для заліза. Проте бронза завжди була дорогим металом, а бронзово-ливарна справа більш трудомісткою, перш за все, із-за жорсткої залежності від джерел сировини, в першу чергу, олова, яке зустрічається в природі набагато рідше, ніж мідь. За оцінками, навіть в Давньому Єгипті видобуток міді не перевищував 7 т в рік. Єгиптяни ввозили мідь. У Центральній Європі видобували приблизно 16,5 т в рік.

В кінці епохи бронзи почалося масове виготовлення бронзових знарядь, що дуже швидко привело до виснаження запасів олова. А це викликало кризу виробництва, яка, швидше за все, стала стимулом для пошуків у сфері чорної металургії. Залізняк був доступніший. Болотяні руди є практично всюди. Дана обставина виявилася вирішальною для обширних просторів лісової зони, які в епоху бронзи відставали в соціально-економічному розвитку від південних регіонів. Стала удосконалюватися землеробська техніка, з'явився залізний леміш, придатний для освоєння важких лісових ґрунтів. Зона землеробства розширилася значно за рахунок лісової зони. В результаті в епоху заліза зникло багато лісів Західної Європи. Але і в традиційно землеробських районах впровадження заліза сприяло поліпшенню іригаційних систем і підвищенню продуктивності полів.

У сільському господарстві з'явилося багато нових та більш довершених знарядь, наприклад: серпи, коси, садові ножі, залізні лемеші плугів і сох, сокири для вирубки лісу. Залізними кирками і лопатами в V ст. до н.е. був виритий тунель на острові Самос.

У епоху заліза ковальська справа стала першим професійним ремеслом. З'явилася безліч ковальських інструментів і інструментів для виготовлення дерев'яних бочок, взуття і обробки шкіри. У IV ст. до н.е. був винайдений млин для помелу гірської породи. У Аттиці стали використовувати залізну вісь в колесах, але в Англії і в Північній Європі її почали застосовувати тільки на початку нової ери. Вже в VIII ст. до н.е. із заліза почали виготовляти різні дрібні деталі для транспорту.

Залізо швидко проникло в усі галузі виробництва, побут, військову справу та здійснило переворот у всіх сферах життя. Залізна сокира і соха з залізним лемешем дозволили освоїти землеробство тим народам, яким до цього воно було недоступним. Тільки після поширення заліза землеробство в більшості народів перетворилося в найважливішу галузь виробництва. Залізо дало ремісникові інструменти такої твердості і гостроти, яким не могли протистояти ні камінь, ні бронза. Вони стали основою для бурхливого розвитку інших ремесел. Ці великі зрушення поклали кінець первісному суспільству.

3.7 Розвиток металургії в Стародавній Русі

Археологічними дослідженнями поблизу Києва, Канева, Чернігова та в інших місцях відкрито велику кількість поховань прядильників, шкіряників, теслярів, гончарів, а також ковалів і ливарників. В могилах староруських майстрів з обробки металу знай-

дено: ливарні форми, лячки, мідні й залізні тиглі, шлаки, ковальські кліщі тощо.

Багаті матеріали з технології стародавнього добування і обробки металу дали розкопки Райковецького городища поблизу м. Бердичева. Райковецьке поселення існувало з кінця XI ст., як один з багатьох укріплених пунктів для оборони країни. Тут знайдено залишки залізоробного сиродутного горна, конусовидне «сопло» для дуття, залізні криці, залізна руда, шлаки.



Рис. 3.6. У таких домницях стародавні слов'яни «варили» залізо, [22].

Залізо видобували з місцевої болотної руди, що є у великій кількості на берегах річок. Залізо «варили» у сиродутних горнах, в яких відбувалося пряме відновлення руди, що давало ковке залізо. Тут знайдено кузню, в якій перероблялось місцеве залізо. В кузні виявлено: залізне клиновидне кувадро, залізні молотки, матриці та шаблони, куски заліза, вугілля та вироби — наконечники стріл, частини меча, долота, замки, сокири.

У самому городищі знайдені тисячі різноманітних залізних виробів місцевих ковалів: рала, чересла, коси, серпи, лопати, сокири, долота, мечі, шаблі, наконечники стріл і списів, булави, стремена, ножі, замки та багато чого іншого.

Були дуже поширені такі виробництва і в багатьох інших місцях. Літописи зберегли нам імена деяких стародавніх майстрів з обробки металу. У новгородських літописах згадуються: «Стра-

шко-серебренник» – 1200 р.; «*Антон-котельник*» – 1216 р.; «*Никифор-щитник*» – 1228 р. та інші.

Стародавні літописці зафіксували багато робіт, виконаних саме майстрами з металу. Повідомляючи про те, як 1125 р. покрили свинцевими листами церкву Богородиці в м. Суздалі, літописець записав про діла *єпископа Іоанна*, що організував цю роботу: «... не ища мастеров от немецъ, но налезе мастера от клевет святыя богородицы и от своих – иных льяти, иных крыти, иных известью белити» [22].

Тяжкими були роки монголо-татарського спустошення Київської Русі, коли прославлених майстрів-ремісників вивозили в Орду.

Документи свідчать про те, що на Русі з давніх-давен уміли створювати «колоколы дивны слышанием». Один з таких дзвонів відлито 1341 р. для Юр'ївського собору у Львові. Як показує датований 6849 р. напис на самому дзвоні «сольян был колокол сыну Юрью при князи Дмитрии игуменом Евфимьем»

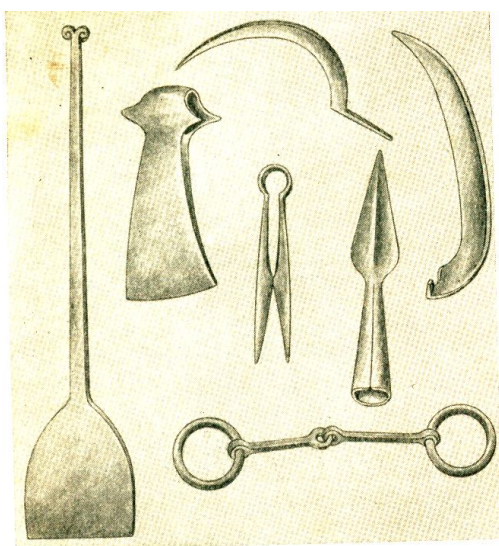


Рис. 3.7. Залізні вироби стародавніх слов'янських майстрів Київської русі (X–XI ст..) [13].

[21]. У тому ж XIV ст. користувалися популярністю такі майстри, як ливарник *Борис*, що відлив у Москві три великі і два малі дзвони – 1346 р.; золотар – *Парамжа*, що зробив ікону і хрест у 1356 р., *Марка* і *Шишка*, що виготовали 1389 р. «пояс злат».

Збереглося ім'я майстра *Федора*, що виливав 1420 р. свинцеві

дошки для даху Троїцького собору у Пскові. 1475 р. новгородський ливарник *Микула* успішно відливав дзвони, прославився своїми роботами срібляр *Прокофій Макаров*. До 1483 р. відноситься одне з найстаріших імен гарматних майстрів, що дійшли до нас, — ім'я майстра *Якова*. Він робив пищалі «русского литья», що дійшли до нас з датами та його іменем.

3.7.1 Андрій Чохов

Одним з найвидатніших гарматних ливарників XVI–XVII ст. був Андрій Чохов. У Стародавній Русі гарматно-ливарне виробництво було достатньо поширене і відрізнялося високим рівнем технологічності. І це не дивно, адже процес виготовлення гармат є спрощеною технологією виробництва дзвонів, а наявність дзвонівих майстрів в Стародавній Русі літописи відзначають, мало не з X ст.

Гарматно-ливарне виробництво в Стародавній Русі виникло в останній чверті XIV ст., а вже через невеликий проміжок часу більшість російських князівств – Московське, Тверське, Новгородське, Псковське, Галицьке мали свою досить потужну артилерію.

У Москві ливарне виробництво особливо розвивалося при Івані Грозному. У той час в Москві вже існував спеціальний ливарний завод – Гарматний двір, що був головним арсеналом Московської держави і одночасно школою, що готувала російських ливарників. Старовинні документи зберегли імена дзвонівих і гарматних майстрів, що працювали за царювання Івана Грозного. Найвидатнішим з них був, поза сумнівом, Андрій Чохов.

Ніяких біографічних даних про Андрія Чохова не збереглося, і судити про нього, про його неперевершену майстерність можна лише за відливками гармат і дзвонів, що залишилися після нього.

Чохов був одним з головних гарматних майстрів Івана Грозного, артилерія якого руйнувала неприступні замки і фортеці ливонських лицарів. Гарматний майстер того часу повинен був бути фахівцем широкого профілю. У його обов'язки входили: самостійна розробка конструкції гармати, підготовка формувального матеріалу і виготовлення форми, приготування необхідного сплаву, відливання гармати і, навіть стріляння зі свого знаряддя. Про зрілість майстерності Андрія Чохова свідчить гармата 1577 р. під назвою "Одноріг", позаду казенної частини якої був зображений одноріг, що й дав назву гарматі 68-фунтового калібру, вагою 453 пуди.



Рис.3.8. Цар-пушка Чохова, 1577 р., [34].

Поза сумнівом, Андрій Чохов сконструював і відлив велику кількість гармат, але, на жаль, вони не збереглися, що не дає можливості прослідкувати поступове зростання майстерності цього чудового самородка, про величезний талант якого говорять лише окремі зразки його творчості, і особливо його знаменита Цар-пушка довжиною понад 5 м, під ядра діаметром – близько 47 см. На ній напис: "Повелением царя Ивана Васильевича сделана сия пищаль Инрог лета семь тысяч восемьдесят пятого (1577 р.), делал Андрей Чохов" [36]. Ця величезна, майже сорокатонна гармата відрізняється ретельною і витонченою обробкою. Вона є єдиною в своєму роді гарматою, що свідчить про сміливість автора як вина-

Поза сумнівом, Андрій Чохов сконструював і відлив велику кількість гармат, але, на жаль, вони не збереглися, що не дає можливості прослідкувати поступове зростання майстерності цього чудового самородка, про величезний талант якого говорять ли-

хідника і конструктора та його неперевершену майстерність як ливарника.

1588 р. Андрій Чохов відлив в Москві 100-ствольну гармату, що свідчить про виняткову майстерність і сміливість конструктивних ідей прославленого майстра. Нічого подібного не мала у той час жодна країна, окрім Русі. Ще 4 величезних гармати, а саме: "Лев" вагою 344 пуди, "Троїл" – 430 пудів, "Аспід" – 370 пудів і "Скоропея" – 244 пуди, відлили 1590 р. – темпи виняткові, приймаючи до уваги, що тодішній спосіб виготовлення гармат, так зване повільне формування, вимагав досить тривалого часу. Андрій Чохов, будучи досвідченим майстром, багато зробив для відновлення військової могутності Росії.

3.8 Винайдення штукофенів – найпростіших доменних печей

Поки на поверхні землі в достатку зустрічалися легкоплавкі руди, сиродутний спосіб цілком задовольняв потреби виробництва. Але в середні віки, коли попит на залізо став зростати, у металургії

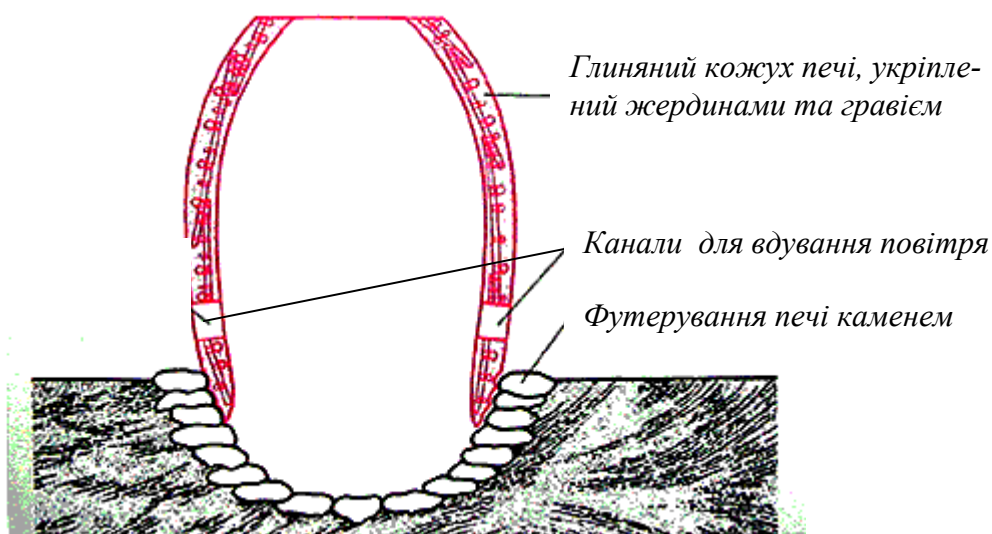


Рис. 3.9. Будова перших примітивних штукофенів (домниць), [17].

все частіше довелося використовувати тугоплавкі руди. Для одержання з них заліза була потрібна більш висока температура плавлення. У той час знали тільки два способи її підвищення: збільшення висоти печі та посилення дуття. Так поступово до XIII ст. із сиродутної печі утворилася більш висока та більш удосконалена плавильна піч, що одержала назву *штукофена*, тобто “піч, що виробляє крицю”. Штукофени були першою ступінню на шляху до доменної печі.

Ідея штукофенів була закладена в Стародавній Індії ще на початку I тис. до н.е. та на початку нової ери розвинена китайцями. Лише в кінці XIII ст. штукофени стали з'являтися в Німеччині та Чехії, а протягом наступного століття розповсюдилися всією Європою.

У цих печах можна було досягати більш високої температури й обробляти більш тугоплавкі руди. Шахта штукофена мала форму подвійного усіченого конуса, що звужувався в напрямку до колошника (так називають верхню, відкриту частину печі, через яку пор-

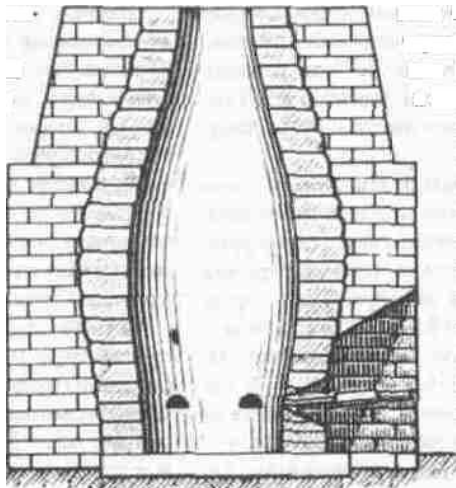


Рис.3.10. Печі шахтного типу – «домниці» (російська назва) або «блауофени» (німецький термін), початок XIV ст., [19].

ціями (колошами) завантажувалися руда та вугілля. У стінці мався один отвір для фурми (труби, через яку в піч за допомогою міхів нагніталася повітря) і для витаскування криці. Металургійний процес переробки руди в залізо відбувався в штукофенах так, як у сиродутних печах, але закрита шахта краще концентрувала тепло, а завдяки її висоті (до 3,5 м) плавка йшла рівномірніше, повільніше, так

що руда виявлялася більш використаною. Незалежно від намірів плавильників, у штукофенах виходили відразу всі три види залізної сировини: чавун, що стікав разом зі шлаком, ковке залізо в крицях і сталь.

Однак, переваги штукофена були недостатні для всіх тугоплавких руд – потрібно було більш сильне дуття. Людських сил для підтримки температури виявилось недостатньо, і для приведення в дію міхів стали уживати водяне колесо. Поява гідравлічних двигунів і міхів відноситься до кінця XIV ст., тому вже в XV ст. багато плавильень у зв'язку з цим перемістилися з гір і пагорбів у долини та на береги рік. Це удосконалення стало вирішальним моментом в технології металургії, тому що привело до відкриття чавуна, його ливарних і переробних властивостей. Дійсно, посилення дуття позначилося на всьому ході процесу. Тепер у печі досягалась така висока температура, що відновлення металу з руди відбувалося раніше, ніж утворювався шлак. Залізо починало сплавлятися з вуглецем і перетворюватися в чавун, який, як відзначалося вище, має більш низьку температуру плавлення, так що в печі замість звичайної криці стала з'являтися розплавлена маса (чавун). Спочатку це дуже неприємно вразило середньовічних металургів. Застиглий чавун був позбавлений усіх природних властивостей заліза: він не кувався, не зварювався, з нього не можна було зробити міцних інструментів, гнучкої і гострої зброї. Тому його довгий час вважали відходами виробництва і плавильники досить вороже відносилися до нього.

Поступово чавун стали вибирати з остиглого шлаку і пускати в повторне переплавлення, спочатку додаючи його до руди, а потім сам по собі. При цьому зненацька виявилось, що чавун швидко плавиться в горні і після посиленого дуття легко перетворюється в

кричне залізо, що за своєю якістю за багатьма показниками краще того заліза, що одержували з руди. А оскільки чавун плавиться при більш низькій температурі, цей переділ вимагав менше палива і займав менше часу. Так у XV ст., спочатку несвідомо, а потім цілком усвідомлено, було зроблене найбільше в металургії відкриття – *переробний процес*. Широке застосування він знайшов вже в XVI ст. у зв'язку з поширенням доменних печей.

Незабаром у чавуні відкрили й інші позитивні властивості. Тверду крицю було нелегко дістати з печі – на це йшло кілька годин, а тим часом піч охолоджувалась, на її розігрів йшло додаткове паливо. Випустити з печі розплавлений чавун через додатковий отвір було набагато простіше. Піч не встигала охолонути і її можна було відразу завантажувати новою порцією руди і палива. Процес міг відбуватися безперервно. Крім того, чавун володів прекрасними ливарними якостями. До середини XIV ст. відносять перші грубі вилівки з нього.

З розвитком артилерії застосування чавуна розширилося. Спочатку його стали вживати для виливання ядер, а потім на лиття окремих частин самих гармат. Утім, аж до кінця XV ст. чавун був ще низької якості – неоднорідний, зі слідами шлаку. З нього виходили грубі вироби: молоти, казани й інша проста за формою продукція. Лиття чавуну вимагало деяких змін у будові печі. З'явилися так звані *блауофени* (піддувні печі), що представляли собою наступний крок до доменної печі. Вони відрізнялися більшою висотою (5-6 м), ніж штукофени, і допускали безперервність плавлення при досить високій температурі. У блауофенах одержували одночасно і кричне залізо, і чавун. Коли плавлення закінчувалося, шлак випус-

кали через отвір, розташований нижче фурми. Після охолодження його подрібнювали і відокремлювали кульки чавуну.

Крицю витягували кліщами, а потім обробляли молотом. Найбільш великі криці важили до 40 пудів. Крім того, з однієї плавки в печі одержували до 20 пудів чавуну. Нарешті прийшли до ідеї двоступінчастого процесу плавлення. Удосконалені блауофени перетворилися в піч нового типу – доменну, котра призначалася винятково для одержання чавуну. Разом з ними був остаточно визнаний переробний процес. Сиродутний процес став повсюдно витіснятися двоступінчастим способом переробки заліза: спочатку з руди одержували чавун, потім, при вторинному переплавленні чавуну – залізо. Перша стадія одержала назву *доменного процесу*, друга – *кричного переділу*.

3.9 Перші доменні печі та нові проблеми чорної металургії

Найдавніші доменні печі з'явилися в м. Зігерланді (Вестфалія) у другій половині XV ст.. Конструкції їх відрізнялися від блауофенів трьома рисами: більшою висотою шахти, більш сильним повітродувним апаратом та збільшеним обсягом верхньої частини шахти.

У цих печах досягалося значне підвищення температури та ще більш тривале рівномірне плавлення руди. Така доменна піч при висоті 4,5 м давала в день до 1,5 т чавуну. Переробляли чавун у залізо в кричному горні, подібному до пристрою із сиродутною піччю. Процес починався із завантаження деревного вугілля і подачі дуття. Після того як деревне вугілля розпалювалося поблизу сопла, клали чавунні виливки. Під дією високої температури чавун плавився, стікав униз, проходив через зону проти фурм і втрачав части-

ну вуглецю. У результаті метал загустівав і з розплавленого стану переходив у тістоподібну масу маловуглецевого заліза. Цю масу ломами підіймали до сопла, під впливом дуття відбувалося подальше вигоряння вуглецю, і знову осілий на дно горна метал швидко робився м'яким. Поступово на дні утворювався шмат криці вагою 50-100 кг, що періодично витягалася з горна для проковування молотом з метою ущільнення і видалення шлаку. За добу в кричному горні можна було одержати близько 1 т металу, причому вихід готового кричного заліза складав 90-92% ваги чавуна. Якість кричного заліза була вище сиродутного, тому що в ньому утримувалося менше шлаку. Перехід від одноступінчатого (сиродутного) процесу до двоступінчастого (доменного і кричного) дозволив у кілька разів

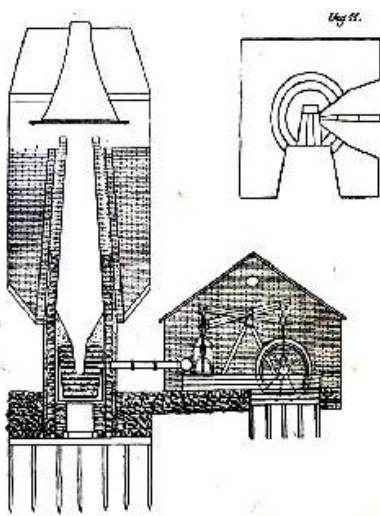


Рис.3.11. Ескіз однієї з перших уральських доменних печей. (Із книги Германа «Минералогические путешествия», XVIII ст.), [31].

підняти продуктивність праці. Зрослий попит на метал був на довгий час задоволений.

З початку XVII ст. «європейською кузнею» стала Швеція, що виробляла половину заліза в Європі. В середині XVIII ст. її роль в цьому відношенні стала стрімко падати у зв'язку з черговим винаходом, – застосуванням в металургії кам'яного вугілля.

До XVIII ст. включно кам'яне вугілля широко в металургії не використовувалося із-за високого вмісту шкідливих

для якості продукту домішок, в першу чергу, сірки. Усувати її тоді коксуванням не вміли, тому для потреб металургії до середини XVIII ст. використовувалося деревне вугілля. Споживання палива в

металургії було величезним. Так, на кілограм заліза було потрібно 10 кг вугілля, або 100 кг дров. До тих пір, поки виробництво металів мало незначні потреби у вугіллі, як правило, задовольнити було їх не складно (хоча, наприклад, відставання Єгипту в освоєнні технології виробництва металів пояснюється саме тим, що в цій країні не було дерева для виробництва деревного вугілля). Через те, що доменна піч потребувала віз вугілля на годину, деревне вугілля перетворилося на стратегічний ресурс. Саме достаток дерева в Швеції дозволив шведам розвернути масове виробництво сталі та чавуну. Англійці, що мали менше лісів (та і ті були зарезервовані для потреб флоту) вимушені були купувати залізо в Швеції та частково в Росії до тих пір, поки не навчилися використовувати кам'яне вугілля.

1619 р. *Додлей* уперше застосував у плавці кам'яне вугілля, а в 1735 р., коли *Дербі* знайшов спосіб поглинати сірку за допомогою негашеного вапна при термічній обробці вугілля в закритих тиглях та отримав кокс – почався новий підйом в галузі чорної металургії.

3.10 Винайдення промислових способів виробництва сталі

Аж до другої половини XIX століття у виробництві заліза продовжував панувати вище розглянутий процес. Із розвитком індустрії стало досить гострим питання створення нових процесів масового і дешевого одержання ливарного металу. У 1856-1860 р.р. англійський винахідник *Генрі Бессемер* увів свій спосіб переділу чавуну на залізо і сталь.

Генрі Бессемер (1813-1898) народився в родині гравера. Одержавши освіту в початковій школі, він вивчав токарське та слюсар-

не ремесло під керівництвом батька. У домашній майстерні Генрі познайомився з властивостями розплавленого типографського металу та прийомами його виливання. Одним з перших винаходів Генрі була словолитна машина (1838 р.).

Різнобічність таланту Бессемера дозволяла йому працювати у всіляких галузях техніки. Він не був ні металургом, ні хіміком і працював головним чином в області механіки. Бессемер міцно засвоїв основну ідею промислової революції – заміна ручної праці машинною дасть вагомий прибуток. Величезний конструкторський талант, надзвичайна працездатність дозволили йому взяти більше сотні патентів на різні винаходи й удосконалення, 15 з них – відносилися до виробництва сталі.

1854 р., у період Кримської війни, Бессемер винайшов циліндричний снаряд для стріляння з гладкоствольних гармат, що спонукало його до пошуків матеріалу для виготовлення гармат, здатних витримати великі напруги. Матеріалом для гармат у той час служили чавун і бронза. Винахідник вирішив одержати чавун більш високої якості.

З металургією Бессемер був знайомий досить поверхово і тому не цілком уявляв собі можливі труднощі. Бессемер свої дослідження розпочав традиційним шляхом, з використанням існуючих процесів – намагався одержати метал поліпшеної якості в пламенній (пудлінговій) печі. Але результатів це не дало. Майже весь 1855 рік продовжувалися пошуки. Випадково Бессемер помітив, що під дією струменя повітря, що вдувається в піч, кілька шматків чавуну перетворилися в ненавуглецьоване залізо. Для перевірки цього спостереження винахідник розплавив чавун у тиглі, а потім за допомогою трубки продував через нього підігріте повітря (боявся застудити

метал). У тиглі вийшов ненавуглецьований метал. "Я відкрив, – писав Бессемер, – що коли атмосферне повітря або кисень вводиться в метал у достатній кількості, то він викликає сильне згоряння часток рідкого металу і підтримує або підвищує температуру так, що метал залишається в рідкому стані під час переходу його зі стану чавуну до стану сталі або ковкого заліза без застосування палива" [40]. Таким чином, були встановлені два основних принципи нового процесу: випалювання вуглецю в чавуні струменем повітря і ведення процесу без застосування палива.

Для перевірки у виробничих умовах Бессемер збудував у своїй майстерні особливу оригінальну піч, названу ним *конвертором* (від латинського "*конвертері*" – перетворювати). Цей перший конвертор був зроблений у вигляді нерухомої циліндричної залізної посудини, викладеної всередині вогнетривкою цеглою. Рідкий чавун заливався через бічний отвір, розташований на середині висоти циліндра. Повітря вдувалося через сопла, улаштовані в дні конвертора. У травні 1856 р. Бессемер запатентував конвертор. У цьому конверторі Бессемер з успіхом провів першу плавку. Бессемер писав: "... якою повною революцією у всіх областях металургійного виробництва в усім світі це загрожувало, я цілком розумів, коли нерухомо дивився на цей розпечений злиток" [40].

Винахідник був настільки окрилений першими успіхами, що, не очікуючи завершення досліджень, уже влітку того ж року продав ліцензію на виробництво заліза новим способом фірмі «Галлоуей» у Манчестері. 13 серпня в Челтнамі Бессемер виступив з доповіддю про новий спосіб виробництва ливарної сталі "без застосування палива".

Великою помилкою винахідника було твердження, що температура металу підвищується за рахунок згорання вуглецю. Фактично ж підвищення температури при продуванні повітря у конверторі відбувається головним чином за рахунок горіння кремнію та марганцю, а не вуглецю. Бессемер обіцяв своїм процесом одержувати залізо за чистотою, рівне тому, що вироблялось на деревному вугіллі, що теж не підтвердилося практикою. Однак винахідник угадав основне: він оцінив важливість перемішування металу повітрям, і це стало основною причиною його подальшого успіху. Він зрозумів, що повинен розпорошувати повітря в рідкому металі у вигляді дрібних пухирців, створюючи велику площу контакту між повітрям і металом. Бессемер став продавати ліцензії – право на виробництво за його патентом, на умові – 10 шилінгів з кожної тонни отриманої сталі.

Досить швидко в Англії, Швеції, Франції, Німеччині, Росії з'явилися конвертори Бессемера. Але швидкий успіх незабаром змінився розчаруванням. Не продуманий до кінця, не доведений до повної розробки, процес Бессемера показав свої недоліки: мала стійкість вогнетривкої кладки, величезні втрати металу, а головне – низька його якість, викликана заниженою міцністю при температурі червоного розжарювання (червоноламкість). Потрібна була допомога металургів-професіоналів у завершальній стадії роботи над винаходом. Теорія металургії в той час досягла вже значного розвитку і без її допомоги не можна було створювати нові складні процеси. Через незнання хімічної природи процесів Бессемеру довго було неясно значення чистоти використовуваних чавунів за вмістом фосфору й сірки та необхідність видалення кисню з металу після продування.

На останню обставину Бессемеру вказав англійський металург *Роберт Мюшет* і запропонував йому використовувати свій винахід. Мюшет рекомендував для поліпшення якості литої сталі додавати в продутий метал порцію дзеркального чавуну, тобто використовувати операцію *розкислення*. Шведський металург *Ж. Ф. Геренсон* указав на те, що бесемерівським процесом можна успішно переробляти на сталь лише малофосфористий чавун. Завдяки Геренсону Бессемер зрозумів, що використання високофосфористого чавуну і служило причиною багатьох невдалих плавок. Так нарешті, винахідник усвідомив, що чавун для цього процесу повинен виплавлятися з чистих за фосфором руд.

Продовжуючи роботу, Бессемер створив кілька конструкцій обертових конверторів. В основних частинах конвертор зберіг свою будову до наших днів. Всесвітня виставка 1862 р. в Лондоні принесла Бессемеру повний успіх – визнання процесу та широку популярність. На виставці великий стенд був зайнятий різноманітною продукцією з бесемерівського металу – вали, дріт, холодна зброя, інструменти та навіть гармати. Після лондонської виставки почалося широке поширення нового процесу.

Пройшло десять років після виникнення ідеї нового способу одержання металу і Бессемер досяг “імені і багатства”, про що він

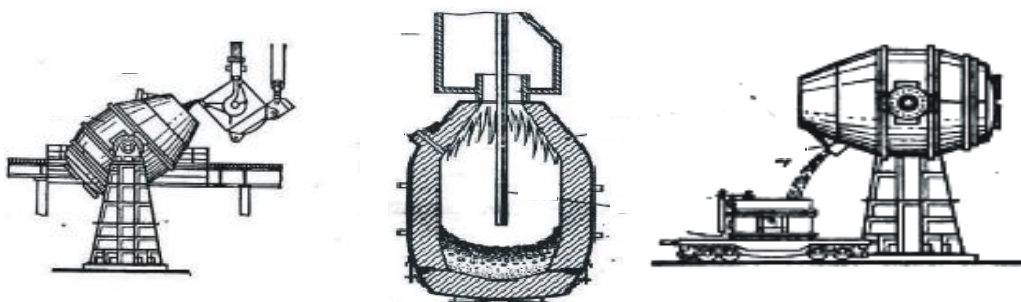


Рис.3.12.Одержання сталі в обертовому кисневому конверторі Бессемера, [42].

так мріяв. За 8 років, з 1862 до 1870 р.р. коли минув термін патенту, він одержав близько 1 мільйона фунтів стерлінгів доходу. До цього часу винахідник уже втратив інтерес до металургії, а литий метал усе ширше входив у промисловість. Тільки за 1866 р. в Європі було виготовлено близько 12,5 мільйонів пудів сталі (1 пуд \approx 16,4 кг. прим. автора). Процес одержав широке поширення в різних країнах, насамперед там, де малися чисті за фосфором руди – Англії, США, Швеції. Англія мала 17 великих бесемерівських цехів, що виробили лише за 1866 р. понад 6 мільйонів пудів металу. За 14 років (1875-1889) виробництво бесемерівської сталі в Англії виросло майже в 2,5 рази: з 725 до 1840 тисяч тонн, що склало 65% від загальної виплавки сталі в країні.

Освоєнням бесемерівського процесу активно займалися і російські металурги. Вже 1856 р. проводилися перші дослідження на ряді заводів. Трохи пізніше конвертори з'явилися на Всеволодовильневському заводі, з 1859 – на Златоустівському, з 1863 – на Воткінському та Нижньотагільському заводах.

На Паризькій виставці 1867 р. вже були експоновані продукти бесемерування тагільських заводів з Уралу. Відомий металург *М.А. Юсса*, що керував дослідженнями бесемерування на Воткінському заводі у 1866-1867 р.р., помітив, що червоноламкістю володів метал, отриманий із чистого за сіркою чавуну. Він висловив припущення, що червоноламкість металу залежить від концентрації окислів заліза, розчинених в металі. 1872 р. на Обухівському заводі (*Д. К. Чернов*), а з 1875 р. – на Нижньосалдинському заводі (*К. П. Поленов* і *В. Ю. Грум-Гржимайло*) успішно займались вдосконаленням бесемерівського процесу. 1891 р. у Росії було 12 конверторів, а 1901 р. – уже 33. Двадцятиліття (1887-1907 р.р.) бесемерівський

процес займав лідируюче положення у світовій сталеплавильній промисловості, потім поступився першістю мартенівському процесові.

Мартенівський метод виплавки сталі запропонував *П'єр Мартен*, побудувавши у Франції 1865 р. першу мартенівську піч ємністю 1,5 т, основною сировиною якої був сталевий лом. Це дало змогу розв'язувати важливу технологічну проблему — використовувати для виготовлення сталі накопичені запаси металевого брухту. Насправді Мартен одержав ливарну сталь із металевого лому у відбивній печі регенеративного типу братів Сіменс, а через кілька років англієць *С. Томас* створив основну футеровку – вогнетривку кладку печі з матеріалів, що містять основні окисли (магнезит, вапно), що дозволило вирішити важливу проблему одержання металу з низьким вмістом фосфору.

Винаходи Бессемера, Мартена і Томаса в масовому виробництві сталі стали основою технічної революції в чорній металургії, що мала величезний вплив на розвиток усієї техніки наступних десятиліть. Ці три процеси відкрили століття сталі завдяки швидкому витісненню спочатку дерева, як будівельного матеріалу, а потім чавуну, як матеріалу для рельсового прокату, корпусів суден і гармат.

3.11 Внесок вітчизняних вчених-металургів у розвиток чорної металургії

3.11.1 Павло Аносов

Аносов Павло Петрович народився в С.-Петербурзі 1799 р., але 1806 р. батька призначають радником Пермського гірського управління і сім'я переїздить на Урал. Невдовзі батьки П.П. Аносова помирають, а дітей бере на виховання дід по матері *Л.Ф. Сабакін* –



Рис.3.13. П.П.Аносов,
[34].

відомий російський механік, що працював на Іжевському і Воткінському казенних заводах. Коли Павлові виповнилося 11 років, його відправляють на навчання в С.-Петербурзький Гірський кадетський корпус. Вихованці Гірського кадетського корпусу одержували досить добру освіту. Крім обов'язкових навчальних дисциплін:

арифметика, алгебра, геометрія, маркшейдерське мистецтво, мінералогія, металургія, малювання, хімія, механіка, фізика, французька, німецька і латинська мови, значна увага приділялась гірничо-заводському виробництву. У дворі навчального закладу був навчальний рудник з підземними ходами, а в майстерні кадети самі плавили різні метали. Навчальний заклад безперервно поповнювався новими уральськими та сибірськими колекціями мінералів, рідкісними самородками золота. У колекціях Корпуса малося чимало виробів і напівфабрикатів металургійного виробництва: ідеально рівної товщини листове залізо, бритви, столові прилади, високомистецьке чавунне лиття.

Особливий інтерес Павло Аносов виявляв до мистецьки виробленої холодної зброї, серед якої було багато черкеських і турецьких шабель, римських мечів, виготовлених з рідких сортів сталі. Його уражали булатні шаблі з чудесними візерунками.

Думка про необхідність розгадати таємницю булата не виходила в нього з голови. Про це Павло Аносов багато думав ночами, неодноразово перечитував книги про лицарів, озброєних булатною зброєю, за допомогою якої вони рубали своїх ворогів.

Учився П. Аносов легко, був одним з кращих. У жовтні 1816 р. П. Аносов був представлений в унтер-офіцери, 1817 р. – на відмінно завершивши навчання, був випущений з Гірського кадетського корпусу практикантом на дійсну службу в Златоуст. Велика золота медаль по закінченні Гірського кадетського корпусу означала матеріальну винагороду в розмірі 500 карбованців, на які він вирішив купити самі необхідні для початківця-інженера предмети – першим з них був мікроскоп.

У Златоустівський гірський округ входили тоді чавуноплавильні та залізовиробні заводи: Златоустівський з фабрикою холодної зброї, Саткинський, Кусинський і Артинський, а також Міасські золоті копальні та недіючий Міасський мідеплавильний завод. Центром гірського округу був Златоустівський завод на річці Ай, заснований 1754 р. тульським купцем-заводчиком Масоловим.

1819 р. П.П. Аносова призначили доглядачем Златоустівської збройової фабрики “по відділенню прикрашеної зброї”, де він відразу ж прийнявся за удосконалення виробництва. Першим його нововведенням було створення більш ефективних циліндричних повітродувних міхів. Плідна діяльність П.П. Аносова звернула на себе увагу Департаменту гірських і соляних справ і вже 1824 р. його нагороджують першим орденом “За отличный порядок и устройство”, а в листопаді того ж року призначають управителем збройової фабрики. 1829 р. Аносов – помічник директори фабрики. У цей час розпочинаються його систематичні дослідження в області металургії, публікуються наукові праці з геології Південного Уралу і термічної обробки сталі: “Описание нового способа закалки стали в сгущенном воздухе” (1827 р.), “Об опытах закалки стальных вещей в сгу-

щенном воздухе“ та "Об уральском корунде" (1828 та 1829 р.р.) [20,34,36].

Златоустівська збройова фабрика виготовляла шаблі типу дамаських. П.П. Аносов звертає увагу на той факт, що якість дамаських шабел, вивезених зі Сходу, була значно вищою, ніж якість дамаських шабел, що вироблялися в Європі і на Златоустівській збройовій фабриці. П.П. Аносов шукає ключ до розгадки таємниці. Вивчення зразків справжніх дамаських шабел і літературних джерел наводить його на думку: чи не залежить незвичайна гострота східних шабел у першу чергу від способів загартування, а не від матеріалу, з якого вони виготовлені? Його припущення підтвердилося після дослідів із загартування звичайних сталевих ножів у стиснутому повітрі. Ножі виявилися після такого загартування гостріше ножів, що гартуються звичайним способом. Аналогічним чином П.П. Аносов здійснив загартування сталевих кіс Артинської фабрики й одержав такі ж позитивні результати. Запропоновані вченим способи загартування сталевих виробів у згущеному повітрі поклали основу його подальшим дослідженням з термічної обробки булатної (дамаської) сталі.

1831 р. П.П. Аносова призначають директором збройової фабрики й одночасно головним начальником заводів Златоустівського гірського округу. Перед талановитим інженером відкриваються широкі можливості для проведення досліджень із розкриття технологічних секретів булатної сталі. 1834 р. П.П. Аносов одержує звання полковника Корпусу гірських інженерів. У тому ж році він виявляє багаті золотовмісні піски, на родовищі яких незабаром виник відомий Андріївський рудник.

1836 р. він одержує привілей на винайдену ним ливарну сталь – "перші зразки російського булата". 1837 р. П.П. Аносов розробляє спосіб плавки золотоносних пісків у тиглях, у доменній та у шахтній мідеплавильній печі, а в 1838 р. на Атлянському руднику будується перший самохідний золотопромивальний верстат Аносова. У 1842-1845 р.р. Павло Петрович проводить успішні роботи з відшукання родовищ графіту, удосконалює золотопромивальні машини власної конструкції, будує на Златоустівських заводах 6 залізних і чавунних під'їзних доріг, а також закінчує проект з удосконалення відділення кричних молотів на фабриці.

1847 р. його призначають Томським цивільним губернатором і головним начальником Алтайських гірських заводів. Однак уся його основна діяльність була зосереджена на розробці нових способів одержання високоякісної литої сталі і розкриття секрету булата.

Слідом за Аносовим булатом займалися *Д.К.Чернов*, *О.Л.Бабошин* й інші. З їхніх робіт випливало, що промисловими способами булат одержати неможливо.

У 20-і роки ХХ ст. в Дніпропетровському гірничому інституті професор *А.П.Виноградов* докладно досліджував історію і технологію булатної сталі. Він установив, що візерункову сталь типу «булат» можна приготувати плавкою з неповним розплавленням шихти при пониженій температурі. 1955 р. запатентовано "Спосіб виготовлення злитків булатної сталі" винайдений *І.М. Блиновим*, в основі якого додавання у розплавлений чавун залізних ошурок.

Отже, булат – породження древньої металургії, що мала справу з дуже чистими і багатими окисними рудами, що відновлювались при температурі до 1400 °С. Плавку вели в малих печах і тиглях та кували не дуже гарячий метал досить повільно.

3.11.2 Михайло Курако

Чудовий доменник-самоучка *Михайло Костянтинович Курако* народився 1872 р. у Могилевській губернії. Навчався в Полоцькому кадетському корпусі, який не закінчив, оскільки маючи від природи незалежний, прямий і чесний характер, часто піддавався стягненням. Через деякий час, Курако був відданий у сільськогосподарську школу. Проте, не витримавши знущання, він тікає зі школи, але не додому, а в Єкатеринослав на Брянський завод. На цьому і закінчилася освіта М. Курако.

Перша робота на заводі – це доменний каталь, була настільки виснажливою, що витримували її недовго навіть фізично міцні чоловіки.



Рис. 3.14. М.К. Курако (1872 – 1920), [21].

Тільки наполегливість і фізичне загартування, отримане в дитинстві, допомогли М. К. Курако витримати цю роботу.

Доменна піч, рідкий шлак і чавун справили на молодого юнака величезне враження. Незабаром він стає відбирачем проб чавуну. Бесіди з лаборантами, розповіді майстра доменних печей Власича, любов до книг незабаром дали Курако можливість багато чого зрозуміти в сутності процесу плавлення чавуну. Досить швидко він починає працювати біля горна і назавжди пов'язує свою долю з доменним виробництвом. У короткий термін він стає кращим горновим доменного цеху Брянського заводу. Секрети шихтування для нього перестали існувати.

1892 р. М. К. Курако перейшов на Гданцевський завод у якості горнового, а 1898 р. потрапляє на Маріупольський завод, збудова-

ний відомим американським інженером *Кеннеді* за останнім словом техніки.

Працюючи на Маріупольському заводі з американцями, М.К. Курако швидко перевершив своїх учителів, а з 1900 р. він працює обер-майстром, замінивши американця. 1903 р. він стає начальником доменного цеху Краматорського металургійного заводу – одним з перших російських начальників цеху заводів півдня Росії. З цього періоду М. К. Курако стає конструктором доменних печей. Незабаром з'являються «куракинські» фурми, жолоби, холодильники й інші конструкції, що назавжди увійшли в усі доменні цехи півдня Росії. За його кресленнями була побудована доменна піч з похилим скіповим підйомником – це був перший вітчизняний підйомник.

Революція 1905 р. захопила М. К. Курако. Він брав активну участь у бойовій організації заводу, а після придушення царським урядом революційної хвилі виїхав на свою батьківщину, де, відмовившись від своєї спадщини на користь селян-земляків, закликав їх до повстання. Поряд з багатьма іншими М. К. Курако 1906 р. потрапив у заслання.

Після заслання М. К. Курако пропонують посаду помічника начальника доменного цеху на Юзівському металургійному заводі, де перший час він і працює. З 1913 р. Курако очолює Юзівський завод, створює при заводі школу доменників — «куракинську академію», з якої вийшли великі інженери, та майбутні професори й академіки *Бардін І.П., Луговцев М.В., Казарновский Г.Є., Кизименко Н.Г., Гребенников В.Я.* і багато інших.

М. К. Курако досить швидко створює на півдні Росії школу кваліфікованих доменників, що поступово витісняли іноземних фа-

хівців. 1913 р. він переходить на Єнакіївський завод як начальник доменного цеху, а у лютому 1917 р. – їде в Сибір для будівництва нового металургійного заводу в Кузнецькому басейні, одержавши право і можливість будувати перший у Росії доменний цех з повною механізацією.

У Томську, де під особистим керівництвом М. К. Курако проектувався доменний цех Кузнецького заводу, цілком розгорнувся його конструкторський талант – талант досвідченого і неперевершеного доменника. На жаль, на початку 1920 р. у м. Кузнецьку М. К. Курако занедужав тифом і помер, не побачивши утілення свого задуму – нового заводу, що був добудований пізніше його соратником *І.П. Бардіним*.

3.11.3 Альфонс Ржешотарський

Значний внесок в розвиток чорної металургії *Альфонса Олександровича Ржешотарського*, який 1870 р. закінчивши механічне відділення Технологічного інституту в Петербурзі, почав працювати в сталеливарному цеху Путіловського заводу. Незабаром Ржешотарського запросили працювати на Обухівський завод — найбільше сталеливарне підприємство Росії. Тоді, в 1870-і р.р., російська промисловість інтенсивно освоювала нові технології виробництва металу — мартенівську і бесемерівську, — що дозволяли виготовляти досить дешеву ливарну сталь. На Обухівському заводі Ржешотарський зайнявся модернізацією методів отримання литої сталі, змінивши знаменитого металознавця Д.К.Чернова.

Будучи начальником бесемерівського цеху і головним металургом заводу, Ржешотарський особливу увагу приділяв мікроструктурі сталі та її гартуванню. 1895 р. він створює на цьому заводі першу в Росії *лабораторію металографії*. Пройде всього лише два

роки, і Альфонс Олександрович випустить монографію "Мікроскопічні дослідження заліза, сталі і чавуну" з атласом мікрознімків. Ця книга була першою в світі систематичною науковою працею з мікроструктурних відмінностей металів і демонструвала їх різноманітність, обумовлену термічною і механічною обробкою. Ржешотарський перетворив мікроскопію на найважливіший вид контролю за якістю створюваної сталі.

Серед найбільш яскравих його особистих заслуг — організація виробництва сталевих броні і гарматної сталі. Він вибрав оптимальне співвідношення компонентів і режим термічної обробки, а також запропонував оригінальний метод гартування броні обприскуванням. Згодом цей метод було розповсюджено у всій Російській імперії.

У 1880-х р.р. на російських заводах виготовляли тільки двошарові броньовані плити зі сталі та заліза. Ржешотарський доповнив вуглецеву сталь легувальними домішками (перш за все, нікелем, марганцем, хромом і вольфрамом). Броньована сталь Ржешотарського вже в 1890-і р.р. не поступалася за якістю кращим зарубіжним аналогам.

3.11.4 Становлення вітчизняних наукових шкіл з проблем чорної металургії

На початку ХХ століття чорна металургія в Росії була зосереджена на Уралі та на Україні, а підготовка інженерних кадрів велася в Петербурзі, Єкатеринбурзі, Єкатеринославлі та в Москві. Металургійна наука в цей період формується шляхом синтезу виробничої діяльності та теоретичних досліджень *Михайла Олександровича Павлова* і *Володимира Юхимовича Грум-Гржимайла*.

В.Ю. Грум-Гржимайло закінчив Петербурзький гірський інститут і після інженерної діяльності на Уралі, з 1907 р. завідував кафедрою металургії сталі в Петербурзькому політехнічному інституті. 1920 р. він створює кафедру металургії сталі та теорії печей в Уральському політехнічному інституті, якою завідував до 1924 р.

Наукові інтереси В.Ю. Грум-Гржимайла – видатного металурга теоретика і практика, одного з творців основ металургійної науки – охоплювали весь цикл від виробництва чавуну та сталі до готового прокату. 1908 р. він використав закони фізичної хімії до пояснення процесів, що відбуваються в бесемерівському конверторі та в сталевій ванні мартенівської печі; 1905-12 р.р. – створюється гідравлічна теорія печей; 1910 р. – він вивчає властивості вогнетривких матеріалів, розробляє теорію їх переродження; 1925 р. – виходить книга "Полум'яні печі", 1933 р. – "Металургія сталі", "Плющення і калібрування". В.Ю. Грум-Гржимайло з 1924 р. очолює кафедру металургії сталі в Московській гірській академії, організовує в Москві "Бюро металургійних і теплотехнічних конструкцій" (з 1930 р. "Сталь-проект"), в якому було здійснено проектування найбільших Кузнєцького та Магнітогорського металургійних заводів.

Перша чверть ХХ ст. характеризується успішним розвитком металургійної науки та освіти в Росії. Металургійна ж галузь в Росії і старому світі відстає від американської. Виною тому світова війна, революційні потрясіння і громадянська війна в Росії. У 1920 р. чавуну виплавлялося стільки, скільки було виплавлено в 1780 р., а в 1946 менше, ніж в 1934. Після закінчення другої світової війни бурхливо розвивається чорна металургія, а до початку восьмидесятих років СРСР виходить на перше місце в світі. У ці ж роки досягають свого максимуму США і Японія.

Якщо В.Ю.Грум-Гржимайло та М.А.Павлов були металургами широкого профілю, то після них стали розвиватися теоретичні підходи до окремих частин металургійної технології. Вже на самому початку століття були дві кафедри: металургії чавуну (М.А. Павлова) і металургії сталі і теорії печей (В.Ю. Грум-Гржимайла). М.О. Павлов віддає перевагу доменному виробництву, а В.Ю. Грум-Гржимайло зосереджується на металургійних печах. Їхні учні продовжують цю справу, поглиблюючи вивчення доменного процесу та металургійних печей.

На початку 30-х років з'явилися імена М.А. Глінкова та І.Д. Семікіна. 24-річний асистент М.А. Глінков стає завідуючим нової кафедри газопічної теплотехніки Уральського політехнічного інституту, а І.Д. Семікін після закінчення технологічного інституту Томська, пройшовши посади від кресляря, майстра-сталевара, змінного інженера до заступника начальника цеху, а в лютому 1930 р. направляється від Магнітостроя до США для участі в проектуванні мартенівського цеху Магнітки фірмою Мак-Кі.

1934 р. І.Д. Семікін переходить на викладацьку роботу в Дніпропетровський металургійний інститут, де організовує нову кафедру промислових печей і стає завідуючим цієї кафедри. 1935 р. в Дніпропетровський металургійний інститут приходить і М.М. Доброхотов. Доля звела М.М. Доброхотова, І.Д.Семікіна та І.Г. Казанцева – критика гідравлічної теорії Грум-Гржимайла, засновника енергетичної теорії та експериментатора, що дійсно створив методику та виміряв величезні теплові потоки в мартенівській печі в періоди завантаження і прогріву. На перебудованих під керівництвом І.Д. Семікіна мартенівських печах заводу ім. Комінтерну в період з 1936 до 1941 р.р. були досягнуті найвищі продуктивності

при роботі печей на твердому паливі. Ці результати і стахановський рух, що виник в цей час, укріпили позиції енергетичної теорії. 1937 р. І.Д. Семікіну було присвоєно звання професора, і він за сумісництвом призначається на посаду начальника сталеплавильного відділу "Стальпроекту". І.Д. Семікін ухвалює сміливе і відповідальне рішення: виходячи з положень енергетичної теорії, організовує будівництво 4-х мартенівських печей на "Запоріжсталі" і "Азовсталі", пообіцявши високі показники їх роботи. Але вони не були отримані. Прихильниками енергетичної теорії була переоцінена роль максимальної теплової потужності при проектуванні мартенівських печей, що працюють на рідкому чавуні, вони не прислухалися до критики з боку М.А. Глінкова. Тоді ж була можливість об'єднання зусиль москвичів і дніпропетровців у вирішенні металургійних проблем 30-40-х р.р., бо мета була одна – створити більш довершені металургійні печі. Проте цього не трапилося, а в 40-х роках взаємовідносини між М.А. Глінковим і І.Д. Семікіним погіршали у зв'язку з оцінкою історії розвитку металургійної теплотехніки.

На суперництво представників різних наукових шкіл, окрім ідейних амбіцій впливала і політична обстановка підозрливості та недовіри. Зараз металургам зрозуміло, що предмету суперечки між науковими школами на Уралі, в Дніпропетровську, Москві і Ленінграді не було. Але тоді не вистачало знання кожній науковій школі, а амбіції заважали об'єднанню спільних зусиль для вивчення таких складних процесів, які здійснюються в мартенівських печах. Подібний висновок можна зробити при аналізі й інших технічних рішень. Так, у 50-х роках металурги отримують технічний кисень і природний газ у великих кількостях – потужний засіб для радикальної зміни металургійної технології. На цей час була відома ідея

заміни доменного процесу, висловлена ще Д.К. Черновим 1899 р., твердофазним і рідкофазним прямими способами отримання заліза з руд. Але в цей час не стояло так гостро питання про екологічні проблеми доменного та коксово-хімічного виробництва. Була втрачена можливість розробити нову технологію без коксу й агломерату, що стало причиною глобального відставання вітчизняних технологій від американських та західноєвропейських.

3.12 Історія розвитку алюмінієвої промисловості

Алюміній – сребристо-білий метал, легкий, пластичний, з високою електропровідністю, за розповсюдженням в природі займає 4-е місце серед елементів та 1-е серед металів (~ 8,8% від маси земної кори). Проте, із-за високої хімічної активності відкриття і виділення чистого алюмінію розтягнулося майже на 100 років.

Висновок про те, що з квасців – досить поширеної речовини, яка використовувалась у кожевенній промисловості, може бути отриманий оксид металу зробив ще 1754 р. німецький хімік *А. Маргг-раф*.

1807 р. англійський хімік *Хемфрі Деві* одержав речовину, яка була сіллю невідомого металу, умовно названого ним "алюміум" (пізніше, ця назва була перетворена в "алюміній"). Деві безуспішно намагався виділити метал із цих солей за допомогою електролізу.

1825 р. данському фізику *Х. Ерстеду* вдалося виділити декілька міліграмів чистого алюмінію. 1827 р. видатний німецький хімік *Фрідріх Велер* виділив з хімічної сполуки сірий порошок, що набував при розтиранні металевого блиску. Спроби отримати метал у вигляді злитка або хоч би крупних зерен залишалися безрезультатними. Причиною невдач *Х. Велера* було те, що ці крупинки на по-

вітрі миттєво покривалися тонкою плівкою оксиду алюмінію. Лише 1845 р. пошуки увінчалися успіхом – Велер отримав новий метал у вигляді зерен величиною з шпилькову головку. Зовні він був схожий на срібло, але на відміну від нього був незвичайно легкий – в 4 рази легшим за срібло і майже в 3 рази – за залізо.

Величезні труднощі отримання алюмінію привели до того, що цей легкий, сріблястий і красивий метал на перших порах цінувався дорожче золота. У першу чергу алюміній стали застосовувати для ювелірних виробів, тому він зайняв місце серед дорогоцінних металів. Цікаво, що 1889 р. під час перебування в Лондоні російського хіміка Д. І. Менделєєва, йому, на знак визнання заслуг в розвитку хімії, були піднесені, як особливий цінний подарунок, ваги, зроблені із золота і алюмінію.

Промислове виробництво алюмінію пов'язане з ім'ям француза *Анрі Девілля*, який для його виділення використав натрій. Хлорид алюмінію завантажувався у велику сталеву трубу, в якій на рівній відстані один від одного були розставлені посудини, наповнені металевим натрієм. При нагріві відбувалася взаємодія хлориду алюмінію з натрієм в газовій фазі і частинки алюмінію осідали на дно труби. Утворені в результаті реакції зернятка ретельно збирали, плавили і отримували злитки металу.

Новий спосіб виробництва алюмінію виявився досить трудомістким. Крім того, взаємодія парів хлориду алюмінію з натрієм нерідко протікала з вибухом. У лабораторних умовах це не представляло серйозної небезпеки, а в заводських умовах могло спричинити катастрофу. Пізніше А. Девілля замінив хлорид алюмінію сумішню розплаву $AlCl_3$ з $NaCl$. Вибухи припинилися, але, що саме головне, замість невеликих кульок металу – отримували значну кількість

рідкого алюмінію. 1855 р. був отриманий перший злиток металу масою біля 8 кг.

Значний внесок у виробництво алюмінію хімічним способом мали роботи вітчизняного вченого М.М. Бекетова. Він проводив реакцію взаємодії між кріолітом (Na_3AlF_6) і магнієм. Спосіб Бекетова був значно ефективнішим, ніж метод Девілля. У німецькому м. Гмелінгемі 1885 р. був побудований завод, що використовував спосіб Бекетова, де за п'ять років було отримано 58 т алюмінію — більше чверті всього світового виробництва металу хімічним шляхом в період з 1854 до 1890 р.

Все ж хімічний спосіб отримання алюмінію не міг забезпечити промисловість дешевим металом. Він був малопродуктивним і не давав чистого без домішок алюмінію. Це примусило дослідників шукати нові способи виробництва алюмінію.

1886 р. американський студент *Чарльз Холл* і французький інженер *Еру*, незалежно один від одного започаткували електролізний спосіб отримання алюмінію. Насправді цей спосіб не був новим, так, ще у 50-х роках ХІХ ст. *Р. Бунзен* і *А. Девілля* незалежно один від одного провели електроліз суміші хлоридів алюмінію і натрію і зуміли отримати маленькі крапельки алюмінію. Проте в ті часи не було ще дешевих і достатньо потужних джерел електроенергії. Тому електроліз алюмінію мав тільки чисто теоретичний інтерес.

1867 р. була винайдена динамо-машина, а незабаром електроенергію навчилися передавати на великі відстані. Це сприяло тому, що *П. Еру* у Франції і *Ч. Холл* в США майже одночасно поклали початок сучасному способу виробництва алюмінію, запропонувавши отримувати його електролізом глинозему, розчиненого в розплавленому кріоліті (*спосіб Холла–Еру*). З того часу новий спосіб

виробництва алюмінію починає швидко розвиватися, чому сприяли удосконалення електротехніки, а також розробка ефективних способів видобутку глинозему з алюмінієвих руд.

Виробництво алюмінію, як і його використання, стрімко зростало. Достатньо привести дані: за 1885 р. у світі вироблено 22 т алюмінію, а у 1998 р. – 20 млн. т.!

3.12.1 Роботи Миколи Бекетова

Микола Миколайович Бекетов – один із засновників сучасної фізичної хімії, народився 31.12.1826 р. у Пензенській губернії в сім'ї морського офіцера. Закінчивши С.-Петербурзьку гімназію, навчався на відділенні природничих наук філософського факультету С.-Петербурзького університету, а пізніше перевівся в Казанський університет, який і закінчив 1849 р.. За дипломну роботу «Міркування про дію підвищеної температури на органічні сполуки» Бекетову був присуджений ступінь кандидата природничих наук. З 1849 до 1855 р.р. М. Бекетов працює в Медико-хірургічній академії, займаючись органічною хімією. 1853 р. захищає магістерську дисертацію та починає працювати асистентом кафедри хімії і технології С.-Петербурзького університету.



Рис.3.15. Бекетов М.М., [35].

1855 р. Бекетов був призначений екстраординарним професором Харківського університету, де налагоджує функціонування хімічної лабораторії, яка знаходилась в занепаді. 1858 р. Бекетов отримав закордонне наукове відрядження до Великобританії, Франції і Німеччини. Йому

вдалося познайомитися з видатними ученими того часу, як Велер, Копп, Бунзен, Кекуле, Девілл, Бертелло та інші. Це відрядження зіграло, безумовно, величезну роль в подальшому формуванні Бекетова як ученого. 1865 р. М. Бекетов подав до захисту докторську дисертацію «Дослідження над явищами витіснення одних елементів іншими», у якій фактично був сформульований закон дії мас практично одночасно з Гульдбергом і Вааге, а розташування металів в ряд за здатністю витіснити один одного стало пробразом відомого ряду напруги. Окремий розділ дисертації було присвячено «глинію», як називали тоді алюміній. Бекетов вперше застосував сполуки магнію для відновлення алюмінію з кріоліту, що було у той час найвигіднішим для промисловості. У 60-х роках XIX ст. М. Бекетов відкрив реакції, які лягли пізніше в основу *алюмінотермії*, тобто відновлення алюмінієм металів з їхніх окислів. Відкриті реакції були використані для виробництва чистих металів, для одержання деяких сплавів, а також для виготовлення *штучного корунда* – першого штучного кристалічного мінералу.

1860 р. М. Бекетов увів викладання фізичної хімії в університетську програму, а 1865 р. стає ординарним професором Імператорського Харківського університету, організовує термохімічні лабораторії, в яких разом з учнями визначив теплоти утворення оксидів і хлоридів лужних металів. 1870 р. вперше отримав безводні оксиди лужних металів. За ці роботи був згодом удостоєний Ломоносівської премії С.-Петербурзької Академії Наук.

М. Бекетов розробив методи отримання металевого рубідію і цезію, промислового виробництва алюмінію, заклав основи алюмінотермії і магнієтермії. За способом Бекетова протягом багатьох років працювали фабрики в Руані (Франція) і Гмелінгені (Німеччина).

Багато робіт Бекетова мали пряме відношення до промисловості. Під час Кримської війни став неможливим імпорт сірки з Сіцилії, і ця проблема опинилася в центрі уваги учених. 1854 р. Бекетов запропонував використовувати гіпс для отримання сірки. На жаль, цей метод не був упроваджений в промисловість, оскільки після закінчення війни імпорт сірки поновився. 1864 р. Бекетов першим досліджував мінеральні води з хутора Березова під Харковом (нині курорт Березівка).

Бекетов був ініціатором і організатором створення Харківської публічної бібліотеки (нині — бібліотека імені В. Р. Короленка), а будівля бібліотеки була збудована за виконанням безоплатно проектом сина М. Бекетова, видатного харківського архітектора О.М. Бекетова (1862–1941). При Університеті з 1872 р. активно працювало Харківське фізико-хімічне товариство, яке Бекетов очолював до 1886 р. Підручник Бекетова «Фізико-хімія» побачив світ 1886 р., ще раніше, 1875 р. були надруковані лекції Бекетова з неорганічної хімії, в яких виклад вівся з позицій Періодичної системи елементів Менделєєва, що було зовсім новим на той час.

1886 р. М. Бекетов обирається академіком С.-Петербурзької Академії Наук, а з 1889 р. він багато разів обирався Президентом Російського Фізико-хімічного Товариства (1889–90, 1896–97, 1900, 1902, 1903, 1911).

Помер М.М. Бекетов 30.11.1911 р. в С.-Петербурзі.

3.12.2 Винайдення алюмінієвих сплавів

1909 р. німецький інженер *А. Вільм* зробив сенсаційне відкриття. Працюючи в Науково-дослідному інституті поблизу Берліна, він займався вивченням сплавів, де основними компонентами були

алюміній і мідь. Завдання полягало в тому, щоб отримати матеріал, придатний для заміни латуні в рушничних гільзах. Отримані злитки піддавалися нагріву до 500 °С з подальшим гартуванням та випробувались на міцність. Великим було здивування ученого, коли він одного разу випадково виявив, що зразки, виготовлені з одного і того ж злитка підвищують свою міцність з часом. Виявилось, що за 4–5 діб, знаходячись при кімнатній температурі, зразки мимоволі підвищили свою міцність без втрати пластичності.

Відкриття Вільма назвали *явищем старіння*. Воно дозволило змінити технологію виробництва сплавів, отримуючи їх з потрібними фізичними властивостями. 1909 р. Вільм патентує свій винахід і продає його фірмі Duren Metallwerke в Дюрени, на якій і було налагоджено промислове виробництво сплава названого *дуралюмін*. 1911 р. він публікує в німецьких журналах статті з деякими відомостями про новий сплав. У країнах, де ліцензія на виробництво не була придбана, почалися самостійні розробки аналогічних сплавів. Так з'явилися альферіум у Франції, сплав 17S в Америці, Y-сплав в Англії.

До таких робіт приступили і в Росії. Петербурзький Патронний завод почав лабораторні дослідження алюмінієвих сплавів ще 1910 р.. Наступного року в Петербурзі відбулася Торгівельно-промислова виставка, на якій демонструвалися зарубіжні зразки дуралюміна. Вже 1912–1913 р.р. на Патронному заводі організують промислове виробництво напівфабрикатів з дуралюміна, розробляється сплав "гільзового алюмінію". Випускався алюмінієвий сплав і на ряді інших заводів Росії. Чимала роль в створенні вітчизняної металургії алюмінієвих сплавів належить Латунному і міднопрокатному заводу товариства Кольчугіна (Володимирської губернії), за-

снованого 1871 р.. До початку Першої Світової війни підприємство стало найкрупнішим міднооброблювальним заводом Росії. Після відкриття металургійної лабораторії 1916 р. на заводі почалося планомірне вивчення властивостей алюмінієвих сплавів залежно від їх хімічного складу і режиму термічної обробки.

Досить швидко дуралюмін знайшов своє основне використання як основний матеріал авіаційної промисловості.

3.13 Роботи вітчизняних вчених зі становлення металургії кольорових металів

Основною сировиною для одержання алюмінію й тепер, як відомо, є боксити, з яких добувають глинозем, що переробляється потім і дає металевий алюміній. Раніше глинозем з бокситів одержували за *способом Ле-Шательє*: спікання бокситу з содою, з наступним вилуговуванням водою та розкладання розчину вуглекислою. Висока вартість соди викликала численні спроби замінити її дешевшими речовинами. Дане завдання блискуче розв'язав інженер *Д.А. Пеняков*, що замінив соду дешевим сульфатом натрію, одержавши Привілей, заявлений 1892 р. на новий спосіб виробництва алюмінатів. Крім того, як показує другий його привілей, він винайшов «спосіб одержання сірчистого алюмінію або подвійних сірчистих сполук його з іншими сірчистими металами і відновлення його в металевий алюміній». 1901 р. Д. А. Пеняков подав заявку на новий винахід: «спосіб одержання алюмінатів розжарюванням суміші глиноземного матеріалу, сульфату та вугілля».

Кращим визнанням заслуг Пенякова було створення французьких і бельгійських заводів, які виробляли глинозем за способом, винайденим російським інженером.

1889 р. *К.І. Байєр*, вивчаючи способи виготовлення чистого гідрату алюмінію, розробив новий спосіб виробництва глинозему з бокситів. Він відкрив, що можна обійтися без розкладання вуглекислою лужних розчинів алюмінату натрію, використовуючи для затравлення невелику присадку свіжо-осадженого гідрату глинозему. 1889 р. новий спосіб успішно застосували на Тентелевському хімічному заводі в Петербурзі, а 1892 р. на хімічному заводі в Єлабuzі успішно запровадили безпосередню обробку бокситів розчином їдкого лугу, що провадилася в автоклавах при високому тиску.

Поєднання безпосередньої обробки бокситів лужними розчинами та подальший самовільний розклад одержаного алюмінату натрію є основним способом одержання глинозему з бокситів, застосовуваний у наші дні світовою алюмінієвою промисловістю.

1910 р. професор Петербурзького політехнічного інституту *Павло Павлович Федотьев* приступив до розробки теорії електрометалургії алюмінію. 1912 р. опубліковано його працю: «Експериментальне дослідження з електрометалургії алюмінію». Пізніше П. Федотьев успішно розвинув теорію електрометалургії алюмінію, опублікувавши праці, що набули світового визнання, увійшли у загальнолюдську скарбницю науки.

Значні внески зробили вітчизняні винахідники також в розвиток металургії міді, нікелю, кобальту, свинцю, цинку, олова, магнію та інших кольорових металів, а також в металургію легких і рідкісних металів.

1866 р. *Семенников* запропонував використовувати незвичайне рішення при переробці штейнів – сплавів сульфідів заліза та міді, отримувані при плавленні мідних руд, – на чорнову мідь. Він вису-

нув ідею продувати штейни в конверторах, створених раніше для виробництва сталі.

Досліди Семенникова, а також пізніші досліди інших інженерів *Іосси* і *Лалетіна*, зроблені на Богословському і Воткінському заводах, дали світовій металургії новий і притому прекрасний спосіб переробки штейнів на чорнову мідь. 1885 р. на Богословських заводах збудували чотири потужних конвертори, а пізніше вони набули загального поширення у світовій практиці.

Семенникову належить ще один важливий винахід: 1865 р. він запропонував оригінальний спосіб переробки мідних піритів з використанням під час плавлення тепла, що утворюється при спалюванні сірки піритів. Ідея Семенникова, що відкрила нові можливості розвитку металургії міді, були підхоплені світовою практикою.

1897 р. *Гольдшмідт* запропонував використати тепло, що виділяється при взаємодії порошку алюмінію з окислами металів. Так було створено *терміт* — суміш порошку алюмінію з окислами металів: заліза, хрому, марганцю, який і нині використовується для термітного зварювання дротів, рейок тощо.

3.14 Розвиток технологій обробки металів

3.14.1 Винайдення та вдосконалення токарних верстатів

До XIV–XV ст. були поширені токарні верстати з ножним приводом, вони вже мали сталеві центри і люнет, який міг бути укріплений в будь-якому місці між центрами. На таких верстатах обробляли досить складні деталі, хоча привід верстатів був досить малопотужним для обробки металу, а зусилля руки, що тримає різець, недостатніми, щоб знімати велику стружку із заготовки. В резуль-

таті обробка металу виявлялася малоефективною, необхідно було замінити руку робочого спеціальним механізмом, а мускульну силу, що приводить верстат в рух, потужним двигуном.

В середині XVI ст. *Жак Бессон* винайшов *токарний верстат* для нарізки циліндрових і конічних гвинтів. У XVII ст. з'явилися токарні верстати, в яких оброблюваний виріб приводився в рух вже не мускульною силою токаря, а за допомогою водяного колеса, але різець, як і раніше тримав в руці токар. На початку XVIII ст. токарні верстати все частіше використовували для різання металів, а не дерева, і тому проблема жорсткого кріплення різця і переміщення його уздовж оброблюваної поверхні столу була досить актуальною. Вперше проблема самохідного супорта була успішно вирішена в копіювальному верстаті *Андрія Констянтиновича Нартова* 1712 р.

А.К. Нартов – російський механік і винахідник часів Петра I. У 1712–1725 р.р. Нартов винайшов і побудував ряд довершених і оригінальних за кінематичною схемою токарних верстатів (зокрема копіюювальних), частина яких була забезпечена механічними супортами. З появою супорта вирішувалося завдання виготовлення частин машин строго певної геометричної форми.

У 1726–1733 р. Нартов працював при Московському монетному



дворі, де створив оригінальні *монетні верстати*. У тому ж 1733 року Нартов створив мезанізм для підйому "Цар-дзвону". У 1738–1756 р.р., працюючи в Артилерійському відомстві, Нартов створив *верстати для свердління каналу і обточування цапф гармат, оригінальні запа-*

Рис.3.16. Нартов А.К., [19].

ли, *оптичний приціл*; запропонував нові способи відливання гармат.

До ідеї механізованого пересування різця винахідники йшли довго. Вперше ця проблема особливо гостро встала при вирішенні таких технічних задач, як нарізування різьби, нанесення складних узорів на предмети розкоші, виготовлення зубчатих коліс тощо. Для отримання різьби на валу, наприклад, спочатку проводили розмітку, для чого на вал навивали паперову стрічку потрібної ширини, на краях якої наносили контур майбутнього різьблення, яке здійснювали напилком уручну. Не говорячи вже про трудомісткість такого процесу, отримати задовільну якість різьби у такий спосіб досить важко. Нартов вирішив завдання механізації цієї операції: копіювальний палець і супорт приводилися в рух одним ходовим гвинтом, але з різним кроком нарізки під різцем і під копіром. Таким чином було забезпечено автоматичне переміщення супорта уздовж осі оброблюваної заготовки. Правда, поперечної подачі ще не було, замість неї було введено систему "копір-заготівка". Тому роботи над створенням супорта продовжувалися. Свій супорт створили, зокрема, тульські механіки *Олексій Сурнін* і *Павло Захава*.

1751 р. *Ж. Вокансон* у Франції побудував верстат, який за своїми технічними даними вже походив на універсальний. Він був виконаний з металу, мав масивну станину, два металеві центри, мідний супорт, що забезпечував механізоване переміщення інструменту в поздовжньому і поперечному напрямках. В той же час в цьому верстаті була відсутня система затискання заготовки в патроні, хоча цей пристрій існував в інших конструкціях верстатів. Тут передбачалося кріплення заготовки тільки в центрах.

1778 р. англієць *Д. Рамедон* розробив два типи верстатів для нарізування різьб: у одному верстаті уздовж заготовки, що обертається-

ся, пересувався алмазний ріжучий інструмент, швидкість переміщення якого задавалася обертанням еталонного гвинта, а змінні шестерні дозволяли отримувати різний крок різьби; другий верстат давав можливість виготовляти різьбу з різним кроком на деталях довільної довжини.

1795 р. французький механік *Сіно* виготовив спеціалізований токарний верстат для нарізки гвинтів. Конструктор передбачив змінні шестерні, великий ходовий гвинт, простий механізований супорт.

Накопичений досвід дозволив до кінця XVIII ст. створити *універсальний токарний верстат*, що став основою машинобудування. Його автором став *Генрі Модслі*, який 1797 р., заснувавши власну майстерню з виробництва верстатів, значно поліпшив супорт, що дозволило створити варіант універсального токарного верстата. 1800 р. Модслі удосконалив цей верстат, а потім створив і третій варіант, що містив всі елементи, які мають сучасні токарно-гвинторізні верстати. При цьому істотно, що Модслі зрозумів необхідність уніфікації деяких видів деталей і першим став упроваджувати стандартизацію різьб на гвинтах і гайках. Він почав випускати набори мітчиків і плашок для нарізки різьб.

Одним з учнів і продовжувачем справи Модслі був *Р. Робертс*. Він поліпшив токарний верстат тим, що розташував ходовий гвинт перед станиною, ручки керування виніс на передню панель верстата, що зробило зручнішим управління верстатом. Цей верстат працював до 1909 р.

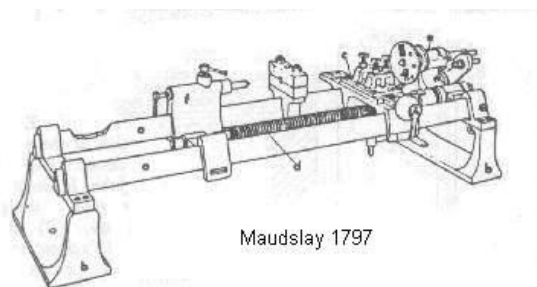


Рис.3.17. Перший токарно-гвинторізний верстат Модслі, [39].

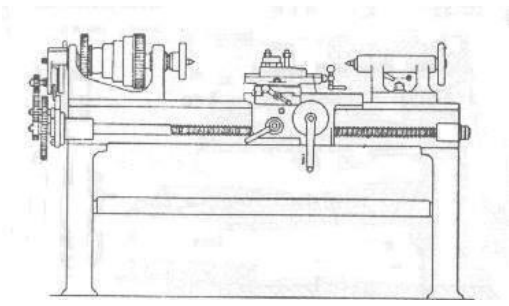


Рис.3.18. Токарний вертат Модслі-Робертса, [39].

Інший колишній співробітник Модслі – *Д. Клемент* створив токарний верстат для обробки деталей великого діаметру. Він врахував, що при постійній швидкості обертання деталі і постійній швидкості подачі під час руху різця від периферії до центру швидкість різання падатиме, і створив систему регулювання швидкості.

1835 р. *Д. Вітворт* винайшов автоматичну подачу в поперечному напрямку, яка була пов'язана з механізмом поздовжньої подачі. Цим було завершено принципове вдосконалення токарного устаткування.

Наступний етап – автоматизація токарних верстатів. Хоча у США розвиток техніки обробки металів розпочався пізніше, ніж в Європі, але у другій половині XIX ст. якість американських верстатів була вже достатньо високою. Верстати випускалися серійно, причому вводилася повна взаємозамінність деталей і блоків. У другій половині XIX ст. були введені елементи, що забезпечують повну механізацію обробки, – блок автоматичної подачі обоми координатами, довершену систему кріплення різця і деталі. Режими різання і подач змінювалися швидко і без значних зусиль. У токарних верстатах були елементи автоматики – автоматична зупинка верстата при досягненні певного розміру, система автоматичного регулювання швидкості та інше.

Проте, основним досягненням американського верстатобудування був не розвиток традиційного токарного верстата, а створення його модифікації – *револьверного верстата*. У зв'язку з необхідністю виготовлення нової стрілецької зброї (револьверів) *С. Фітч* в

1845 р. розробив і побудував револьверний верстат, що мав вісім різальних інструментів в револьверній голівці. Швидкість зміни інструменту різко підвищила продуктивність верстата при виготовленні серійної продукції. Це був серйозний крок до створення верстатів-автоматів. Перший універсальний токарний автомат було винайдено *Хр. Спенсером* 1873 р.

3.14.2 Винайдення технології прокатування

Прокатний стан — це машина для обробки металів тиском між валками, що обертаються. Здавна було відмічено що вироби сталого перерізу: рейки, кутники, балки, листи тощо – набагато простіше отримувати пропускаючи їх між двома валками, ніж шляхом традиційного кування. Неважко уявити, скільки зусиль слід би було прикласти ковалеві, щоб, наприклад, відкувати залізничну рейку або дріт довжиною у декілька сот метрів. Методом прокату отримати такі вироби нескладно, притому у великій кількості та високої якості. Вже в кінці XVIII ст. прокатування стає однією з основних ланок виробничого циклу металургійних заводів, поступово витісняючи кування. А зародилося воно ще в середні віки при виготовленні тонких листів м'якого металу (наприклад, свинцю), які можна було прокатувати уручну без попереднього нагріву.

Прокатування в гарячому стані стало відоме лише на початку XVIII ст., причому спочатку цим способом виготовлялися тонкі залізні листи, але вже з 1769 р. почали прокатувати дріт.

Перший прокатний стан для прокатування залізних заготовок був запропонований англійським винахідником *Кортом*. 1783 р. він отримав патент на винайдений ним спосіб прокату фасонного

заліза за допомогою особливих вальців. Цей спосіб набув великого поширення, але тільки в XIX ст. техніка прокату стала швидко розвиватися, що було пов'язано з інтенсивним будівництвом залізниць. Тоді були винайдені прокатні стани для виробництва рейок, а потім і для багатьох інших операцій.

Пристрій прокатного стану XIX ст. був нескладним: валки, що обертаються в протилежні сторони, захоплюють розжарену металеву смугу і, стискаючись певною силою, протягують її між своїми поверхнями. При цьому метал піддавався сильному обжиманню при високій температурі, а заготовка набувала необхідної форми. Важливо, що внаслідок такої обробки, наприклад, залізо набувало властивостей, яких не мало від природи. Окремі зерна металу, які до прокатування розташовувалися в його структурі безладно, в процесі сильного обжимання витягувалися та утворювали довгі волокна. М'яке та ломке залізо ставало після цього пружним і міцним.

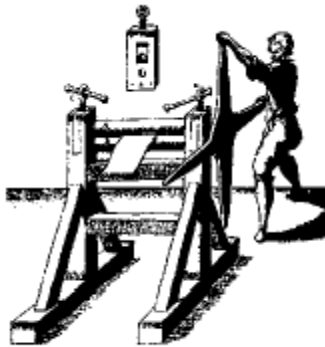


Рис.3.19. Якнайдавніше зображення прокатного верстака на гравюрі 1615 р., [26].

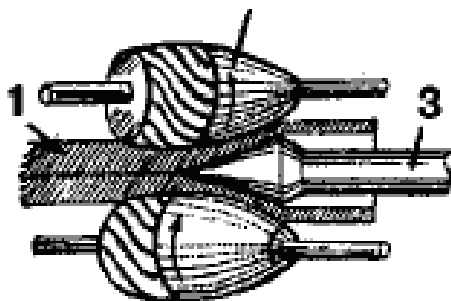


Рис.3. 20. Схема валкового стану Меннесманів: 1– заготовка; 2– валки; 3 – стрижень [26].

Форма виробу залежала від форми валків. Валки з гладкою поверхнею застосовувалися для виготовлення плоского заліза, наприклад листів. Для фігурного прокату валкам надавали відповідних виїмок. Потрібний профіль надавався виробу не відразу, а поступо-

рювали довгі волокна. М'яке та ломке залізо ставало після цього пружним і міцним.

Форма виробу залежала від форми валків. Валки з гладкою поверхнею застосовувалися для виготовлення плоского заліза, наприклад листів. Для фігурного прокату валкам надавали відповідних виїмок. Потрібний профіль надавався виробу не відразу, а поступо-

во. Болванка послідовно проходила через цілий ряд валів, з яких лише останній мав форму готового сортового заліза.

До кінця сторіччя техніка прокату настільки удосконалилася, що цим шляхом стали отримувати не тільки суцільні, але й порожнисті вироби.

1885 р. брати *Меннесмани* винайшли спосіб прокатування безшовних залізних труб. До цього труби доводилося виготовляти із залізного листа, — їх згинали і зварювали – що було довго й дорого. На стані Меннесманів круглу заготовку пропускали між двома валками, розташованими під кутом один до одного. Унаслідок сил тертя між валками та заготовкою остання починала обертатися, а унаслідок конічної форми валів середня частина їх поверхні оберталася швидше крайніх. Тому, із-за косоного розташування валків заготовка як би угвинчувалася в простір між ними. Болванку заздалегідь сильно розігрівали, тому метал заготовки починав скручуватися та витягуватися, а в осьовій зоні відбувалось його розпушування — виникала порожнина, яка поступово розповсюджувалася всією довжиною заготовки. Пройшовши через валки, заготовка насаджувалася на спеціальний стрижень, завдяки чому внутрішня порожнина набувала правильної круглої форми. В результаті виходила товстінна суцільна труба.

4 Кераміка, склоробство та штучні матеріали

4.1 Поняття кераміки та перша кераміка

Кераміка (від грецького *keramos* – глина) – це вироби, які одержуються шляхом спікання глини чи суміші глини з мінеральними домішками. Виділяють такі основні види кераміки: фаянс, фарфор,

теракота, майоліка. Історія кераміки різноманітна та цікава. Від примітивних посудин, виліплених уручну і обпалених на багатті, до виробів, що виготовляються на основі найостанніших досягнень сучасної науки; від грубої цегли до тонкого прозорого фарфору – такий шлях розвитку кераміки. Сьогодні складно знайти сферу людського життя і діяльності, де кераміка не використовується. У побуті і ракетобудуванні, радіотехніці і металообробці, медицині й хімії... Вироби з кераміки прикрашають наш побут, а керамічні різці успішно конкурують і часто перевершують властивості різців, виготовлених із надтвердих сплавів. Кераміка дозволяє працювати при високих температурах і не боїться найагресивніших хімічних речовин.

На первинному етапі, як вже згадувалось, людина навчилася обробляти глину та виготовляти примітивний посуд. Для виробництва кераміки використовується глина різних сортів, з різними добавками, тому керамічні вироби можуть виглядати досить різними. Люди експериментували з різними сортами глин і домішок, з прийомами формування і випалювання, прикрашування виробів. У прагненні отримати тонку, красиву, міцну кераміку, винахідники різних країн часто робили схожі відкриття стосовно складу кераміки різного призначення, прийомів виготовлення, форми виробів тощо.

Керамічне виробництво належить до найбільш стародавніх на землі. Наявність доступного матеріалу – глини зумовило ранній і практично повсюдний розвиток керамічного ремесла. Археологічні розкопки, що проведені на території багатьох країн Європи, Азії, Африки, Америки, дають обширний матеріал для вивчення цієї цікавої області творчої діяльності людини.

Від давніх часів керамічні вироби, виготовлені з глини з різними добавками термічно обробляються. В результаті термічної обробки кераміка набуває вогнетривкості, хімічної стійкості та ряду інших властивостей, що визначають широке використання її в самих різних галузях народного господарства. Серед всіх відомих матеріалів за сукупністю технологічних, хімічних, механічних і художньо-естетичних властивостей кераміка не має собі рівних.

З якнайдавніших часів керамічні вироби займають одне з провідних місць в декоративно-прикладному мистецтві всіх народів світу. У музеях різних країн зберігається немало шедеврів керамічної майстерності, яка зародилася на самій зорі людської історії, в період первісно-общинного ладу. З'явившись, як свідчать археологічні дані, ще за мезоліту, виробництво кераміки вже в епоху неоліту отримало розвинутий характер.

Спочатку основним видом керамічних виробів були товстостінні посудини з пористою структурою, круглим або конічним дном, – що хоч і не надавало стійкості при встановленні на землю, але прискорювало закипання на відкритому багатті. Ліпилися вони від руки різними прийомами, що було розглянуто в главі I. У глину, щоб вона не розтріскувалася при випалюванні, додавалися товчені черепашки і подрібнений граніт. Масивні посудини використовувалися для приготування їжі, дрібніші – служили, очевидно, для її споживання. За численними відбитками пальців припускають, що якнайдавніші керамічні посудини виготовлялися жінками.

Вироби кам'яного століття обпалювалися спочатку на багаттях (ймовірна температура відпалу до 800 °С), пізніше з'явилися спеціальні випалювальні печі.

В період пізнього неоліту і енеоліту – форми посудин (глеків, мисок, чаш) стають різноманітнішими, з'являються невеликі скульптури людей і тварин. Велика частина посудин має вже плоске дно, що вказує на розповсюдження плоского столу і плоского пічного череня, тобто на переважання осілого способу життя.

Тоді ж керамічні вироби починають прикрашати орнаментом. Можна прослідкувати розвиток орнаменту від простих візерунків, тиснених штампом, що покривали в різних комбінаціях всю зовнішню



Рис.4.1. Первісний глиняний посуд різних народів, [1,3,5,8,10].

поверхню посудин, до набагато різноманітніших і художньо виразніших розписів, що склалися із спіралевидних завитків, концентричних кругів, хвилеподібних ліній тощо. Узори часто були багатоколірними, використовувались чергування червоних, білих, чорних і інших фарб. Іноді геометричні малюнки по-

єднувалися із зображеннями людей і тварин.

Археологічні і етнографічні дослідження доводять, що первісні орнаменти наділялися магічним значенням; у основі їх лежала умовно-схематична передача явищ природи: були знаки сонця, води, блискавки, Місяць і т. д.. Поступово, у міру ослаблення магічних уявлень, у розписах все більше переважали декоративні мотиви.

Подібні розписні вироби були знайдені на обширній території: від південно-західних районів нашої країни (трипільська культура) до Середземномор'я, Близького Сходу, Середньої Азії, Китаю. У кожному з цих районів гончарство мало свої місцеві, локальні особливості.

4.2 *Керамічне виробництво Стародавнього Сходу*

Наступний етап розвитку керамічного виробництва відноситься до періоду розквіту рабовласницьких держав Стародавнього Сходу. Найважливішим чинником вдосконалення керамічної майстерності став винахід гончарного круга (IV тис. до н. е.), застосування якого різко підвищило продуктивність праці і поліпшило якість виробів. Гончарною справою стали займатися чоловіки. Посуд, зроблений на гончарному крузі, з'являється в різних місцях в різний час, але там, де вже виділилися ремісники.

Видатним досягненням керамістів Стародавнього Сходу було винайдення кольорової глазурі. Опис способу приготування перших глазурей містять глиняні таблички з клинописним текстом, виявлені в бібліотеці царя Ассирії Ассурбаніпала (VII ст. до н. е.).

Широко відома в першу чергу архітектурна поливна кераміка Ассирії, Вавілона, Стародавнього Ірану. Особливої досконалості досягли іранські глазуровані панно з рельєфними багатоколірними зображеннями, що прикрашали стіни палаців і храмів. Дуже виразними були й глазуровані зображення левів і фантастичних тварин, що займали почесне місце в прикрасі палацових покоїв. Яскраві поєднання блакитної, смарагдово-зеленої, жовтої, темно-лілової глазурі створювали прекрасний декоративний ефект.

4.3 Розвиток керамічного виробництва в часи античності

Особливе місце в історії кераміки займає кераміка античної Греції. Її розквіту передував розвиток гончарної справи на острові Крит, одного з провідних центрів Егейської культури. До нас дійшли критські посудини різних періодів, розписний декор їх дуже різноманітний.

До найбільш відомих відносяться вази *стилю «камарес»* (так називається печера, де вони були знайдені), з витонченими округлими формами, покриті чорним лаком, по якому білою і червоною фарбами нанесені великі, дуже своєрідні візерунки зірчастих форм, вихрових розеток, листя і пелюсток, вписаних в овали (близько 1800 р. до н. е.). Відома і ваза так званого *морського стилю* з Гурнії (середина II тисячоліття до н.е.), що зображає великого восьминіга,



Рис. 4.2. Амфори з Афінського музею, [21*].

що немов охопив її своїми щупальцями; навколо нього – водорості та корали. Образ морських стихій дається зеленуватими тонами фону розпису .

У Стародавній Греції кераміка стає одним з головних видів художнього ремесла. Свого розквіту вона досягає в VI–V ст. до н.е. Вироби грецьких майстрів вивозилися далеко за межі Греції і мали усюди великий вплив на місцеві вироби. Провідне місце серед грецької кераміки займало виробництво різних посудин. Знамениті грецькі вази не були предметом розкоші – численна армія гончарів

виконувала їх з простої глини, для розпису використовувався тільки лак.

Але при всій обмеженості вживаних матеріалів (греки не знали ні прозорі глазури, ні кольорових емалей), розписні вази перетворювалися на справжні витвори мистецтва. У чорнофігурних композиціях розпис виконувався чорним лаком по незафарбованому фону, в червонофігурних — темний лак, навпаки, покривав фон, залишаючи зображення не зафарбованим. Залежно від призначення були розроблені різні типи посудин. Так, *кратер* мав широке горло, він призначався для змішування вина з водою; *килик* — плоска чаша з двома ручками — з нього пили вино; *лекиф* — невеликий, витягнутий догори з однією ручкою призначався для зберігання масла при похоронних церемоніях тощо. Найбільш прославилася своїми гармонійними і благородними пропорціями *амфора* — струнка ваза з двома високими ручками, що призначалася для зберігання масла і вина.

Кожен тип вази відповідав її призначенню, відображав життєву потребу. При цьому форми і декор були добре продумані з урахуванням пластичних властивостей самого матеріалу — глини. Маса для виготовлення грецьких ваз, спочатку бура і груба, згодом стає тоншою, твердішою і чистішою, червоного або жовтуватого кольорів. Техніка формування доходила деколи до віртуозності. Неповторно своєрідні і самі розписи. Ні у який інший період прикладне мистецтво не досягало такого дивовижного поєднання натхненної життєвості і декоративності.

Гуманістичний світогляд стародавніх еллінів, заснований на глибокому інтересі до земного світу, до реальної людини, знайшов свій яскравий вираз і у вазописах. Художники-вазописці відтворюю-

вали самі різні сцени з реального життя й міфології, з повагою показували працю ремісників: майстерню гончаря, коваля, скульптора і ін.. Людські фігури займали в композиціях основне місце, в живих і конкретних образах підкреслювалася краса та значущість земної людини. Ці життєво природні зображення були нерозривно пов'язані з формою, підкреслювали її архітектурну красу. Розписи доповнювалися орнаментальними мотивами, серед яких переважали *пальметта* і *меандр*.

Широкою популярністю користувалися невеликі теракотові скульптурки, що зустрічаються при розкопках майже у всіх старогрецьких містах.



Рис.4.3. Амфори з Херсонеса, [3].

Головним центром їх виробництва була Танагра. Улюбленим мотивом було зображення молодої гречанки, серед яких особливою граціозністю відрізнялися фігурки юних танцівниць. Велика частина фігурок ліпилася у формах, після чого оброблялася

від руки. При доопрацюванні вручну зміни стосувалися нахилу або повороту голови, руху рук, деталей зачіски, одягу і т.д. Не рідко одяг забарвлювався в блакитні, рожеві або білі кольори, волосся – в червоний або коричневий, обличчя і голі частини фігури були ніжно-тілесного кольору.

У Стародавній Греції широкого розвитку отримало виробництво *черепиці*, що було пов'язане із зростанням міст і розширенням житлового будівництва. Римляни крім черепиці виробляли цеглу, керамічні труби для обігріву стін та підлоги. Після просушування сфор-

мованих виробів проводилося їх випалення в спеціальних гончарних печах.

4.4 *Кераміка трипільської культури*

Яскравим прикладом керамічної майстерності тієї пори є посудини і невеликі скульптурки, що відносяться до трипільської культури. Трипільські майстрині уміли ліпити вироби від руки, без гончарного круга, який з'явився пізніше. Відомо понад 20 видів кераміки, що виготовлялася з місцевих глин: виділяються посудини з тонкої рожевої маси – глеки з вузьким горлом, глибокі миски, подвійні посудини, що нагадують формою бінокль, – розписані найчастіше білою, чорною і червоною фарбами з тонко розтертих, природно забарвлених глин.

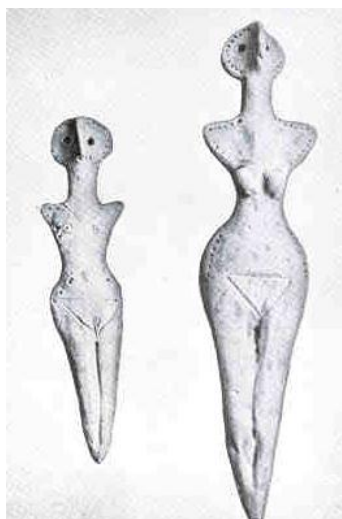


Рис.4.4. Жіночі антропоморфні фігурки пізньотрипільської культури, [5].

У орнаменті переважають мотиви круга і спіралі, які, можливо, позначали сонце, яке вважалося джерелом життєвих благ. У варіюванні цих простих мотивів виявляється винахідливість і висока майстерність. У трипільських поселеннях знайдено також багато невеликих скульптур досить характерної зовнішності – з розпущеним волоссям, горбатим носом, умовно переданими формами і пропорціями;

на деяких з них збереглися сліди розфарбовування червоною охрою. Найскоріше це – зображення давнього жіночого божества – матері-родоначальниці.

4.5 Поява фарфору

Секрет виробництва *фаянсу*, відомий ще майстрам Давнього Єгипту XV ст. до н.е., пізніше знову був відкритий, але вже в III ст. н.е. в Китаї, де розвиток кераміки досяг високого розвитку. Розписні вироби, своєрідні триножні посудини виготовлялися ще в III тисячолітті до н.е. в епоху Яншао. У II–I тисячоліттях до н.е. зустрічається глазурований посуд і окремі вироби з високоякісної білої глини – каоліну. У III–V ст. н.е. з'являються перші фарфоровидні вироби, а в VI–VII ст. освоюється виробництво справжнього *фарфору* – керамічного матеріалу, непроникного для рідин та газів.

За складом і умовами відпалу розрізняють м'який та твердий фарфор. Твердий фарфор отримують високотемпературним (до 1450 °C) відпалом суміші каоліну, глини, кварцу і польового шпату. М'який фарфор різноманітніший за хімічним складом, температура його відпалу нижча ~ 1300 °C.

Китайська кераміка відрізняється особливою різноманітністю, самобутністю форм і художніх рішень. Виготовлялися чаші, глеки, вази, фляги, блюда, коробочки для рум'ян, курительниці, чайники і багато інших виробів, що прикрашалися різними поливами, рельєфними і розписними узорами.

Велику популярність здобули близькі до фарфору вироби покриті сірувато-зеленою глазур'ю різних відтінків, що отримали в Європі назву «селадон». Виняткову цікавість мають невеликі скульптурки людей і тварин, які виготовлялися починаючи з I тисячоліття н.е., котрі часто виявляються в похованнях. Але світову популярність здобув в першу чергу китайський фарфор, що відрізнявся особливо високою якістю самої керамічної маси; білизою, тонкістю, просвічуваністю і міцністю, чистим дзвоном.

Необхідно відзначити, що використовувані для виготовлення китайського фарфору місцеві природні матеріали – фарфоровий камінь і каолін, містять виключно малу кількість фарбувальних домішок, чим і обумовлюється висока якість фарфору. Іншою умовою отримання високоякісних фарфорових виробів є висока технологія керамічного виробництва, що зародилася в Китаї в давні часи. Китайським майстрам належить першість у створенні рецептури фарб для розпису фарфору. Дуже ефектна китайська глазур для фарфору — «*краклс*» з тонким павутиноподібним узором, кольорова червона глазур «*бичача кров*» та інші. Білий глазурований фарфор з XIV–XV ст. розписувався підглазурною синьою фарбою — *кобальтом*, в другій половині XV ст. з'явився *багатоколірний розпис*. У XVII—XVIII ст. широко розповсюдився розпис фарбами і легкоплавкою кольоровою глазур'ю – так званими *емалями*. Дивовижними узорами відрізнялися розписи, що зображали пейзажі, фігури людей, тварин, птахів, квітучі рослини, скелі, причому декор на рідкість органічно поєднувався з формою.

Китайські майстри тримали в таємниці секрет свого виробництва, за його розголошення сурово карали, аж до страти.

4.6 Керамічне виробництво в середні віки

У епоху середніх століть особливо значним був розвиток кераміки в країнах Арабського Халіфату, Середньої Азії та Персії.

Найбільшої популярності досягли вази, глеки, блюда і ряд інших виробів, що виготовлялися в цих районах, а також архітектурні плитки, покриті багатоколірною глазур'ю.

У середні віки в Європі з кераміки в основному виготовляли посуд для приготування їжі та ємності для зберігання продуктів.

Майстри використовували самі різні матеріали: білу глину, білий пісок, подрібнений гірський кришталь. Після розпису і відпалу такі вироби з кераміки покривалися шаром глазури, після чого вироби знову обпалювалися. При виробництві кераміки вдосконалювались робочі суміші, використовувалися різноманітні кольори, відпрацьовувалась техніка малюнка.

У Західній Європі, після занепаду в період середніх століть, коли з посуду переважали пічні горщики, а для будівництва кераміка практично не застосовувалася, відродження керамічного виробництва починається з XV ст. в Італії.

У середині XIV ст. до Європи Середземним морем через острів Майорку починає завозитись іспано-мавританська кераміка. Припускають, що від назви цього острова і походить назва «*майоліка*».

У епоху італійського Ренесансу (XV–XVI ст.) разом із загальним розквітом мистецтва високого підйому досягає і художня кераміка – *майоліка*. Ввезення іспано-мавританських виробів сприяло розвитку місцевого керамічного виробництва в містах Фаенца, Сіена, Урбіно і ін., де виготовлялися різні розписні вироби — вази, блюда, тарілки із зображенням пейзажів, портретів, сюжетних композицій. Вироби італійських майстрів відрізнялися композиційною досконалістю і колірною гармонією, точністю і ясністю малюнка. Вироби розписувалися поверх шару необпаленої емалі. Фарба при цьому глибоко вбиралася в емалеве покриття і тому ніякі виправлення не допускалися. Від живописця була потрібна незвичайна точність і ретельність в роботі.

Отримала розвиток і архітектурна декоративна майоліка — кольорові керамічні вставки прикрашали різні споруди, палаци і храми. Вперше застосували цю техніку до рельєфу і об'ємної пластики майстри з Флорентійського сімейства делла Роббіа (XV—XVI ст.). Всесвітньо відомими творами мистецтва визнані рельєф «Мадонна з немовлям» Луки делла Роббіа і медальйони Андреа делла Роббіа із зображенням немовлят на фасаді Виховного будинку у Флоренції.



Рис.4.5. Мадонна з немовлям, XV ст

Італійська майоліка помітно вплинула на розвиток майоліки в інших європейських країнах, в першу чергу Німеччині і Франції. Паралельно з майолікою з XVI ст. починають виробляти фаянс. *Перше європейське фаянсове виробництво* з'явилося у французькому містечку Сен-Поршер. Тут виготовлялися оригінальні посудини з розписом і ліпкою, а за тонкістю черепка, вони наближалися до прославленої старогрецької *теракоти*.

У XVII ст. великою популярністю користувався дельфтський фаянс (Голландія). Плитки, вази, блюда прикрашалися як багатоколірним декором, так і синім підглазурним розписом. Квітучі кущі, фантастичні птахи, морські пейзажі, жанрові сценки зображалися в наслідування китайському фарфору. У художніх вирішеннях з підкресленою нарядністю форм, соковитістю і багатством орнаментики, відбився поширений тоді стиль *бароко*.

У XVIII ст. талановитий англійський кераміст *Дж. Веджвуд* удосконалив технологію фаянсу, увів в практику різноманітні прийоми декорування. У Російському Державному Ермітажі зберігається сервіз, виконаний за замовленням цариці Катерини II в 1774 р., котрий складається більш ніж з 900 предметів, на яких коричневим тоном по фоні «кольору сливок» зроблені малюнки, відтворюючи визначні місця Англії — замки, красиві маєтки.

У Німеччині в кінці XV—XVI ст. набуло поширення виготовлення пічних кахлів, кухлів, ваз з рельєфним узором, покритих соляною глазур'ю. Особливої досконалості цей вид кераміки досяг в XVIII ст. у Англії на підприємстві того ж Веджвуда.

У Європі довгий час не могли розгадати секрету фарфору. Тільки в кінці XVI ст. в Італії (Флоренція) отримали так званий м'який фарфор, а на початку XVIII ст. у Німеччині був відкритий спосіб виробництва твердого фарфору. Майстри кераміки з Англії і Франції, створили свої різновиди фарфору, наприклад, кістяний фарфор.

У Росії над загадкою фарфору працював *М.В. Ломоносов*. 1744 р. в Петербурзі відкрився фарфоровий завод, де в 1747 р. *Д.І. Виноградов* отримав перший твердий фарфор, виготовлений з вітчизняної сировини.

4.7 Скларобство античності

У Греції з VI ст. до н.е. існувало виробництво невеликих посудин з напівпрозорого різноколірного скла. Дійсні зрушення в розвитку скларобства пов'язані з римською епохою, і перш за все з відкриттям складувної техніки. Більшість дослідників відносять це нововведення до I ст. до н.е. і вважають його батьківщиною Сірію, де

була винайдена видувна трубка. Застосування її відкрило нові можливості масового виготовлення дешевої продукції. Сірійці перенесли виробництво дутого скла до Риму, і звідти це мистецтво розповсюдилося провінціями імперії.

Технологія склоробства була різноманітною. Для виготовлення дутих фігурних посудин з рельєфним декоруванням користувалися формами. Без застосування форм видувалися посудини, розраховані на масового споживача. Скло розфарбовувалося в різні кольори шляхом додавання в скляну масу різних домішок. Великий попит мали вироби з мозаїчного скла. Складувна техніка дозволила значно удосконалити виготовлення мозаїчних посудин. Широко практикувалися різьблення, шліфування і гравіювання скляних виробів.

Винайдення сірійськими скловарами способу виплавлення прозорого безбарвного скла покладено в основу іншого великого досягнення римського ремесла — виготовлення шибок, які стали засто-

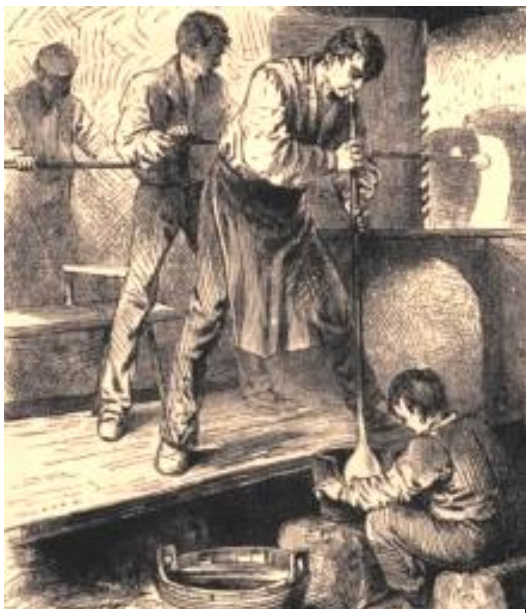


Рис.4.5. Складувне виробництво, Італія, X ст., [32].

совуватися в I ст. н.е. Для виготовлення шибок користувались дерев'яними формами, які змочували водою, виливали скляну масу та розтягували її щипцями до самих вінець. Така технологія дозволяла одержувати шибки розміром до 30—40 см. Проте, як показали розкопки в Помпеях, вироблялися і скляні листи розміром 1,0x0,70 м, завтовшки близько 1 см.

4.8 Поширення скла в Європі

У другій половині XIII ст. плоске і прозоре скло з'явилося в Європі. Вважають, що саме воно і було використане свого часу венеціанськими майстрами-шліфувальниками для виробництва лінз для окулярів. З початку XIII ст. виробництво скла у Венеції почало розвиватися швидкими темпами. Тоді венеціанці завезли з Константинополя зразки східного скла, оволоділи секретом його виробництва та не зупинилися на цьому. Венеціанські майстри стали додавати в розплав незначну кількість свинцю, що зробило венеціанське скло ще прозорішим.

Пізніше, всі майстерні з виробництва скла були перенесені на невеликий острів недалеко від Венеції – острів Мурано. Вироби з муранського скла цінувалися в Європі неймовірно високо. Тоді майстри-склодуви навчилися виготовляти скляний посуд – неймовірно тонкий і красивий. До XVI ст. слава муранського скла стає світовою. Вази, карафи, келихи вражають красою і вишуканістю, будь-який з цих виробів є витвором мистецтва.



Рис. 4.6. Муранське скло XVIII ст., [29*].

На Русі виробництво скла стало розвиватися в першій половині XI ст. При розкопках в шарах XI–XIII ст. виявлена безліч майстерень з виробництва скла. Зокрема знайдені майстерні з виробництва скляних намист, які були тоді дуже модною прикрасою. Взагалі спочатку скло і вироби з нього з'явилися не як предмет першої необхідності, а як предмети розкоші, мистецтва.

Пізніше скло стали використовувати для інших потреб. Покривши скло амальгамою, людина винайшла дзеркало. Скло стали використовувати в будівництві і в першу чергу при будівництві храмів – почали прикрашати храми різноколірними вітражами.

Промисловий підйом під час царювання Петра I стимулював підвищення попиту на продукцію зі скла.



Рис. 4.7. Вітраж храму у Новгороді, [48].

Потужні за тими мірками склоробні заводи – Духанський, Ізмайлівський, Чорноголовський не могли задовольнити цей попит, а імпорт скла був достатньо дорогим і, відповідно, недоцільним з економічної точки зору. За вказівкою Петра I закладаються нові скловарні заводи – Ямбургський, Берестянський, Астраханський та інші. До 1722 р. склоробні заводи освоюють широкий асортимент виробів – від плоского скла різної товщини до посуду побутового призначення, чорнильниць, лампад, кишенькових фляг тощо.

4.9 Технології штучних матеріалів та їх застосування

Пластмаси (пластичні маси, пластики) – матеріали на основі полімерів – високомолекулярних сполук зі значною молекулярною масою, де атоми в основному Карбону, Гідрогену, Оксигену та Нітрогену з'єднані хімічними зв'язками, утворюють лінійні чи розгалужені ланцюги, а також просторові трьохвимірні структури.

Існують дві основні групи пластиків – *термопласти*, які зберігають здатність до переходу у в'язкий стан зі зміною форми, а отже можуть використовуватись багатократно, та *реактопласти*, які лише один раз приймають постійну конкретну форму та руйнуються при спробі повторного нагрівання.

Із найдавніших часів людина використовувала для практичних цілей властивості природних полімерів, таких, як ріг, віск і бітуми. Ріг можна нагрівати і розколювати, розм'якшити в кип'ятку, потім вирівняти та надати йому бажану форму методом гарячого пресування. В результаті ріг поводить ся як типовий листовий матеріал з термопласту. До початку XIX ст. промисловість з виготовлення виробів із відформованого рогу процвітала – в основному з нього робили гребені.

У XIX ст. було виявлено, що природні речовини вступають в реакцію з різними хімічними препаратами, утворюючи нові напівсинтетичні матеріали. Проте, один з найперших у світі напівсинтетичних пластиків – *китайський лак* застосовувався ще в період правління імператорської династії Хань (II ст. до н.е.). Смолянистий сік, що отримується з деревини «сумаха лаконосного», розповсюдженого головним чином у Китаї та Японії, збирають з надрізів у корі, відстоюють та фільтрують. Під дією повітря відбувається полімеризація, лак висихає й твердне, утворюючи блискуче, міцне і водостійке покриття.

Поступово люди дізналися, що властивості природних та напівсинтетичних матеріалів можна поліпшити за допомогою таких методів, як очищення та модифікація іншими речовинами, проте лише в XIX ст. багато нових галузей промисловості стали потребувати матеріали, що володіють такими властивостями, яких не мо-

жна було знайти в природі. Це послужило стимулом до створення цілого ряду нових матеріалів, зокрема перших пластмас.

Початок виробництва пластмас припадає на 1830 р., коли в Англії був вироблений *кампулікон* – шаруватий матеріал з основою джутової тканини, на яку накатувалась суміш каучуку, подрібненої пробки та інших компонентів. Проте, широкого розповсюдження одна з перших пластмас не набула з причини високої вартості каучуку. Лише 1863 р. англієць Фредерік Уолтон змінив останній ліноксином і заклав основу виробництва *лінолеуму*.

1838 р. *Чарльз Гудьїр*, американський виробник чавуну, що розорився, винайшов процес вулканізації каучуку. Майже одночасно з Гудьїром добилися такого ж успіху брати *Хенкок* з Англії. Вулканізований каучук отримав назву *гума* – штучний матеріал, який відіграв неоціненну роль в науково-технічному прогресі. Процес його виготовлення полягає в додаванні різних кількостей сірки в природний каучук, який стає твердішим і еластичнішим. Від природи каучук темного кольору, проте у разі потреби його можна офарбувати пігментом, щоб змінити зовнішній вигляд.

Першим термопластом, який знайшов широке застосування, був *целулоїд* – штучний полімер, одержаний британським хіміком *Александром Паркером* шляхом переробки природної целюлози та представлений на Міжнародній Виставці в Лондоні 1862 р. Цей новий матеріал за задумом винахідника повинен був повністю замінити каучук, оскільки може приймати довільну форму та має меншу вартість. Та з'ясувалося, що висхідна сировина для такого матеріалу досить дорога. 1866 р. американцем *Дж.У. Хайеттом* винайдений целулоїд на основі нітроцелюлози, який відразу знайшов застосування для виготовлення більярдних куль. Головний недолік

цього матеріалу – вибухонебезпечність, був усунутий додаванням уперше пластифікатора камфори, після чого одержана пластмаса під температурою легко пресувалась, оброблялась на вальцях, знавала формування. Це був перший термопласт офіційно зареєстрований торговою маркою Celluloid™ з виробництвом у промислових об'ємах із 1872 р. впершу чергу для фото- та кіноплівок. З цього періоду почалося масове виробництво з винайденої пластмаси дитячих іграшок, гребінців, гудзиків, ременів, жорстких комірців, «пластичного скла» тощо. Але названі вище пластмаси мали органічне походження: клітчатка деревини, бавовняна вата та інші рослинні матеріали. В тому ж році німецький хімік *Байєр* вже синтезував нову синтетичну смолоподібну речовину шляхом з'єднання сполук фенолу (карболової кислоти) з формальдегідом (окисел метилового спирту) при наявності соляної кислоти. Та знову значна собівартість сировини – формальдегіду стала на заводі широкого промислового застосування. З 1885 р. як заміник кістки, коралу, янтарю почали використовувати роговидний пластик *галаліт*.

Неорганічні пластики – синтетичні смоли з фенолу та формальдегіду одержали технічне визнання з 1906 р., коли американський хімік *Л.Г. Бакеланд (Бейкленд)* (1863-1944) розробив спосіб одержання економічного методу виробництва пресованих виробів. Різновид таких пластиків отримав назву *феноласти*. Останні володіли властивістю при нагріванні переходити в нерозчинний та неплавкий стан, і одержали власну на той час назву на честь їхнього винахідника «*бакеліти*». Бакеліт одержували в бейкелайзері – апараті де, змінюючи температуру та тиск, можна було контролювати хімічну реакцію, та мав великі переваги перед попередниками: не горів, не кипів, не плавився, не розчинявся ні в якій кислоті та роз-

чиннику, був тепло- та водостійким, механічно міцним з відмінними електроізоляційними властивостями, не змінювався під різними впливами наприклад, сонячних променів і т.п.. Названі властивості визначили унікальність та цінність першого термореактивного пластика, який на довгий час був «лідером» серед пластмас. Якщо спочатку в бакелітах наповнювачем слугувало деревинне борошно, то пізніше на основі фенольних смол просочуванням тканин, паперу, фанери з подальшим гарячим пресуванням одержали *гетинакс*, *текстоліт* та ін.. До початку II Світової війни бакеліти стали широко використовувати у військовій промисловості.

З 1918 р. завдяки чеському хіміку *Джону* став відомий ще один різновид пластмас – *карбамідні пластмаси* з теж чудовими властивостями: міцні, жаростійкі, піддавались фарбуванню в будь-який колір, пропускали більший діапазон світлових хвиль у порівнянні зі звичайним склом (в т.ч. ультрафіолетові), мали добрі тепло- та звукоізоляційні властивості. Ці пластики знайшли своє застосування як відмінний оздоблюваний та декоративний матеріал.

У Росії виробництво фенопластів – карболіту за технологією *Г.С. Петрова* (1886-1957), було налагоджено 1914 р. на заводі синтетичних смол в Орехово-Зуєво.

Не менш цікава історія винайдення та розвитку виробництва синтетичних волокон. Так, джерелом винаходу *штучного шовку* (1891 р.) для французького винахідника *Л. Берніго* був шовкопряд, спостерігаючи за яким дослідник зрозумів суть процесу утворення шовку. Проте, винайдений ним замінник був легкозаймистим. Ця проблема була вирішена вже пізніше *Чарльзом Тофемом*, і отже з'явилась *віскоза* – ще один модифікований вид целюлози. 1884 р. французький інженер *І. Шардоньо* (1839-1924) винайшов метод

отримання *нітрошовку*, промислове виробництво якого почалося з 1890 р. Штучний шовк із віскози промислово розпочав виготовлятися в 1892-95 р.р. завдяки розробленому методу англійців *Ч. Кросса, Е. Бівена і К. Бізла* та йшов на виготовлення панчох, трикотажу, плетених виробів тощо. А з 1913 р. на промислову основу вже поставлено виробництво *ацетатного волокна*.

Кінець XIX початок XX ст. ознаменувались народженням наукової революції, яка привела і до відкриття пластмас. Бурхливий розвиток на науковій основі цих матеріалів припадає саме на 20-30-ті р.р. XX ст.. Так, у 20-х р.р. в лабораторії компанії DuPont, був розроблений *найлон (нейлон, анід, капрон, перлон, силон* та інші назви) – синтетичне волокно, що одержується формотворенням із розплавів чи розчинів поліамідів. Такі поліамідні волокна з різними промисловими назвами знайшли широке застосування у виробництві текстильних товарів широкого вжитку, фільтрувальних матеріалів, рибальських сіток, канатів, шин і т.д.. Саме тут, в лабораторії компанії, американський хімік *У. Карозерс* на підґрунті теорії німецького ученого *Штаудінгера* дійшов висновку про можливість створення нових речовин із різними властивостями, замінюючи лише елементи в хімічному ланцюзі полімеру. 1938 р. дослідники (зокрема *Рой Планкет*) вищеназваної компанії випадково винаходять *тефлон* – надстійкий до агресивних середовищ та низьких і високих температур у певному діапазоні, такий, що не поглинає воду, не набухає тощо. В побуті цей полімер відомий як антипригарне покриття кухонного посуду завдяки такій властивості, як велика ковзкість.

Експериментуючи з різними хімікатами під великим тиском, випадково в 1933 р. англійські хіміки *Фассет* та *Гібсон* відкрили

самий розповсюджений на сьогоднішній день пластик – *поліетилен*. Поліетилен навіть дозволив одержати перевагу британської авіації над німецькою технікою за рахунок застосування радарної ізоляції на літаках. Тоді ж покриття поліетиленом використовувалось для захисту підводних кабелів зв'язку. У післявоєнні часи, починаючи з 1953 р., коли *Цинглер* розробив простий та більш дешевий спосіб одержання поліетилену, цей пластик повністю «захопив» сферу споживання, і був першим серед пластмас, що випускались у США об'ємами більше за мільйон фунтів на рік.

На ці роки припадає й відкриття *У. Симоном полівінілхлориду (ПХВ)*, відомого ще й під назвою *вініл*. Простота у виготовленні, вогнестійкість, низька тепло- та електропровідність знайшли для цього синтетичного волокна застосування у фільтрувальних тканинах, спецодягу, теплоізоляційних матеріалах і т.п..

1940 р. незалежно один від одного німецький вчений *Мюллер* і російський *Андріанов* одержали *силіконові каучуки (силіконові пластмаси)*, де молекули полімерів включали в себе кремній. Вулканізація їх при незвичайних умовах (наприклад, під дією γ -випромінювання) та входження до полімерних ланцюгів кремнію наділяють такий матеріал унікальними властивостями: тепло-, моро-, атмосферостійкість, газонепроникність, міцність при розтягу 6-10 МПа, діелектричність, робочий діапазон температур $-90 \div +300$ °С, та відповідним застосуванням: теплозахист космічних апаратів, ущільнювачі, ізоляція для дротів та кабелів, в холодильній техніці. В рідкому стані силіконові пластики – основа для герметиків.

Виробництво віскози стало поштовхом до винайдення 1990 р. ще одного пластика – *целофана*. Останній відкрив швейцарський текстильний інженер *Жак Едвін Бранденберг* у результаті 13-

річного пошуку плівки, яка б запобігала забрудненню ресторанних скатертин. Врешті решт проблема вирішилась добавкою у тканину віскози. Ним же була сконструйована машина для виготовлення листів віскози, названих целофаном – «королем» гнучкого, легкого та водонепроникного пакування.

Сировиною для полімерів є доступні побічні продукти вугільної, нафтової промисловості, виробництва добрив, сполуки та елементи лісохімічного та мінерального походження. Починаючи з 50-х р.р. ХХ ст. полімери проникають в усі сторони життя та діяльності людини. Найбільше застосування знайшли синтетичні полімери – поліетилен, нейлон, тефлон, плексиглас, поліпропілен, формопласт, капролон та інші. Унікальність цих конструкційних матеріалів визначається поєднанням великої кількості різнорідних властивостей, серед яких – відносно невелика собівартість, мала густина ($0,85-1,9 \text{ г/см}^3$), наднизька електро- та теплопровідність, нечутливість до вологи, стійкість до дії сильних кислот та лугів, фізіологічно майже нешкідливі. Унікальність їх визначається також властивістю до нескінченного модифікування методами сополімерізації, шляхом спряження різних пластмас один із одним або іншими матеріалами (наприклад, скловолокно, текстиль), опромінення, введення різних наповнювачів, пластифікаторів, барвників, різних стабілізаторів (тепло-, світло- і т.п.), підбором різних видів сировини тощо. Саме ці фактори стали вирішальними у становленні пластмас як конструкційного матеріалу, виробництво якого ще 1979 р. перевищило виробництво сталі. Новітні штучні матеріали цього класу термостійкі та легкі (авіабудування, автомобілебудування, «невидима» для радіолокаторів військова техніка), міцні (будівельний матеріал, винайдений американським винахідником *С. Ханна*, що

витримує буревій), термочутливі (змінюють колір при досягненні певної температури), електропровідні (пластикові чіпи, плівкові монітори, компакт-диски), можуть бути одержані на основі крохмалу, целюлози, цукру, з генномодифікованих рослин чи тварин – біопластики (серцеві клапани, пластмасові легені, пластикові хірургічні нитки з ефектом пам'яті, штифти з полімеризованої молочної кислоти, розчинний пакувальний матеріал тощо).

Отже, винайдення пластиків, беззаперечно, є одним з найважливіших досягнень людства минулого століття.

5 Вдосконалення технології виробництва тканин

5.1 Розвиток ткацтва в античні часи

Ткання займало важливе місце в античному світі. У технології виробництва тканин відбулися значні зміни – зросло виробництво дорогих багатоколірних, золототканих та килимових виробів.

Саме в цей час з'являється примітивний пристрій для поділу ниток при тканні – *ремізка*. Спочатку ремізком був дерев'яний стрижень, до якого через один кріпилися нижні кінці ниток основи. Потягнувши на себе ремізок, майстер відразу відокремлював усі парні нитки від непарних і одним кидком запускав човник через всю основу. Правда, при зворотному русі човника знову доводилося поодинці проходити всі парні нитки. Робота прискорилося в двічі, але як і раніше залишалася трудомісткою. Стало зрозумілим, що необхідно знайти спосіб почергово відокремлювати то парні, то непарні нитки. При цьому не можна було просто ввести другий ремізок, який би заважав роботі першого. Оригінальна ідея привела до важливого винаходу – до важків на нижніх кінцях ниток стали прив'язувати мотузки. Кінці мотузок кріпилися до дощечок-ремізків (до одного – парні, до іншого – непарні). Тепер ремізки не заважали взаємній роботі. Потягнувши то за один ремізок, то за інший, майстер послідовно відокремлював парні або непарні нитки і переки-



Рис.5.1. Ткалі, Рим, 2 ст. до н.е., [37].

дав човник через основу. Робота прискорилося в десятки разів.

Виготовлення тканин перестало бути плетивом і зробилося власне ткацтвом. Пізніше стали використовувати не два, а більше ремізків, що

дало можливість урізноманітнити способи переплетення ниток. На такому верстаті можна було ткати не тільки міткаль, але і кіперну або атласну тканину. У наступні століття в ткацький верстат вносилися різні удосконалення (наприклад, рухом реміжків стали керувати за допомогою педалів ногами, залишаючи руки ткача вільними), однак принципово техніка ткання не змінювалася аж до XVIII ст. Важливим недоліком описуваних верстатів було те, що проходячи човником вправо чи вліво, майстер був обмежений довжиною своєї руки, тому ширина полотна не перевищувала півметра, і для того, щоб одержати більш широкі смуги, їх доводилося зшивати.

5.2 Винайдення машин прядильного виробництва

У кінці XVII та початку XVIII ст. у Англії разом із розвинутою шерстеткацькою промисловістю починає інтенсивно розвиватись порівняно нова галузь текстильного виробництва – бавовняна. Проте техніка текстильного виробництва в цей період все ще залишалася на рівні мануфактурного періоду. У прядінні панувала самопрядка кінця XVII ст., у тканні – ще стародавніший ручний ткацький верстат. Текстильна промисловість, що розвивалася, вимагала технічних удосконалень, які допомогли б збільшити випуск дешевих тканин. З початку 30-х років XVIII ст. починають з'являтися перші значні винаходи в області прядіння і ткання.

1733 р. *Уайатт* побудував модель прядильної машини та уклав угоду з дрібним підприємцем *Люїсом Паулем* на використання свого винаходу. 1738 р. Паулем був узятий патент на *першу прядильну робочу машину*. Про первинну конструкцію машини збереглося дуже мало відомостей, проте відомо, що вона складалася з трьох основних частин: витяжного, крутильного і намотувального механі-

змів. Принцип витягування волокна циліндрами, а не пальцями прядильника, запропонований Уайаттом, є тим якісно новим винаходом, який і зробив революцію в технології одержання пряжі.

Витяжний апарат Уайатта складався з декількох пар валків, що оберталися з різними швидкостями і служили для витягування і потоншення волокна. Винахід витяжного апарату мало вирішальне значення при переході від ручної техніки прядіння до машинної. Як рушійну силу для своєї машини Уайатт застосував силу тварин.

У подальші роки Уайатт і Пауль разом працювали над покращенням прядильної машини. 1758 р. вони взяли новий патент на вдосконалену робочу прядильну машину. Проте, не дивлячись на величезні переваги прядильної машини Уайатта, в 30–40-х роках XVIII ст. вона майже не мала впливу на техніку текстильного виробництва й поволі упродовжувалася у виробництво. Це відбувалося головним чином тому, що нова машина вимагала вже механічного двигуна, і використовувати її у дрібних мануфактурних і кустарних майстернях, які не були пристосовані для громіздкої рухової установки, було неефективно.

У 60-х роках XVIII ст. у прядильній справі з'являється цілий ряд нових блискучих технічних винаходів. З початку 60-х років в бавовняній промисловості починає застосовуватися *човник-літак Кея*, при цьому продуктивність ручного верстата збільшується вдвічі. Широке впровадження його у виробництво створило величезну диспропорцію між тканням і прядінням, де в основному панувала старовинна самопрядка. Прядильники не встигали обслуговувати ткачів. Випуск бавовняних тканин уповільнився.

1761 р. англійське «Товариство заохочення ремесел і мануфактури» оголосило про призначення двох премій особам, які зуміють удосконалити конструкції самопрядок так, щоб нові машини ліквідували гострий дефіцит пряжі.

Одним з перших завдання машинного прядіння в 60-х роках XVIII ст. вирішив ткач *Джемс Харгрівс* (1720–1778). На початку 60-х років Харгрівс працював на одній з бавовняних мануфактур. Як ткач він, звичайно, стикався безпосередньо зі складнощами, які виникали на виробництві із-за браку пряжі. 1764 р. Харгрівс створює *прядильну машину*, назвавши її на честь дочки «*дженні*», отримавши на неї патент 1770 р..

Харгрівс, так само як і Уайатт, вирішив завдання прядіння на декількох веретенах без допомоги людських пальців. Проте, за технологічним процесом прядіння, машина Харгрівса принципово відрізнялася від машини Уайатта і Пауля – була ручною самопрядкою.

На своєму верстаті Харгрівс розташував ряд катушок з намотаними на них розчесаними стрічками бавовни та з'єднав їх з рядом веретен, що приводяться в дію від загального ручного приводу. Між катушками з волокнами і веретенами він помістив затискач, за допомогою якого витягувалося тонке пасмо бавовни, яке й скручувалося веретенами, що оберталися. Число обертів веретен було менше, ніж число обертів катушок. В результаті нитка не тільки скручувалася, але і намотувалася на катуш-

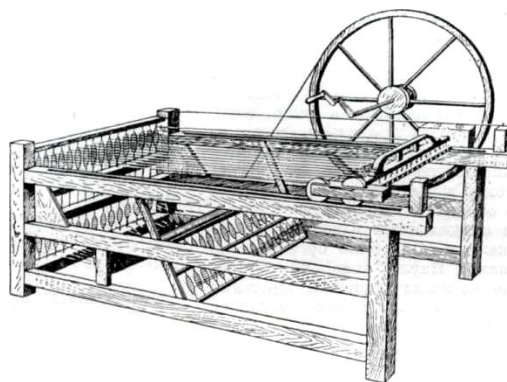


Рис. 5.2. Машина Харгрівса «дженні», 1764 р., [19].

ки. Руку прядильника Харгрівс в своїй машині замінив затискачем, в якому одночасно можна було затиснути не одну, а декілька ниток. Спочатку «дженні» мала 8 веретен, але незабаром їх було вже 18.

Прядильна машина Харгрівса завдяки простоті своєї конструкції, дешевизні виготовлення і відсутності механічного двигуна набула значного поширення в дрібній промисловості того часу. 1788 р. в Англії вже налічувалося 20 тис. машин Харгрівса, розкиданих по дрібних прядильних майстернях і будинках сільських прядильників.

Машина Харгрівса мала колосальне значення для розвитку технологій прядильного виробництва. Проте машина «дженні» не могла повністю задовольнити всім вимогам, що вимагала техніка прядіння. «Дженні» мала головний недолік, який полягав в тому, що на машині Харгрівса можна було забезпечити тільки тонке прядіння, тобто пряжа, що вироблялася на «дженні» не мала достатньої міцності.

Механік Вуд, прагнучи усунути ці недоліки, вніс деякі видозміни до машини Харгрівса. Він переніс затискний прес з каретки на нерухому раму і встановив веретена на каретку, що рухалася. Та-

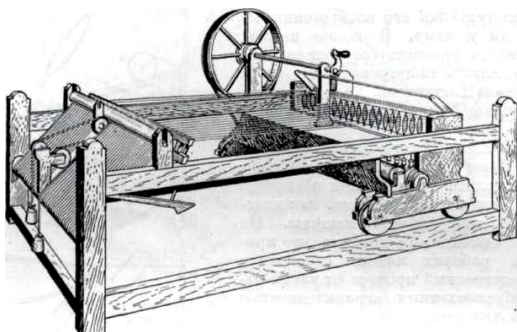


Рис. 5.3. Прядильна машина Вуда «біллі», [16].

ким чином, стрічка зайняла пасивне положення, а роль веретена в машині була активізована. Вуд назвав свою машину «біллі». Вона мала вже від 80 до 120 веретен.

1769 р. на прядильну машину особливої конструкції взяв свій пе-

рший патент *Річард Аркرایт* (1732–1792), який в офіційній історії Англії вважається *засновником бавовняної фабричної промисловості*. Аркرایт створив новий тип прядильної машини. За деякими даними він не був її винахідником, а запозичив основні елементи з машини механіка *Томаса Хайса*. Аркرایт побудував за допомогою найманих майстрів аналогічну машину і досить успішно зайнявся її практичною експлуатацією. Отримавши патент, Аркرایт зумів добитися від уряду і деяких багатих осіб матеріальної допомоги для розвитку своєї справи і повів її так, що залишив після себе спадок в 500 тис. фунтів стерлінгів.

Нічого принципово нового в конструкції машини Хайса–Аркرایта не було. Цей винахід став лише вдалим поєднанням витяжного механізму машини Пауля–Уайатта з крутильно-намотувальним апаратом звичайної самопрядки. Проте саме відродження забутого методу витяжки пряжі за допомогою циліндрів, що обертаються і приводяться в рух механічною силою, забезпечило машині в 60-х роках XVIII ст. провідну роль в бавовняному виробництві.

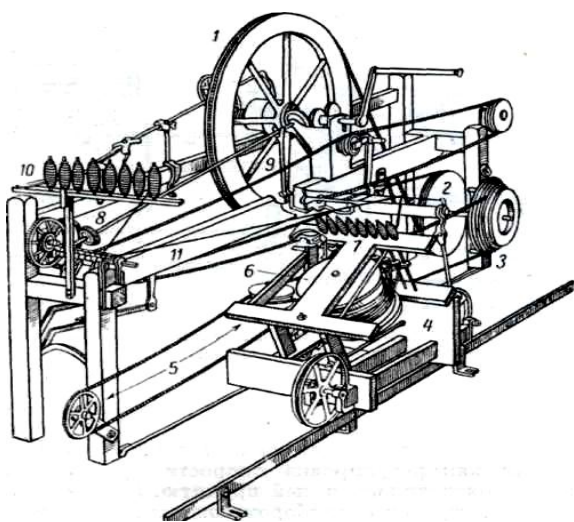


Рис.5.4. Прядильна машина Кромптона, 1774 р., [16].

Із самого початку машина Аркرایта була розрахована на механічну рушійну силу. Такою механічною силою стало водяне колесо, тому машина отримала назву *водяної машини*, або *ватермашини*. Ватермашина давала пряжу, придатну лише для виготовлення гру-

бих бавовняних матерій, тоді як «дженні» – досить тонку, але неміцну пряжу.

Подальше значне удосконалення прядильної машини пов'язане з ім'ям ткача *Самуеля Кромптона* (1753–1827). У період з 1774 до 1779 р.р. Кромптон сконструював верстат, в якому з'єднав витягальні вали машини Аркрайта і веретенну каретку машини «біллі». У верстаті було спочатку 400, а згодом 900 веретен. Свою машину Кромптон назвав «*мюль-машиною*». Удосконалення Кромптона дало можливість виробляти тонку і, в той же час, міцну пряжу.

У Росії в 60-х роках XVIII ст. також спостерігався прогрес в області техніки прядіння. 1760 р. механік *Родіон Глінков* побудував 30-веретенну машину для прядіння льону, що приводилася в дію водяним колесом. Не дивлячись на те що в машині Глінкова не було механізму, здатного замінити руку прядильника, все ж таки вона мала ряд цінних технічних удосконалень. Так, Глінков механізував мотальний апарат, завдяки якому здійснювався принцип безперервного перемотування, що було відсутнє навіть в машині Харгрівса. Продуктивність прядильної машини Глінкова в 5 разів перевищувала продуктивність самопрядок, що застосовувалися тоді в Росії. У Європі така машина була створена французом *Жіраром* лише в 1811–1818 р.р.

Завершальним моментом розвитку робочих прядильних машин в епоху промислового перевороту є винахід англійським механіком *Річардом Робертсом* у 1825–1830 р.р. так званого *сельфактора* або *автоматичної мюль-машини*. Робертс забезпечив машину Кромптона самодіючим приладом-квадрантом, який автоматично регулював швидкість обертання веретена при намотуванні спряденої нитки. Таким чином, автоматична робоча машина, замінила

працю кваліфікованих прядильників. Протягом 30-х років XIX ст. сельфактор Робертса був удосконалений. Особливо істотні зміни до прядильної машини 1834 р. вніс *Джеймс Сміт* – у його машині всі операції, за винятком деяких другорядних, проводилися абсолютно автоматично. Основні технологічні принципи цієї машини використовувалися аж до початку XX ст.

Разом з механізацією основних процесів у прядильній справі йшла механізація й підготовчих процесів. 1775 р. *Аркрайт* отримав патент на пристосування, за допомогою яких механізувалися майже всі підготовчі процеси прядіння бавовни. Проблема очищення бавовни-сирцю від насіння була розв'язана американцем *Елі Уїтні* (1765–1825), який винайшов 1793 р. спеціальну *бавовноочищувальну машину*, названу «бавовняним джином». Ця машина набула великого поширення як в Америці, так і в Європі, майже абсолютно витіснивши на початку XIX ст. ручну працю при очищенні бавовни.

В результаті широкого застосування прядильних машин «прядильний голод» був ліквідований. Проте тепер в текстильній промисловості виникла невідповідність між механічним прядінням і примітивними засобами ручного ткання. Ткачі не встигали переробляти пряжу, яка готувалася на прядильних машинах.

5.3 Винахідники перших механічних ткацьких верстатів

Ще в період мануфактурного виробництва француз *де-Женн* 1678 р. винайшов перший механічний ткацький верстат, що приводився в дію водяним двигуном. Французький механік *Вокансон* сконструював ще один різновид механічного ткацького верстата, що також приводився в рух гідравлічним двигуном. Проте ці меха-

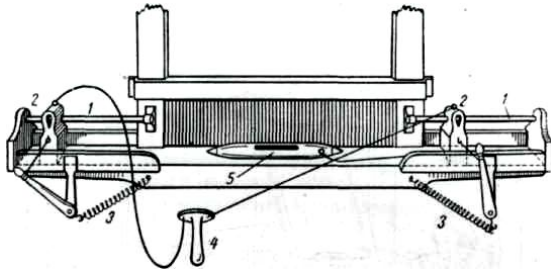


Рис.5.5. Човник-літак Кея, 1733 р. [16].

нічні ткацькі верстати не набули поширення, оскільки рухома сила води була досить незручною для примітивної техніки текстильної промисловості. Тому до моменту промислової революції в Англії

був поширений тільки ручний ткацький верстат, який після впровадження прядильних робочих машин вже не задовольняв потреби текстильної промисловості, що розвивалася.

1733 р. англійський сукнар *Джон Кей* (1704–1774) винайшов механічний човник, застосування якого набагато просунуло вперед техніку ручного ткання. Кей запропонував човник-літак для вироблення широкого полотнища на ткацькому верстаті, що обслуговувався однією людиною. Пропозиція Кея дала можливість удосконалити досить трудомістку операцію при тканні – ручне прокидання човника. Ця операція вимагала багато часу і швидко стомлювала руки ткача, уповільнюючи при цьому процес ткання.

1785 р. англієць *Едмунд Картрайт* (1743–1823) винайшов механічний ткацький верстат, над удосконаленням якого працював до кінця XVIII ст. Тільки 1792 р. був створений легко керований механічний ткацький верстат та досягнуто повної механізації всіх основних операцій ручного ткання.

У першій чверті XIX ст. над удосконаленням ткацького верстата працювали і багато інших винахідників. У Франції 1804 р. *Жаккар* (1752–1834) винайшов

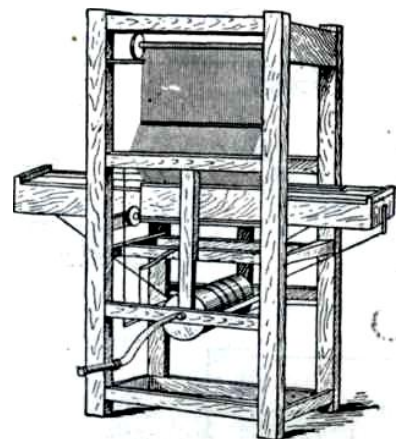


Рис. 5.6. Ткацький верстат Картрайта, 1785 р, [19].

ткацьку машину для візерункового ткання. Верстат Жаккара, маючи набір ниток різних кольорів, давав тканину з різноманітними барвистими візерунками. На початку XIX ст. у зв'язку з ускладненням конструкції ткацьких верстатів, деякі їх частини почали виготовляти з металу. З 1803 до 1813 р. англієць *Хоррокс* отримує ряд патентів на ткацькі верстати із залізною станиною. Ці верстати мали переваги в порівнянні з дерев'яними: менше зношувалися при

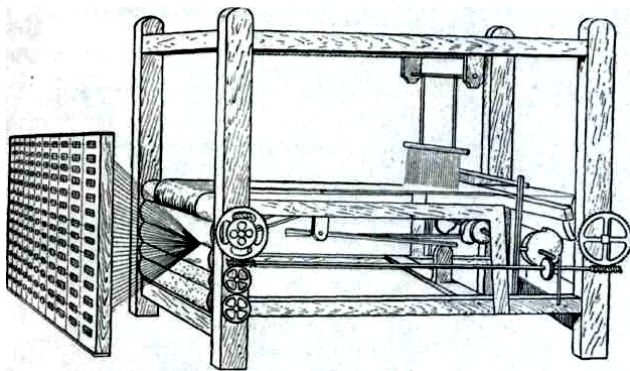


Рис.5.7. Верстат Картрайта з повною механізацією, 1792 р., [19].

роботі і займали небагато місця.

З кінця 80-х років XVIII ст. розповсюдження ткацьких машин йде швидкими темпами. 1787 р. *Картрайт* заснував першу механічну ткацьку фабрику з двадцятьма верстатами. До 20-х

років XIX ст. у Англії і Шотландії вже налічувалося біля 15 тисяч парових ткацьких верстатів, до 1830 р. число їх дійшло до 55 тисяч, а 1834 р. в Англії і Шотландії було вже близько 100 000 ткацьких верстатів.

Човникова система ткання мала й певні недоліки. Човник рухається між нитками за рахунок того, що його то справа, то зліва б'ють спеціальні дерев'яні приводи. Сила удару повинна бути такою, щоб човник пролетів від одного кінця верстата до іншого і не застряг на півдорозі. На іншому кінці він повинен зупинитися під дією сили тертя об човникову коробку, в яку влітає. Гранична частота переміщень човника 200-220 ударів за 1 хв, була досягнута ще в середині XIX ст.. Винахідники, намагаючись збільшити швидкість руху чо-

вника, використовували, наприклад, електромагніти. Але потім виникла ідея: не збільшувати швидкість одного човника, а використовувати для підвищення продуктивності ткацьких верстатів багато човників відразу.

У багаточовниковому верстаті безперервної дії безліч маленьких човників рухаються один за іншим між нитками основи і прокладають кожен свою нитку. Продуктивність праці на таких верстатах набагато вища.

Самі сучасні досягнення в технології ткання пов'язані із заміною човника крапелькою води, що рухається під струменем стислого повітря і тягне за собою нитку. У всіх цих безчовникових ткацьких верстатах нитка змотується не з шпульки, яку несе човник, а з нерухомої бобіни, яка знаходиться на станині верстата. Бобіну не треба так часто міняти, як шпулю в човнику. Найбільшого поширення сьогодні набули пневморاپірні верстати, у яких ткацькі нитки рухаються під дією стиснутого повітря у тонких металевих трубках, прокладених між нитками основи.

5.4 Розвиток суміжних галузей текстильного виробництва та становлення фабрик

Із впровадженням ткацьких машин у виробництво ткацькі фабрики стали успішно справлятися з переробкою пряжі, яку поставляли їм машинізовані прядильні. Відставання ткання від прядіння, таким чином, на початку XIX ст. було повністю усунуто. Переворот в способі виготовлення тканин уможливив розвиток таких суміжних з текстильною промисловістю галузей, як білильне, ситцеводрукарське і фарбувальне виробництво. Перш за все змінилася техніка відбілювання і фарбування. Широко стали застосовуватися штучні

фарбники, були відкриті нові речовини для відбілювання тканин. В кінці XVIII ст. хіміки розробили ряд рецептів фарбників для тканин з використанням природних барвників.

1785 р. відомий французький хімік *Клод Бертолле* (1748–1822) запропонував спосіб відбілення тканин хлором, а 1798 р. англійський хімік *С. Теннант* (1761–1815) відкрив новий спосіб приготування білильного вапна, який на початку XIX в. став основним в практиці обробки тканин.

Приблизно до 40-х років XIX ст. технічне переозброєння текстильної промисловості в Англії було в основному завершене. Прямим наслідком промислової революції стало майже повне витіснення ручної праці машинним. На зміну мануфактурі, як переважній формі організації виробництва, прийшла фабрика. Подальший технічний розвиток текстильної промисловості йшов, з одного боку, у напрямку вдосконалення головних робочих машин і допоміжних механізмів, з іншого – шляхом зростання і ускладнення всієї сукупності машин. Застосування механічної, а не мускульно-рухової сили при роботі на нових прядильних машинах стимулювало розвиток фабричної системи.

Першою англійською фабрикою була прядильна, організована *Аркрайтом* 1771 р. в м. Кромфордї, яка перевершувала своїми розмірами всі підприємства цього типу. У ній був установлений потужний двигун – водяне колесо, здатне працювати круглий рік. Кромфордська фабрика, таким чином, мала вже повну сукупність машин, що складалася з машини-двигуна, передавального механізму і знарядь-машин. 1788 р. в м. Ланкашірі налічувалося понад 40 прядильень з механічним устаткуванням. Фабрична система розповсюдилася всією країною, переходячи в інші галузі виробництва.

Фабрики зазвичай розміщувалися поблизу річок, водна енергія яких використовувалася як дешева рухома сила, а також поблизу торгових портів. До кінця 80-х років XVIII ст. бавовняне виробництво Англії міцно вступило на шлях машинної індустрії.

5.5 Історія швейної машинки

Чи не найпершу швейну машину створили голандці приблизно в XIV ст., яка використовувалась у майстернях з пошиття вітрил шляхом зшивання полотен. Автор цього винаходу невідомий, та й машина зберегалась лише в описах. Відомий також рисунок *Леонардо да Вінчі*, який деякі автори вважають одним із важливих елементів швейної машинки – шпулька з рогулькою, інші ж схиляються до думки, що

це зображено шпindel ь прядильної машини.

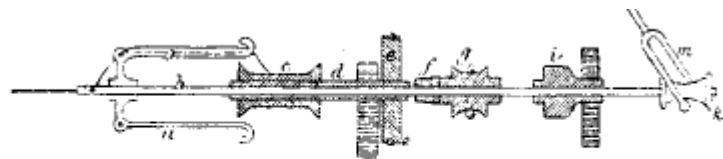


Рис.5.8.. Рисунок Леонардо да Вінчі шпindel ь прядильної машини, 1490 р., [82].

1755 р. *Карл Вейзенталь* одержав патент на швейну машину, яка копіювала утворення стібків уручну, а 1790 р. *Томас Сент* – на швейну машину для пошиття чобіт. Знову таки – ці машини не знайшли втілення. Історії також відомі й інші імена винахідників: *Джозеф Мадерспергер*, *Томас Стоун*, *Скот Дункан* та інші, які будували власні швейні машини, котрі намагались повторити рухи кравця.

Тільки 1830 р. *Бартоломі Тімоньє* одержав французький патент на винайдену швейну машинку, яка не наслідувала ручне шиття, мала голку з отвором біля гострого краю та шпульку для ниток.

Тімоньє одержав і замовлення французького уряду на виготовлення партії швейних машин для пошиття уніфікованої військової форми. Так з'явилась перша невеличка механізована швейна фабрика, яку розгнівані кравці, що шили вручну, розгромили, знищивши всі машини.

1833 р. *Уолтер Хунт* у США відтворює машинку Тімоньє, а *Джон Гріноуг* 1842 р. винаходить швейну машинку, у якій голка при шитті цілком проходила через тканину. На жаль, ні одна, ні друга машинки не зацікавили власників швейних майстерень.

Лише 1845 р. американський механік *Еліас Гоу* сконструював першу практично придатну швейну машину з човниковим механізмом, яка давала подвійну стрічку і була достатньо швидкодіючою, забезпечуючи 300 стібків за хвилину.

Батьківщиною швейної машини по праву вважається Америка, оскільки саме тут завдяки зусиллям *Ісаака Зінгера* – механіка, винахідника та підприємця вдосконалена швейна машинка утілилась в гігантську індустрію, яка процвітає й нині.

Ісаак Меррит Зінгер народився 1811 р. у штаті Нью-Йорк та уже в 12-літньому віці спробував ряд професій. Він був і каменотесом, і учнем механіка, певний час навіть артистом, майстром з ремонту швейних машинок моделі *Е. Гоу*. Згодом Зінгер сам взявся за спорудження власної швейної машини, а 12.08.1851 р. одержує патент на свій винахід.

Того ж 1851 р. в Нью-Йорку *І. Зінгер* за фінансової підтримки заможного адвоката *Едуарда Кларка* створює товариство «Зінгер і К⁰», а в штаті Нью-Джерсі був заснований перший завод із виробництва швейних машинок «Зінгер». 1858 р. на компанію Зінгер–

Кларк працювало вже чотири заводи в штаті Нью-Йорк, а кількість проданих машинок сягала понад 3000 у рік.

У пору свого розквіту, в кінці XIX ст.. «Мануфактурна компанія Зінгер» (офіційна назва з 1863 р.) вступила на російський ринок. 1896 р. з'явилося російське акціонерне товариство, яке згодом дістало назву «Компанія Зінгер в Росії». Проте ввезення готових швейних машин із-за

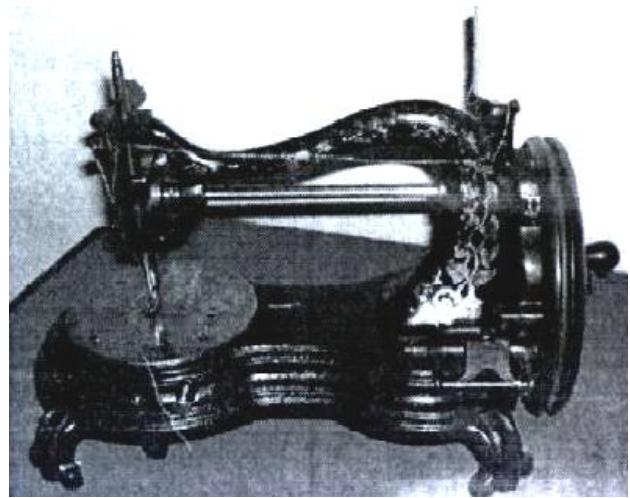


Рис.5.9. Швейна машинка Зінгера, [23*].

кордону вимагало достатньо великих витрат, що приводило до здорожчання машин. Тому вирішено було заснувати в Росії власний механічний завод. Влітку 1900 р. у Подольську товариство придбало ділянку землі і приступило до будівництва, яке очолив *Вальтер Франк Діксон*, який став згодом директором підприємства.

1902 р. почався випуск першої продукції, а 1913 р. випуск швейних машин досяг більше 600 тисяч штук. Продавалися швейні машини у більш ніж 3000 фірмових магазинах російської імперії. У них покупці могли придбати машинку в кредит, який до речі, був вперше запроваджений в Америці Е. Кларком. Завдяки відмінній якості продукції, «Компанія Зінгер в Росії» заслужила право іменуватися "Постачальником Двору Його Імператорської Величності".

1917 р. став катастрофічним в історії подільського підприємства. Щоб не допустити остаточного його закриття, компанія «Зінгер» передала завод в оренду Тимчасовому уряду на пільгових умо-

вах. У листопаді 1918 р. він був націоналізований, після чого основне виробництво було припинено. Тільки 1924 р. було відновлено випуск швейних машинок, а вже через рік об'єм продукції виріс у 4 рази. Переломним для заводу виявився 1928 р, коли подільська машинка стала випускатись із деталей повністю власного виробництва.

6 Становлення будівельної справи

Однією з галузей, де людство яскраво проявляє творчість є будівництво. Дійсно, видатні пам'ятки архітектури давнини – єгипетські піраміди дивують нас не менше від сучасних модернових небосхилів.

6.1 Культіві споруди Стародавнього Єгипту

Розквіт архітектури Стародавнього Єгипту починається з III тисячоліття до н.е. після об'єднання країни та сходженням на престол *фараона Джосера III*. Особливе значення в цей період набуває будівництво гігантських гробниць. Архітектура гробниць і храмів зайняла в мистецтві Єгипту провідне місце.

Саме фараоном Джосером та його придворном *архітектором Імхотепом* споруджено обширний похоронний комплекс Саккара, обгороджений стіною з білого вапняку, на території якого виділяються ступінчаста піраміда і поховальні храми. Архітектурне нововведення пов'язане з використанням вапняку замість матеріалів, схильних до руйнування, таких як цегла і дерево, що використовувалися раніше.

Гробниця Джосера – це шестиступінчаста піраміда розмірами 126x117 м і заввишки 60 м. Вхід зі східного боку вів у внутрішній двір святилища, звідки можна було потрапити в окремі двори, де розташовувалися гробниці родичів фараона. Піраміда Джосера знаходилася в центрі величезного поминального комплексу, що займав територію понад 150 000 м² та був оточений стіною заввишки 9 м.

Ім'я стародавнього архітектора Імхотепа написано на основі однієї із статуй Джосера, знайденої в Саккарі. Імхотеп став пер-

шим художником й архітектором, і можливо, першим, хто будував кам'яні споруди. Аналіз фахівцями пропорцій плану ансамблю в Саккарі свідчить, що знаменитий Імхотеп широко використовував в будівництві квадрат і його похідні, а також що прямокутна в плані піраміда Джосера служила головним планувальним елементом, з яким порівнювалися другорядні будівлі.

Ступінчаста піраміда фараона Джосера (2800 р. до н.е.) є якщо не першою, то в усякому разі однією з перших в історії людської культури цільнокам'яною спорудою, що відрізняється вражаючими розмірами.

Імхотеп при створенні піраміди повинен був розв'язати безліч складних завдань. Перша проблема була пов'язана з вирівнюванням основи під майбутню споруду, друга — з його орієнтацією за сторонами світу. У основі піраміди Джосера, як і майже всіх пізніших, — скеля. Горизонтальне вирівнювання її поверхні очевидно є трудомісткою операцією, проте недоліку в робочій силі тоді не було, а уміння руйнувати твердий камінь за допомогою вогню, води та молотів було накопичене раніше. Складніше інше – отримати рівнину площею більше півтора гектарів. Це технічно нездійсненно без застосування рівня. Вважається, що нівеляція була проведена за допомогою стійок з нанесеними на них мітками й елементарного, але достатньо надійного пристрою, що складався з триноги, горизонтальної рейки, що утворювала основу трикутника, і вантажу, що звисає з його вершини.

Стосовно орієнтації основи піраміди за напрямками світу, вважається, що тільки за допомогою так званого штучного горизонту можна було досягти високої точності орієнтації: зберігаючи нерухомою точку спостереження і фіксуючи на стіні-екрані пункти

сходу та заходу вибраної зірки (для єгиптян це найчастіше Сіріус), а потім розділяючи відстань між відмітками навпіл, можна отримати напрям північ-південь з точністю до частин градуса.

Наступна група проблем пов'язана із завданням створення гробниці фараона під основою піраміди та забезпеченням її безпеки від грабіжників. Поза сумнівом прототипом для гробниці Джосера послужили колодязі під ранніми похованнями жреців. Колодязь під пірамідою має форму майже правильного циліндра діаметром 9 м і завглибшки 23,5 м, а власне похоронна камера, заблокована гранітним каменем вагою в 4 т. Навколо первинної камери фараона розташувалися гробниці членів його сім'ї.

Особливе місце в староегипетському містобудуванні займали столиці. Столичні міста, що склалися зазвичай з власне міста і обширного некрополя, представляли складний конгломерат з палацових, храмових і житлових споруд, в основі якого лежала соціальна ієрархія староегипетського рабовласницького суспільства.

Особливістю столичних міст були їх величезні розміри, які дозволяють говорити про те, що для містобудівного мислення стародавніх архітекторів властиві були географічні масштаби. А якщо додати до цього орієнтацію храмових комплексів на окремі небесні світила та сузір'я, то можна без перебільшення сказати, що в представленні стародавніх єгиптян столичні і храмові міста були своєрідною земною проекцією відомого їм космічного всесвіту. Все це говорить про те, що зі всіх стародавніх міських культур єгипетська культура була найбільш самобутньою та багатою в художньому відношенні, що підтверджується її сильним впливом на подальший розвиток містобудування як європейських, так і азійських країн.

Великі староегипетські міста мали свої закономірності розвитку: вільний розвиток міської території уздовж річки; спорудження поминальних храмових комплексів на лівому, західному березі Нілу; розміщення житлових міських районів біля чергової резиденції фараона або біля кожного храмового центру; наявність протяжної монументально оформленої дороги уздовж правого берега річки, що об'єднувала головні храми та, можливо, основні житлові райони.

У епоху Середнього царства політичним центром Єгипту стали Фіви. Колони, що збереглися, та храми стародавньої столиці донесли до наших днів величавий дух архітектури цього періоду. У Фівах були зведені колосальні, присвячені богові Амону храмові ансамблі Карнака і Луксора, взаємозв'язані між собою. Першим будівельником Карнакського храму (XVI ст. до н.е.) був архітектор *Інені*, Луксорського (XV ст. до н.е.) — *Аменхотеп Молодший*, який вперше увів в архітектуру колонаду. У архітектурі Нового царства як би узагальнювався весь попередній досвід храмового будівництва, і в той же час це була нова сторінка в історії староегипетської архітектури, пов'язана з великою урочистістю та пишнотою обрядів.

Кожен подальший правитель пристроював до наявних храмів нові, прикрашаючи їх статуями, тому впродовж століть комплекси Карнака та Луксора перетворилися на своєрідні кам'яні міста з алеями та площами, колонами й храмами. Будівництво святилища бога Амона-Ра в Карнаці було почате ще в епоху Середнього царства, проте від старих споруд нічого не збереглося. Храм почав перебудовуватися в середині XVI ст. до н.е. при фараоні Тутмосі I. При ньому стародавнє святилище було оточене стіною, побудовані вхідні пілони, перед якими було поставлено два 23-метрові обеліс-

ки. Подальша історія будівництва храму була пов'язана з іменами цариці Хатшепсут і Тутмоса III (XVI–XV ст. до н.е.). У цей період не тільки було видозмінено головне святилище, але розширена територія всього храму в східному напрямку.

При Аменхотепі III – фараонові-будівельнику (1455–1419 р.р. до н.е.) до храму Амона були прибудовані нові пілони. Одночасно на південь від храму Амона був споруджений храм богині Мут, а на північ – храм бога Монту. Система пілонів і алея сфінксів з'єднали ці два храми в єдине архітектурне ціле. Звідси починалася алея сфінксів довжиною близько 3,5 км, що з'єднувалася із збудованим тим же фараоном храмом Амона в Луксорі .

Надалі розвиток правобережних храмових комплексів продовжувався особливо при Рамзесі II (1317–1251 р.р. до н.е.). Саме у цей період був завершений знаменитий грандіозний Гіпостильний зал (XIV–XIII ст. до н.е.), споруджений архітекторами *Iуна* і *Хатіаї*, який зайняв простір між пілонами Аменхотепа III і новими пілонами, побудованими дещо пізніше.

Гіпостильний зал складався з більше 100 колон, згрупованих



Рис. 6.1. Карнакський храмовий комплекс, [105].

досить тісно, так що створюють несподівані просторові ефекти. Центральний, вищий ряд колон пропускає сонячне світло, яке поступово поглинається сутінком бічних рядів. Людина то немов звільняється від тиснучої сили каменя, то потрапляє в складний лабіринт колонад, за якими слідують все більш затінені приміщення святилищ, що складають сокровенну частину храму. Колони Карнака та Луксора мали могутнє декоративне завершення і уподібнювалися гігантським квітам лотоса та папірусу, як би відтворюючи фантастичний кам'яний ліс. У той же час єгипетські храми Нового царства завдяки своєму теплому золотистому тону, ніжним фарбам розписів, красі рельєфів не сприяли відчуттю гнітючої потужності каменя.

Від річки у бік храму була побудована алея сфінксів шириною близько 13 м, що сполучала нільську пристань із входом до храму. Лівий берег Нілу був забудований поминальними храмами царських династій. Тут, у підніжжя скелястих круч Лівійського плато, частково вриваючись в них своїми святилищами, розташувалися заупокійні храми багатьох фараонів. На відміну від некрополів Стародавнього царства, в яких поминальні храми були пов'язані з пірамідами і служили як би передднем їх, у Фівах вони стали головними архітектурними об'єктами, тоді як поховання фараонів не тільки ніяк архітектурно не наголошувалися, але навпроти, всіляко ховалися від очей сторонніх. Гробниці фівських правителів знаходилися глибоко під землею в так званій Долині Царів, розташованій в гірських складках Лівійського плато, на віддалі від поминальних храмів, що виходили до річки. Найбільш значною монументальною спорудою був поминальний храм цариці Хатшепсут (1525–1503 р.р. до н.е.) – це розташована на декількох терасах багатоколонна спо-

руда з святилищем, що йшло в товщу скелі. Поступово піднімаючись, храм як би вростає в товщу скель, до яких він примикає.

Невід'ємну частину гробниць і храмів складали рельєфи і розписи, багато з яких насичені динамікою: колісниці, що мчаться; тонконогі лані, в панічному бігу рятуються від стріл мисливців; стрункі коні, що летять галопом тощо. З надзвичайною тонкістю виконані численні предмети туалету, що уживаються в побуті, – посудини, шкатулки, туалетні ложечки, виконані у формі граціозних жіночих фігур.

У XIV–XI ст. до н.е. подальші завойовні війни і захоплення нубійських територій сприяли новій притоці багатств до Єгипту. Друга половина Нового царства ознаменувалася широким будівництвом, яке велося не тільки в Єгипті, але й у покореній Нубії. Крім Гіпостильного залу в Карнаці були створені заупокійні вирубані в скелях храми. Такий храм Рамсеса II в Абу-Сімбелі (Нубія). Фасад його був гігантським пілоном, перед яким підносилися двадцятиметрові статуї сидячих фараонів, наділені портретними рисами Рамсеса II, також висічені з кам'яного масиву і видні з далекої відстані. Вони затверджували не тільки велич влади фараона, але і велич просторів єгипетської природи. Стіни храмів як і раніше покривалися рельєфами та розписами, що зображають звитяжні походи, полювання й пейзажі.

6.2 Досягнення в будівельній справі Стародавньої Греції та Риму

Будівельна справа, що досягла особливого розмаху в Стародавній Греції та Римі залишається однією з найбільш розвинених галузей матеріального виробництва. У період виникнення і розквіту ан-

тичної цивілізації ремесло каменотесів стало однією з головних спеціальностей. Будівельний камінь видобувався поблизу від місць будівництва у відкритих кар'єрах. При його видобутку використовували залізне кайло, зубило, лом, дерев'яні клини і кувалду. Для видобутку вапняку застосовувалися пилка і сокира, а для тверді-



Рис.6.2 . Залишки грецького Акрополя, [2].

ших порід користувалися пилками без зубів, підсипаючи під час пиляння пісок.

Грецькі каменотеси розробили технологію спорудження високих колон без застосування будівельного розчину. Колона збиралася з неповністю оброблених частин (дисків). У центрі дисків робили поглиблення, куди вставляли дерев'яну шпильку, що сполучала обидва диски. Щільної підгонки каменотеси добивалися шляхом обертання дисків. Вершиною каменотесної справи було спорудження арок з клинчастих кам'яних блоків, укладених насухо. Такі конструкції вимагали ретельної обробки каменю, дотримання необхідних розмірів і форм. При викладанні арки або арочного зведення користувалися тимчасовим дерев'яним каркасом, на який укладали клиновидні блоки, починаючи з двох нижніх, опорних і закінчуючи

верхнім, замковим, який утримував всю складну конструкцію зведення.

У Стародавній Греції затверджується канонічний тип храму: за числом колон, пропорціями, архітектурою. Відношення кількості колон на фасадах і бічних сторонах, що визначає, по суті, габарити плану, встановлювалося формулою: $n(2n + 1)$, де n – число колон бічної сторони, причому число це завжди приймалося парним. Модульна система розмірностей – найважливіше досягнення грецької архітектури – була вироблена для вирішення завдань художньої виразності і зручності елементів будівлі. Але стандартизація елементів будівель не надавала грецькій архітектурі одноманітності. Греки уміли коректувати зорові ілюзії, що породжуються чіткою ортогональністю будівель.

У кінці IV ст. до н.е. грецькі майстри почали в будівельній справі використовувати вапняний розчин, а з III ст. до н.е. римські будівельники широко розповсюдили розчин, що виготовлявся з подрібненої породи вулканічного походження – це був римський бетон. Дрібний кам'яний щебінь та бита цегла чергувалися рівними шарами з цементним розчином, утворюючи надійну бетонну кладку, що не поступалася за міцністю кам'яним блокам. Для того, щоб щебінь і цементний розчин не розтікалися і зберігали необхідну форму, споруджувалася тимчасова дерев'яна опалубка. З бетону, а також традиційних будівельних матеріалів зводилися різноманітні будівлі, акведуки, мости, дороги і т.д.. Для облицьовування вживали вапняк, туф, керамічну плитку тощо. Покрівля будинків робилася з мармурових плиток або черепиці.

При будівництві користувалися в основному ручними знаряддями: колінчастими і простими важелями для установки кам'яних

плит, молотками для забивання скоб, лопатками для накладання розчину і дощечками з рукояткою для його вирівнювання. Був відомий рівень у вигляді відкритого жолобка, наповненого доверху водою. Для теслярських і столярних робіт користувалися сокирами, молотками, пилами, рубанками, долотами, теслами. Дошки розпилювали лучковою або дворучною пилкою. Уживалися ручні свердла і дрилі, які приводили в рух тяговою лука. Для скріплення окремих дерев'яних частин застосовувалися мідні та залізні цвяхи.

При будівництві застосовувалися і складні механізми для підйому вантажів. Учений та інженер римського часу *Марк Вітрувій* у знаменитих «Десяти книгах про архітектуру» описує декілька типів таких машин: триспасти, пентаспасти, поліспасти, тобто трьох-, п'яти- та багатоблокові пристрої. Механізми приводилися в рух мускульною силою рабів, за допомогою простої канатної тяги. Використовувалися і похилі площини.

У античному світі велику увагу надавали плануванню міст. Основою плану була правильна прямокутна мережа прямих вулиць рівної ширини, які утворювали однакові за формою і розмірам квартали. Стіни зовнішніх фасадів будинків були глухими. Вікна переважно були на другому поверсі. Для грецьких міст був характерний високий рівень впорядкування і комфорту.

Велика увага приділялася боротьбі з вологістю, вільному доступу повітря і сонця, озелененню, водопостачанню. Водогони живили водозбірні водоймища загального користування, куди вода поступала керамічними та свинцевими трубами. Винахід *сифона* античним механіком *Ктесибієм*, що жив у III ст. до н. е., було використано при спорудженні водопроводу в м. Пергамі. Водопровід укладався з свинцевих труб і проходив через глибоку долину, причому

різниця рівнів води була понад 130 м. Ктесибієм був також винайдений *поршневий пожежний насос*.

Санітарний стан міських площ, вулиць, дворів забезпечувався добре організованою системою водостоків, обкладених каменем і перекритих плитами; існувала й каналізація. Міські будинки заможних мешканців мали ванні кімнати. Спеціального опалювання в будинках не було. У холодну погоду кімнати зігрівалися переносними глиняними посудинами з двома ручками, в яких знаходилося розжарене деревне вугілля. Центральне опалювання застосовували в гімназіях, храмах, лазнях. Для приготування їжі часто використовували портативні переносні керамічні вогнища.

У римських містах було чудово налагоджене водопостачання. Ранні римські кам'яні водопроводи – акведуки, споруджувалися з IV ст. до н.е. До II ст. н.е. в Римі діяло 11 водогонів, що давали в день 1,5 млн. м³ води, або від 600 до 900 л на людину. Монументально побудовані акведуки на масивних арочних конструкціях доповнювалися водонапірними баштами, обширною мережею підзем-



Рис.6.3. Фрагмент древньоримського акведука, спорудженого М. Вітрувієм, 16-13 р.р. до н.е., [20].

них свинцевих і керамічних труб. Одним з активних споживачів води в Римі були спеціально обладнані споруди для купання — *терми*, які були при будинках заможних людей. Для задоволення побутових потреб населення міст будувалися суспільні терми. Початок широкого будівництва терм відноситься до кінця I ст. до н.е..

У житті населення Риму велике місце займали різні видовища: гладіаторські бої, цькування звірів, театральні дійства. Потреба в них задовольнялася в спеціально побудованих для цього *амфітеатрах*. Амфітеатр був еліптичною спорудою, обнесеною стіною з аркадами. Від еліптичної форми арени концентрично розходилися ступінчасті місця для глядачів. Спочатку амфітеатри будувалися з дерева. Найбільший з римських амфітеатрів – *Колізей*, був побудований близько 80 р. н.е. з кам'яних блоків, облицьованих туфом, цеглою і мармуром. Довжина його складала 182 м, ширина 156 м, а у висоту він сягав 48,5 м. Під ареною знаходилися обширні і складні підвальні приміщення: коридори, приміщення для гладіаторів, клітки для звірів. Колізей міг вміщати близько 50 тис. глядачів.

Єдиною крупною будівлею античного Риму, яка збереглася до нашого часу, є знаменитий *Пантеон*, збудований *Марком Агриппою*. Спорудження цього «Храму всіх богів» відноситься до II ст.



Рис.6.4. Сучасний вигляд Колізею, [37].

н. е.. Пантеон є масивна велична споруда, увінчана куполом, який зовні здається плоским, а всередині займає половину висоти храму. Діаметр

усередині храму 43,5 м, висота 42,7 м. Усередині будівлі внизу розташовано сім великих ніш з виступаючими барельєфами, величне зведення, покрите бронзовими та золоченими містками, завершене великим світловим отвором. Вхід прикрашають 16 гігантських колон, поставлених у два ряди, виготовлених з монолітів червоного єгипетського граніту. Купол спирається на ротонду, стіни якої складаються з восьми опор, сполучених між собою багатоярусною аркою. Сам купол зроблений з шарів бетону із заповненням цегляним щебенем і пемзою, верхня його частина складається з пемзобетону. Підлога вимощена круглими і квадратними мармуровими плитами. У центрі влаштований стік для дощової води, яка потрапляє в храм через світловий отвір в куполі. Вікон в храмі немає. Пантеон має прекрасну акустику та надійну природну вентиляцію – в



Рис. 6.5. Пантеон та його схематичний поперечний розріз, [6,104].
ній не відчувається вологість навіть в дощовий зимовий час. Одночасно в залі можуть знаходитися більше двох тисяч чоловік.

Зростання населення Риму привело до будівництва вже в III ст. до н.е. триповерхових житлових будинків. А до кінця I ст. н.е. багатопверхових будинків налічувалося понад 46 000.

Про спорудження доріг в Греції відомості майже відсутні. Разом з тим, у Гомера згадуються мощені дороги, а розкопки в Трої та Кноссі підтвердили їх існування. Дороги мали в основі кам'яні бло-

ки, що скріплялися гіпсом і заливались зверху шаром глини. Поверх глини укладали кам'яні плити. Посередині пролягав тракт для возів, а по обидві сторони — стежини для пішоходів. На сирих і болотистих ґрунтах влаштовували земляні насипи, на крутих схилах гір вирубували ступені. Але таких доріг було дуже мало і відігравали вони скоріше культове, ніж господарське значення.

Найвищого розвитку мистецтво дорожнього будівництва робітничого суспільства досягає в Римській державі. У міру зростання Римської імперії енергійно будувалися нові дороги у всіх завойованих областях. У розквіті своєї могутності Римська імперія мала 90 тис. км шосейних доріг, не рахуючи ґрунтових і насипних щепенем. З останніми протяжність доріг досягала 300 тис. км. Для позначення відстані на дорогах римляни через кожні 1000 кроків встановлювали кам'яні стовпи або великі камені, які містили відомості про введення дороги в експлуатацію, а також імена тих, чиїми стараннями вона споруджувалася.

Вже перші магістральні дороги будувалися з небувалою раніше монументальністю. На наміченій трасі знімався шар землі до скельних порід. На кам'яну основу укладався нижній шар з кам'яних плит на вапняному розчині. Другий шар – товщиною 20 см складався з щебеню і битої цегли, залитих цементним розчином. Третій шар в 30-50 см робився з суміші гравію і піску, а четвертим шаром служили гладкі широкі кам'яні плити завтовшки 20-30 см ущільнені піском. Ширина таких доріг складала від 10 до 30 м. З обох сторін дороги рились рови для стоку дощової води.

6.3 Становлення архітектурних стилів у будівництві

Готика, бароко, класицизм, ампір та інші – все це різні стилі в європейському мистецтві загалом, і в першу чергу в архітектурі будівель різних часів. Розглянемо стисло суть основних відмінностей деяких архітектурних стилів.

Мистецтво раннього середньовіччя в цілому відповідало теологічному духу епохи і естетичним поглядам, висловленим церквою. Мистецтво (VI–XII ст.) називають *романським* (від римський). Це перший загальноєвропейський художній стиль. На початку XIX ст. термін «романський стиль» був уведений французькими археологами, які вивчаючи будівлі, виявлені при розкопках середньовічної Франції, прийшли висновку, що ці споруди нагадують споруди Стародавнього Риму.

Для романського стилю домінуючу роль відігравала архітектура. Відповідаючи поглядам церкви – супротивникам розкоші, споруди цього стилю (замки і храми) були строгі та позбавлені яких-небудь надмірностей. Кам'яні будівлі в період усобиць відігравали роль фортець. Ці споруди мали масивні стіни, вузькі вікна, високі башти для спостережень за ворогом, що наближається. Основними типами будівель були рицарський замок, монастирський ансамбль, храм. Замки завжди будувалися в таких місцях, які були зручні для захисту: на високих горбах, укосах річок, обносилися стіною та ровом. З ними контрастували невибагливі житла селян. Оскільки головною турботою були фортеця і солідність будівлі, архітектура їх не відрізнялася особливою витонченістю і смаком. Зазвичай замки склалися з широких круглих башт із зубчастими платформами; іноді башти робилися чотирикутними. Башти склали невід'ємну приналежність всякого замку та були особливим

знаком дворянства. Зубчаті галереї сполучали башти замку між собою; вони були з різноманітними вікнами: круглими, чотирикутними, у формі очей, вух або трилисника. Вхід в замок захищався ровами, бійницями і амбразурами в стінах. У замках все вселяло страх. Не випадково про них склали безліч легенд.

На Україні вціліло мало пам'яток таких замків. Класичним прикладом залишається Кам'янець-Подільська фортеця, котра будувалась не одне століття. Так, первісні муровані укріплення Старого замку з'явилися ще у II–III ст. н.е.. У XI ст. сталась перша добування давньоруського замку, а в XII–XIV ст. відбувалась розбудова укріплень, площа замку збільшилась майже вдесятеро та складала близько 6 га. У XVI–XVII ст. замок мав стратегічне значення, тому було потовщено стіни, підвищено оборонні мури, зведено нові башти та реконструйовано існуючі. У XVIII ст. відомі російські інженери-архітектори *С. Завадський*, *Х. Дальке* та *Я. де Вітта* в останнє добудували та реконструювали замок. Таким він залишився



Рис. 6.6. Кам'янець-Подільська фортеця, [10].

до наших днів. У 60-80-х р.р. ХХ ст. під керівництвом *Є. Пламеницької* реставровано лише Старий замок.

Романські собори також були досить масивними. Монастир в ці століття був осередком життя. Тут працювали майстри-ремісники, сюди стікалися численні паломники. Тому одним з головних завдань архітектора романського стилю було створення вмістилища для тих, хто молиться, а не обитель Божества, що було характерно для античності. У романських храмах вражає гранична простота та міра, тверезий погляд на світ і, безумовно, створється відчуття піднесеного. Спочатку собори будували з плоскими стелями, пізніше перекривали внутрішні приміщення кам'яними напівкруглими зведеннями. Щоб зведення не обрушилися, будували масивні, важкі стіни. Зсередини храми прикрашалися фресками, зовні рельєфами, часто розфарбованими. Стіни храмів і замків прикрашалися тканими килимами із зображеннями подій, часто нерелігійного змісту.

До відомих пам'яток романської архітектури Європи відно-



Рис.6.7. Церква Святих Петра і Павла в Клюні, 1131 р., [106].

сять церкву Святого Петра і Святого Павла в монастирі Клюні (1088–1131), церкву Сен-Лазар в Отені (1112–1132) – за переказами, в цій бургундській церкві зберігалися останки Лазаря, що був вос-

крешений Христом, собор в Шпейєрі (1030–1092) та інші.

Розвиток середньовічної архітектури, що отримала назву «*готика*», досяг загальноєвропейського розмаху в середині XII ст.. Готичний стиль зародився при будівництві соборів на півночі Франції, розповсюдився до південних берегів Середземного моря та протримався до початку XVI ст.. Особливе місце в мистецтві готики займав собор – вищий зразок синтезу архітектури, скульптури та живопису. Несумірний з людиною простір собору, велич його башт і зведень, підпорядкування скульптури динамічним архітектурним ритмам, багатоколірне сяйво вітражів справляли сильну емоційну дію на віруючих. Розвиток мистецтва готики відбивав і кардинальні зміни в структурі середньовічного суспільства: початок формування централізованих держав, зростання та зміцнення міст тощо.

Інтенсивно розвивалися містобудування та цивільна архітектура. Міські архітектурні ансамблі включали культові та світські будівлі, мости, колодязі. Головна міська площа часто оббудовувалася будинками з аркадами, торговими й складськими приміщеннями в нижніх поверхах. Від площі розходилися головні вулиці з 2-, рідше 3-поверховими будинками з високими фронтонами. Міста оточувалися могутніми стінами з пишними проїзними баштами. Замки королів і феодалів поступово перетворювалися на складні комплекси кріпосних, палацових і культових споруд. Зазвичай в центрі міста знаходився замок або собор, що ставав осердям міського життя. У нім разом з богослужінням влаштовувалися богословські диспути, розігрувалися містерії, відбувалися збори городян.

Готична каркасна система вперше з'явилася в церкві абатства Сен-Дені (1137–1144 р.р.). До ранньої готики відносяться також собори в Лані, Парижі, Шартре. З середини XIII ст. величні собори будувалися в стародавніх європейських країнах – у Німеччині (м. Кельн), Нідерландах (м. Утрехте), Іспанії (м. Бургос), Великобританії (Вестмінстерське абатство в Лондоні), Швеції (м. Упсале) та ін..

Терміном «*бароко*» називають ряд історико-регіональних художніх стилів європейського мистецтва XVII-XVIII ст.. Підкреслена театральність, ілюзійність, риторичність і пишнота стилю бароко в різні часи, породжували різні думки про нього – від різко негативних в неокласичну епоху до захопленості у наш час. Основні ознаки бароко – це перетворення природного об'єкта, спотворення класичних пропорцій, ефекти розширення та стиснення простору, оптичний обман. Ці прийоми були націлені на посилення емоційної дії, бажання зробити відчутним навіть те, що далеко від повсякденності.

Зміцнення великих центральних національних держав, зростання населення, поширення колісного транспорту, вимагали перегляду устрою та розміру міст. У епоху бароко міста набули правильної структури, основу якої склала мережа легко прохідних вулиць, що сполучають важливі центри, міські ворота, церкви і палаци. Крім того, міста стали стилістично однорідними, монументальні фасади вписалися в основу міської забудови.

Один з перших проектів такого перепланування міста був здійснений в Римі під керівництвом архітектора *Доменіко Фонтану*, а зовнішність сучасного Риму склалася впродовж XVII ст. зусиллями *Джан Лоренцо Берніні*, *Францесько Кастеллі* та *Карло Райнальді*.

Продовжуючи традиції Відродження – прихильність до античних ідеалів гармонії і міри, – *класицизм* був також його своєрідною антитезою у XVIII на початку XIX ст.. Архітектурі класицизму в цілому властиві логічність планування та геометризм об'ємної форми. Архітектори класицизму постійно звертались до спадщини античної архітектури, використовуючи її окремі мотиви й елементи. Містобудування класицизму пов'язане з принципами Відродження і бароко, активно розвивало у планах фортець концепції "ідеального міста", створило свій тип резиденції, наприклад Версаль.

Версальський палацово-парковий ансамбль, визнаний шедевр світової спадщини, один з видатних архітектурних ансамблів в історії світової архітектури. Планування обширного парку, території, пов'язаній з Версальським палацом, є вершиною французького паркового мистецтва, а сам палац першокласним пам'ятником архітектури. Над цим ансамблем працювала плеяда блискучих майстрів. Вони створили складний, закінчений архітектурний комплекс, що включає монументальну будівлю палацу та цілий ряд паркових споруд «малих форм», і, головне, винятковий за своєю композиційною цілісністю парк поблизу Парижа.



Рис.6.8. Версаль, [106].

Величезний вплив на класицизм справив бурхливий розвиток археологічних знань про грецьку та римську старовину (розкопки Геркуланума, Помпеї та ін.). У французькому класициз-

мі XVIII ст. визначилися нові архітектурні типи: вишуканий особняк, парадна громадська будівля, відкрита міська площа.

Розквіт *російського класицизму* відноситься до кінця XVIII середини XIX ст.. Російський класицизм утілює в собі новий, небувалий для Росії розмах національного пафосу та розквіт російської світської культури. Найвідоміші вітчизняні архітектори класицизму: *О.Ф. Кокорінов, Ю.М. Фельтен, К.І. Бланк, А. Рінальді, У.І. Баженов, М.Ф. Козаков* та ін. – створили класичні типи столичного палацу-садиби і крупного комфортабельного житлового будинку, що стали зразками в широкому будівництві заміських дворянських садиб і в новій, парадній забудові міст. Особливість російського класицизму в архітектурі — небувалий масштаб організованого державного містобудування: розроблялися регулярні плани більше 400 міст, формувалися ансамблі центрів Костроми, Полтави, Твері, Ярославля й інших міст. Рубіж XVIII–XIX ст. ознаменований найбільшими містобудівними досягненнями в обох столицях (Москва та С.-Петербург). Зусиллями *А.Н. Вороніхіна, А.Д. Захарова, Ж. Тома де Гомона* склався грандіозний ансамбль центру Петербургу, *Д.І. Жілярді, О.І. Бове, А.Р. Григор'єв* та інш. архітектори забудовували Москву в період її відновлення і реконструкції після пожежі 1812 р. невеликими маєтками із затишними інтер'єрами.

У московській архітектурі другої половини XIX ст. переважала *еклектика*, котра разом з «російсько-візантійським стилем» в найбільших державних і церковних спорудах та «російським стилем» в суспільних спорудах, покликаних виразити відродження національної культури, в багатьох будівлях (зокрема абсолютно нового типу, таких, як вокзали, банки, торгові, конторські будівлі, тощо)

використовувалися елементи «європейських», так званих «історичних» стилів (ренесанс, барокко, готика). Еклектика тяжіла до створення великих міських ансамблів в «російському» або «європейському» стилях (Красна і Лубянська площі, забудова Китай-города). Сучасна зовнішність історичної частини Москви багато в чому сформована еклектикою, основні принципи якої відповідали вимогам укрупненого масштабу забудови. Фасадна архітектура еклектики, не дивлячись на монотонну повторюваність деталей, додала фронтальній поверхні будівель велику рельєфність і живописність, в ній активно використано пишні наличники, рельєфи та статуї, зокрема фігури атлантів і каріатид тощо. Велика увага приділялася виразності крупних будівель, їх силуету, який закінчувався ефектними, здалеку помітними куполами або гостроверхими покриттями з гребенями.

Характерною особливістю забудови Москви 1870–90-х р.р. стала поява монументальних, представницьких, нерідко переобтяжених декором, іноді химерних за формою будівель, що проте достатньо органічно увійшли до структури міста: Державний банк на Неглинистій вулиці, архітектор *К.М. Биковський* (1893–95 р.р.); Міжнародний торговий банк, архітектор *С.С. Ейбушитц* (1898 р.) та інші.

Унікальною пам'яткою світового значення є Лівадійський па-



Рис.6.9. Лівадійський палац, [55].

лац в АР Крим. Основна забудова за вказівкою царя Олександра II розпочата з 1862 р. придворним архітектором *Монігеті*, який звів близько 60 споруд. Декількома роками раніше, навколо невеличкого будинку графа Потоцького, якому належала ділянка землі, ботанік *Делінгер* розбив парк. У 1911-1912 р.р. за проектом архітектора *М. Краснова* (1865–1939) збудовано Білий палац як резиденцію царя Миколи II. Палац побудовано в стилі раннього Відродження. Кімнати першого поверху різблено деревом російськими майстрами, роботу з мармуром виконували італійські майстри. Поблизу палацу збережено домашню церкву у візантійському стилі, збудовану *Монігеті* 1866 р. та розписану російськими художниками *Поповим* та *Бейдеманою*. Декоративною частиною палацу є зимовий сад – внутрішній дворик, характерний добі Відродження XV–XVI ст.. Поблизу мармурового фонтану «Лівадія» розташовано триповерховий особняк в стилі модерн із сірого кримського вапняку та будинок в стилі нового Ренесансу. Величезну цінність має Лівадійський парк, який на сьогодні займає територію близько 60 га. З 1993 р. Лівадійський палац-музей має статус Державного музею України.

6.4 Досягнення будівельної галузі кінця XIX – XX століть

У другій половині XIX ст. поява сталевих сортового прокату різних профілів призвела до швидкого витіснення чавуну із будівельної галузі. З'явилися сталеві будівельні споруди з клепаних конструкцій, що стимулювало розробку методів розрахунку просторових конструкцій. Теоретичними роботами *Д. Журавського* (1821–1891), *Л. Кремоні* (1830–1903) та *Й. Риттера* (1844–1912) були розробле-

ні графічні методи визначення величини напруг в стрижнях ґратчастих конструкцій.

Будівництво висотних споруд стимулювало пошук нових будівельних матеріалів, основним показником для яких стало зменшення густини, збільшення пружності, міцності, постали питання високих тепло- та звукоізоляційних матеріалів.

Із укрупненням та механізацією підприємств та цехів з'явилися нові типи конструкцій стін та перекриттів. Вже в середині XIX ст. будуються металеві каркаси заводських цехів, які з'єднуються каменем, чи цеглою, а до кінця XIX ст. все більшого застосування набувають залізобетонні конструкції, широко використовується монолітне бетонування з використанням опалубки.

Різно зросли потреби в цеглі, камені, цементі, будівельній сталі не можна було задовольнити дрібнокустарним виробництвом, тому зароджується *промисловість будівельних матеріалів*. Вдосконалюється технологія цементного виробництва, механізуються підприємства з переробки деревини та виробництва цегли, з'являється облицювальна кераміка.

6.4.1 Залізо як ефективний будівельний матеріал

Серед історичних пам'яток XIX ст. один із символів Нью-Йорка – Бруклінський міст, спроектований та збудований *Джоном Реблінгом* і його сином *Вашигтоном*. Дж. Реблінг – німець за походженням, 1831 р. емігрував в США, де з 1841 р. розпочав виробництво сталевих канатів, а незабаром побудував перший американський висячий залізничний міст над Ніагарським водоспадом. Бруклінський міст – одна з кращих робіт Д. Реблінга. Він відноситься до типу висячих мостів, дорожнє полотно яких підвішене на канатах, протягнутих між двома пилонами (баштами). Хоча висячі

мости будувалися і раніше, Бруклінський міст був *першим у світі великим мостом з низьковуглецевої сталі*. До цього в мостобудуванні використовувався чавун, деталі з якого можна було сполучати лише болтами, тоді як сталеві плити скріплялися заклепками. В результаті сталеві мости витримували навантаження майже на порядок більше, ніж чавунні.

До часу завершення будівництва головний проліт Бруклінського моста завдовжки 486 м був щонайдовшим в світі. Опори моста йдуть під воду на глибину 13,5 м біля о. Лонг-Айленда і 24 м – біля о. Манхеттена. Чотири головні канати, на яких підвішена платформа, сплетено з 5657 км сталевого дроту завтовшки 4,82 мм кожен; для захисту від вологи дріт – оцинкований. Пилони моста підно-



Рис. 6.10. Бруклінський міст, [10*].

сяться над водою на 84 м. Для запобігання руйнівним вібраціям, що викликаються вітром або проїжджаючим транспортом, в дорожнє полотно моста вбудовані міцні сталеві ферми. Загальна довжина моста сягає 1091 м.

Ще одним найвідомішим сталевим символом кінця XIX ст. є Ейфелева вежа, споруджена талановитим архітектором та інженером *Ейфелем Гюставом* (1832–1923). Не зважаючи на хімічний фах, після здобуття вищої освіти у Вищій школі мистецтв та виро-

бництва в Парижі (1855 р.), Ейфель почав працювати в компанії, яка займалась проектуванням та будівництвом залізничних мостів. Вже через 3 роки за його проектом був зведений міст в м. Бордо.

1866 р. Ейфель створює власну компанію, котра у 1866-86-х р.р. побудувала унікальні арочні віадуки (шляхопроводи) в країнах Європи, Південної Америки, в Єгипті і Індокитаї. Це відноситься, зокрема, до віадука через Сеульську долину (1867) з пилонами конічної форми, до збудованого у 1880-і р.р. віадука через р. Трюєр з прольотом довжиною 463 м і пилонами заввишки 89 м. Особливо відомі своїми унікальними за складністю інженерними рішеннями були спроектовані ним будівлі залізничного вокзалу в м. Пешті (Угорщина, 1875 р.), універмагу «Бон Марші» в Парижі (1876 р.), опора і каркас знаменитої статуї Свободи скульптора *Бартольді* в Нью-Йорку (1885), міст в Португалії через р. Дору з довжиною арки в 162 м (1877 р.), який проіснував 114 років та інші мости, в тому числі й розвідні. 1887 р. Ейфель брав участь в розробці проекту Панамського каналу.

Але світове визнання Ейфелю принесло спорудження металевої решітчастої вежі для Всесвітньої виставки 1889 р. в Парижі. Висота її складала 300 м і довгий час тримала рекорд найвищої світової споруди. Ейфелева вежа сконструйована з чотирьох, що сходяться вверху, зігнутих пилонів, які утворюють три поставлені



Рис. 6.11. Ейфелева вежа, 1889 р., [71].

одна на одну усічені піраміди з квадратною основою. Внизу чотири опори першого ярусу, з'єднуючись між собою, утворюють величезні арки. Сконструйовані Ейфелем гідравлічні ліфти, повторюючи вигини пилонів, піднімали відвідувачів на оглядові майданчики. Гратчаста конструкція вежі забезпечує необхідну міцність при відносно невеликій масі (близько 7000 т). Башта має надійну стійкість – навіть сильний вітер відхиляє її вершину не більш ніж на 10-12 см. Перший ярус башти побудований з використанням звичайних підйомних кранів. Другий ярус – споруджували з допомогою чотирьох платформ з підйомними кранами. В процесі будівництва ці платформи піднімалися спеціальним пристроєм, а третій ярус зводився за допомогою двох вертикальних кранів, які потім стали шахтами ліфтів. 31.03.1889 р. над баштою на висоті 300,51 м був піднятий трибарвний французький прапор.

Будівельні історики вважають, що саме Ейфелева вежа підготувала можливість спорудження висотних конструкцій, у першу чергу – хмарочосів.

6.4.2 Роботи Володимира Шухова

Не можна не зупинитись і на винаходах вітчизняного знаменитого інженера-новатора, винахідника *Шухова Володимира Григоровича* (1853–1939) – ученого, який працював в багатьох областях будівельної механіки, техніки парових казанів і насосів, в обширній області техніки нафтової справи. Головною справою його життя був винахід крекінг-процесу нафти, який дозволив отримати бензин – високосортне пальне для автомобільних і авіаційних двигунів.

Для транспортування нафтопродуктів водою Шухов перший в Росії став будувати нафтоналивні судна – шхуни для перевезення

нафти Каспійським морем, а на суднобудівельному заводі в Саратові за його кресленнями почали будувати величезні клепані залізні баржі до 150 м завдовжки, що було у той час дивом будівельної техніки.

Йому належать численні дослідження з питань міцності залізних конструкцій за умови їх найменшої ваги. Зважаючи на складність завдань, що зустрічалися йому з області теорії опору матеріалів, Шухов розробив своєрідний напівгеометричний метод дослідження, що дозволяв швидко досягти остаточного результату.

На Всеросійській виставці в Нижньому Новгороді 1896 р. відвідувачі були уражені витонченими і легкими залізними конструкціями висячих дахів та сітчастих перекриттів, побудованих за проектами Шухова. Тут же вперше з'явилася гіперболічна залізна башта, простота збірки конструкції якої були вражаючі. У м. Херсоні

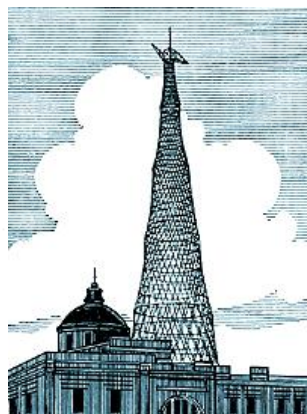


Рис.6.12. В.Г. Шухов, (1853–1939) [27] та Шабалівська вежа, [35].

ним збудований 80-метровий маяк у вигляді клепаної залізної гіперболічної башти.

Шухов був вітчизняним першовідкривачем в області зведення залізних будівель, де йому належить ряд дотепних конструкцій. У

роки дефіциту заліза після Першої світової війни Володимир Григорович з успіхом використовував дерево для спорудження різноманітних типів стропил та на підставі простих теоретичних міркувань зміг скоротити трохи не удвічі витрату матеріалу. 1921 р. він опублікував цікаву роботу про дерев'яні трубопроводи, в якій у

простій і доступній формі розкриває закони опору дерев'яних труб, скріплених залізними обручами та пропонує галузі їх вигідного застосування. Після цього дерев'яні трубопроводи знайшли широке розповсюдження в Америці й інших країнах.

Для радіостанції ім. Комінтерну В. Г. Шуховим спроектована залізна вежа в 160 м заввишки, складена з ряду гіперболоїдів, насаджених один на одного. Її будівництво було розпочато 1920 р. у Москві. За проектом башта повинна була досягати 305 м, що значно перевищило б висоту Ейфелевої. При цьому, згідно проекту, вона важила б в три рази легше і обійшлася б набагато дешевше. Але в країні не вистачало металу. Лише 240 т металу вдалося зібрати з величезними зусиллями в запасах військового відомства. Шуховим був скоригований проект нової вежі, для будівництва якої він використав дотепну і просту технологію складання – у вигляді окремих секцій (їх всього було 6), які збиралися на землі, а потім з допомогою п'яти ручних лебідок готову секцію протягали крізь верхнє кільце попередньої і скріплювали з нею болтами.

Експлуатація башти почалася 19.03.1922 р., а 30 квітня того ж року за проявлений героїзм і свідоме відношення до своїх обов'язків при спорудженні Шабалівської радіостанції інженер-винахідник В.Г. Шухов був занесений до червоної дошки пошани. Це була висока почесна нагорода нової влади Шухову.

6.4.3 Винахід залізобетону

Вік найстарішої житлової споруди, зведеної на основі піску, вапняку та гравію, знайденої археологами на узбережжі Адріатичного моря сягає 5600 р. до н.е.. У якості скріплювальних матеріалів при будівництві здавна використовувались різні матеріали. У Ме-

сопотамії майстри застосовували природну смолоподібну речовину – бітум, єгиптяни – гіпс. Греки і римляни спочатку використовували вапно, а згодом узяли на озброєння довговічніший цементний розчин – суміш вапна, піску і вулканічною попелу.

Стіни церков Київської Русі укладалися з цегли на цементі. Києво-чернігівський цемент, особливого хімічного складу, був дуже тривкий, а цегла за стільки століть не зруйнувалась, ще й нині дзвенить під ударом, мов нова. Для певності стіни зв'язували дерев'яними та залізними шпугами, а для зменшення тягару склепінь в них закладали пусті глиняні горщики.

Сучасний світ не можна уявити без застосування *залізобетону*: хмарочоси, мости, причали, нафтові платформи, плавальні доки, судна, причали тощо. Щорічний випуск залізобетону у світі перевищує 2 млрд. м³, що є найбільшим серед продуктів виробничої діяльності людини. Найбільш видатні споруди знайшли своє втілення саме в залізобетоні, який й досі за своїми технічними та економічними показниками залишається провідним будівельним конструкційним матеріалом XXI ст..

Першість винаходу залізобетону належить садівнику з Парижу *Жозефу Моньє* (1823–1906). Розв'язуючи проблему недовговічності дерев'яних діжок для рослин, Моньє, після невдалої спроби замінити дерево на бетон, спробував підвищити міцність останнього, що легко руйнувався коренями, поєднанням із залізною арматурою. Таке поєднання привело французького садівника до патенту на «діжки та резервуари із залізної сітки, покриті цементом» (1867 р.). Свою ідею він розповсюдив далі, запатентувавши у 1877–1883 р.р. різні залізобетонні конструкції: шпали, перекриття, балки,

мости тощо. Найбільш важливим був його патент на залізобетонні склепінні перекриття (1877 р.).

Відомо, що до ідеї вдалого поєднання властивостей бетону та залізних елементів ще раніше підійшов його співвітчизник адвокат *Жан Луї Ламбо*, який 1855 р. на Паризькій виставці продемонстрував споруджений ним човен із залізобетону. На жаль, на батьківщині залізобетону новий винахід не здобув тоді поширення. Зацікавленість у Європі проявили в першу чергу Австрія, Англія, Бельгія та Німеччина. Історії відомий також патент на вогнетривкі перекриття із залізних смуг, що заливались бетоном, який отримав 1854 р. штукатур з Ньюкасла *Вільям Уілкінсон*. Саме йому приписують розуміння принципу армування залізобетону, де арматура «працює» на розтяг, а бетон – на стиснення. Та знову, в тодішній Англії широкої уваги такі будівельні новації не здобули. Лише через 24 роки в Англії з'явилась 66 метрова башта з бетону, а ще через 2 роки – перший бетонний міст довжиною 16,5 м. Згадки про першу будівлю із залізобетону – церкву, яку збудував у Франції талановитий архітектор *Франсуа Куаньє*, відносяться до 1864 р. Його майже 20 річна робота в будівництві із застосуванням залізобетону знайшла своє визнання не тільки у Франції. До наших днів дійшла його книга «Застосування бетону у будівельному мистецтві».

І все ж, лише ХХ ст. стало справжнім початком «тріумфу» залізобетону: у Франції зводяться залізничний віадук, довжиною 300 м при висоті опор 21 м, перекриття вокзалу в Парижі (Де Берсі, 1910 р.), в Англії зводяться 6 мостів (1903-1926 рр.) та загороджувальні протичовнові споруди (діаметром 60 м та висотою 61 м), в Норвегії, Англії та США з'являються залізобетонні морські судна,

зароджується цивільне будівництво із застосуванням залізобетонного каркасу – *О. Перре* (1903 р.) та *Ле Корбюзьє* (1923 р.).

Подальший розвиток та впровадження залізобетонних виробів пов'язують з ім'ям француза *Ежена Фрейсіне* – першого президента Міжнародної федерації із залізобетону, який 1917 р. застосував *віброущільнення бетону*. Він же 1953 р. розробив концепцію вантових мостів. Рекорд за довжиною прогону (853 м) належить мосту *Нормандія* у м. Гаврі. Всесвітньо відомі імена бразильця *Оскара Нимейєра* – забудовника своєї столиці – Бразилія, італійця *П'єтро Нерві* – засновника рекордних за своїми характеристиками будівельних споруд та багато інших.

6.5 Будівництво висотних будинків

Розвиток науки про будівництво та поява новітніх конструкційних матеріалів привели у середині 80-х р.р. XIX ст. до появи хмарочосів – яскравого прикладу прагнення людини до досконалості, зокрема в архітектурі. Прабатьком сучасних висотних будинків є 9-ти поверхова офісна споруда, побудована в Чікаго (США), де в ті часи спостерігався бурхливий індустріальний розвиток. Саме Чікаго стає на певний період містом-законодавцем архітектурної моди.

Автором першої висотної будівлі із зовнішнім металевим каркасом був *Уільям Лебарон Дженні*. 1884 р. він прийшов висновку, що сталь може нести вагу будівельних конструкції набагато ефективніше, ніж традиційні матеріали. Вперше він використав сталеві опори при будівництві штаб-квартири страхової компанії в Чікаго, замаскувавши сталь під кам'яною стіною, облицювавши її, та використавши залізобетонні перекриття. Перша в світі 9-ти поверхова

будівля із сталевим каркасом отримала статус хмарочоса (1884-85 р.р.) .

До 1950-х р.р. хмарочоси будувались тільки в США. Перший 10-ти поверховик з'явився 1886 р. в Нью-Йорку – будинок «Нью-Йорк Триб'юн-білдинг». Перші висотні будинки не були у власному розумінні «хмарочосами»: 8-10-поверховики будувались на масивному суцільному фундаменті, мали достатньо товсті стіни – до 3,5 м завтовшки, що зменшувало внутрішній простір, мали невеликі вікна, а значить – недостатню природню освітленість, та сприймалися

в цілому важкими та приземистими.

Учень У. Дженні, власне винахідник хмарочоса – *Луїс Генрі Салліван* (1868-1924) – вважається одним із засновників Чиказької архітектурної школи. Його біографія – це зародження ідеології будівництва небосхилів. Л. Салліван за походженням з мистецької сім'ї європейських емігрантів народився в Бостоні, де з юних років захопився мрією стати поважним архітектором. Навчався в Масачусетському університеті, здобував практичний досвід в конторі *Френка Фернеса*, одного з кращих на той час архітекторів. Наступним його учителем-практиком став *Уільям Дженні* – власник Чиказького проектного бюро. Набувши досвіду Л. Салліван виїздить на на-



Рис. 6.13. 102-поверховий Емпайр-стейт-білдинг, Нью-Йорк, 1930/31 р.р., [17*].

вчання до паризької Школи мистецтв, а після річного навчання та повернення до Чикаго доля зводить його з власником архітектурного бюро *Данкмаром Адлером*. Злет архітектурної діяльності Саллівана припадає на 1883-1893 р.р., коли ним було зведено більш як 100 споруд. Серед них – унікальний багатофункціональний комплекс Auditorium із 17-поверховою вежею (загальною площею 20 тис. м², концертного залу на 4232 місця), зведений у 1887-89 р.р.. В цей же час Л. Салліван виклав свої принципи будівництва хмарочосів, якими користуються й до тепер: у висотних будинків повинен бути підземний поверх з установками тепло-, енерго- та повітряного забезпечення; перший поверх – призначений для банків, магазинів, різних установ, що потребують простору та світла; другий та найвищі поверхи – з не меншою площею та освітленням призначені для розташування офісних приміщень; найвищий поверх – технічний, для вентиляційних систем. Головний його принцип – це принцип відповідності форми функціональному призначенню. Таким чином, завдяки Л. Саллівану в Америці сформувалось сприйняття хмарочосів, як споруд особливого типу, як символів та ідей.

В кінці XIX на початку XX ст. кількість і висота будівель із сталевим каркасом стали швидко зростати, особливо у міру вдосконалення технологій виробництва *пасажирських ліфтів*. Пасажирські



Рис. 6.14. Петронас, Малайзія, 1991-1998 р.р., [17*].

ліфти набули поширення після того, як американський інженер *Елайш Отіс* винайшов автоматичний пристрій, який запобігав аварії ліфта при розриві тросів. Цей період характеризувався невпинним змаганням за висоту при змішуванні архітектурних течій та стилів.

Як приклад: 1930 р. – у Нью-Йорку побудований 77-поверховий Chrysler Building (архітектор *У. Ван Алєн*); трохи більше, ніж за рік у 1930/31 р.р. в центрі Нью-Йорка було зведено Емпайр-стейт-білдінг, висотою 443 м з шпилеподібною радіомачтою на верхівці. Спроекували будівлю *У. Лєм* і *Х. Белком*.

На сьогодні біля третини усіх збудованих у світі хмарочосів (біля 150) розташовані в США. Будинки-рекордсмени знаходяться також в Азії, причому 5 з'явилися у Китаї за останні п'ятнадцять років. Географія хмарочосів розповсюдилась на Південну Америку, Австралію, Малайзію, Південну Корею, Японію. Чи не найвідомішою компанією, що продовжує проектувати надвисотні вежі є американська компанія Thornton-Tomasetti Group Inc., фахівці якої проектували всесвітньо відомі вежі-близнюки «Петронас» (452 м) в Малайзії та світового лідера висоти — «Тайбей 101» (508 м) на о. Тайвань; вежу Emirates Towers (350 м і 305 м) у м. Дубаї (ОАЕ) та «Т&С» (448 м) на о. Тайвань.

Сучасні хмарочоси – високотехнологічні споруди, які мають надійні свайно-плитні фундаменти, системи вентиляції та кондиціонування з підвищеним рівнем шумозниження та віброзахисту, економічні основні та резервні системи енергопостачання, протипожежні та охоронні пристрої, необхідний комплекс ліфтового обладнання, в тому числі рятувального, комп'ютеризований диспетчерський пункт з візуалізацією процесів контролю та керування всіма інже-

нерними комунікаціями, що покликані забезпечувати безпеку та надійність. Архітектурні шедеври людства з бетону, металу та скла стали невід'ємною частиною світових мегаполісів.

7 Розвиток енергетики

7.1 Найпростіші енергетичні машини

Поступове зростання чисельності технологічних машин стимулювало паралельний пошук нових джерел механічної енергії. Одними з перших енергію водних потоків стали використовувати александрійці для приведення в дію млинів (I ст. до н.е.). У той же період одержує поширення в арабів і вітряний млин. *Водяні і вітряні млини* вже в первісному вигляді мали потужність 30–50 к.с.

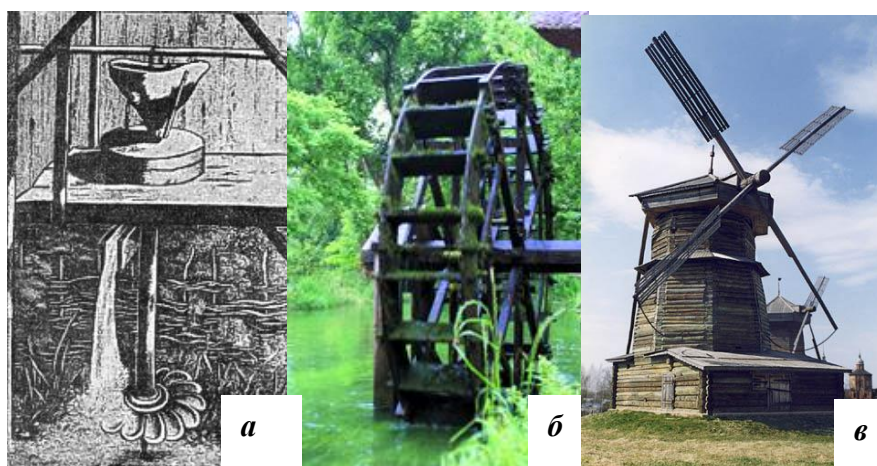


Рис. 7.1. Водяний млин з активною водяною турбіною (а) [19], водяне колесо (б) [24] та вітряк (в) [102].

Проте, тільки у XI ст. водяне колесо починає широко запроваджуватись в Європі в різних формах у залежності від місцевих умов (що працюють на силі припливів – у Венеції, наливні – у річкових районах) та застосовуватись як досить потужне джерело енергії – привід млинів, підйомних машин, насосів. Це нове джерело енергії на початку XIII ст. дало могутній поштовх розвитку металургії.

Тоді ж з'являються водяні активні турбіни з більшою ефективністю, а отже з'являється необхідність будівництва гідроспоруд, які б акумулювали силу води в необхідних місцях.

У XV ст. одержує поширення і вітряний млин, що прийшов від арабів в Європу через Марокко й Іспанію. Уже в XVI ст. вітряні млини були поширені територією всієї Європи.

Проектував вітряні млини з поворотним дахом відомий механік, художник, інженер середньовіччя *Леонардо да Вінчі* (1452-1519). В

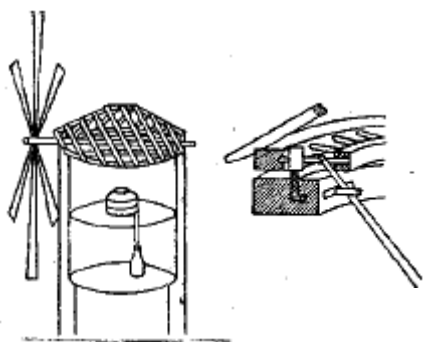


Рис. 7.2. Проект вітряного млина Л. да Вінчі [67].

одному із його рукописів подано детальний малюнок такого млина, де видно, що на верху стіни передбачається колова рейка, якою дах катається на роликах, і що між двома концентричними дерев'яними кільцями зі вставленими в них осями-роликами, монту-

ються планки на зразок сходів, діючи на які важелем, дах можна повертати.

7.2 Перші парові машини

Чи не перше знайомство людей з пристроями, що використовують енергетичні властивості пари відбулося 360 р. до н.е., коли грек *Архитос Тарентійський* продемонстрував силу пари за допомогою підвішеного над вогнем *глиняного голуба*, заповненого водою, який під дією струменя пари обертався навколо планки, на якій був закріплений.

62 р. н.е. грецький механік *Герон Александрійський* продемонстрував кулю з водою, що підігрівалася вогнем, та оберталася під дією струменя пари – так званий

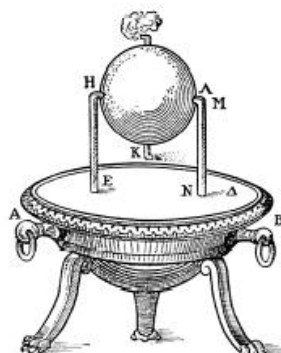


Рис.7.3. Елоопіл Герона [28].

"Елоопіл". Практичного застосування цей механізм не отримав, надовго залишившись для механіків старовини цікавою іграшкою.

Перша письмова згадка про корисне застосування сили пари знайдена в книзі арабського вченого *Tax аль Діна* (1551 р.), в якій описувалася парова турбіна, що обертає рожен. На 50 років раніше подібний механізм, під назвою "димовий рожен" або "розумна піч" був описаний *Леонардо да Вінчі*. Рожен обертався крильчаткою, розташованою в димарі, що стало згодом підставою для визнання Л. да Вінчі винахідником прототипу газової турбіни. У основу конструкції Л. да Вінчі був покладений принцип дії арабських вітряних млинів: крильчатка встановлювалася горизонтально на верху високих башт, які на зразок димаря забезпечували необхідну повітряну тягу.

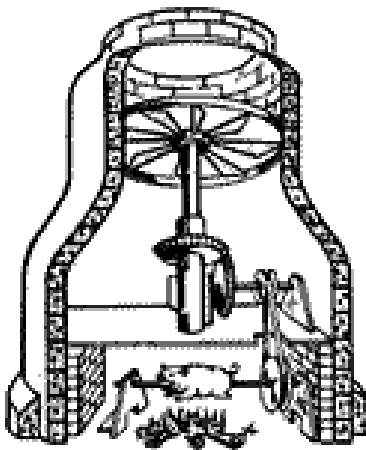


Рис.7.4. Димовий рожен Леонардо да Вінчі (1500 р.), [21].

1661 р. англійський винахідник *Самуель Морланд* (1625-1695) модифікував відому конструкцію насоса високого тиску і додав до нього зовнішній механічний привід, отримавши патент на свій винахід, що мав назву "Плунжерный насос".

Проблема створення механічного (парового) приводу для водяних насосів стала особливо актуальною через зростання потужності, яку треба було забезпечувати для підтримання роботи міських водонапірних башт. 1683 р. С. Морланд опублікував роботу «Нові принципи застосування сили вогню», де розглядалися способи використання пари для роботи запатентованого ним плунжерного насоса.

Опис парового двигуна С. Морланда не зберігся, але залишилися його щоденники з результатами досліджень, в яких він більш ніж за сто років до Уатта встановив, що енергетична ефективність пари приблизно в дві тисячі разів вища за енергію киплячої води. Через декілька років С. Морланд запропонував використовувати пару, точніше реактивний принцип Елоопіла, для руху судна. У британському музеї збереглася модель його пароплава – дерев'яне судно зі встановленою на палубі горизонтальною трубою, з'єднаною з паровим казаном.

Перший докладний опис механізму, що використовує вакуум для механічного приводу, датується 1666 р. і належить *Христіану Гюйгенсу* (1629-1695), що описав конструкцію "порохового циліндра". Для виконання роботи пропонувалося при верхньому положенні поршня засипати в циліндр порох і підпалювати його. Згорання порошу приводило до падіння тиску повітря в циліндрі, внаслідок чого поршень опускався вниз, піднімаючи через систему

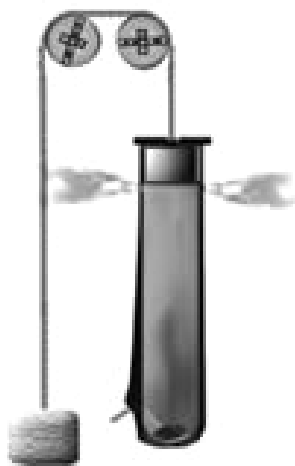


Рис.7.5. Пороховий циліндр Х. Гюйгенса (1666 р.), [50].

важелів корисний вантаж. Модель не знайшла практичного застосування, хоча винахід був працездатний і мав ознаки, властиві газовим двигунам. Запропонований Гюйгенсом пристрій не вийшов за рамки лабораторних експериментів, але заклав основні принципи конструювання парових машин, історію яких відкриває "паровий циліндр" Дена Папена, який став першим кроком в створенні "пароатмосферних" теплових машин циклічної дії.

Назва "пароатмосферний" відображає спосіб виконання корисної роботи, а саме: використання пари, що конденсується, для створення необхідної для робочого циклу різниці між атмосферним тиском і вакуумом. До класу пароатмосферних двигунів відносяться пристрої, корисний хід яких забезпечується створенням вакууму в робочому циліндрі після конденсації водяної пари. Пароатмосферні двигуни були основними механізмами, що виконують корисну

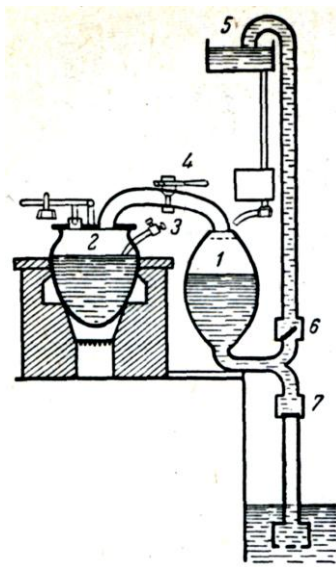


Рис.7.6. Паровий водопідійомник Сейвері, 1698 р., [16].

роботу з використанням сили пари майже протягом 100 років і заклали основу становлення сучасної парової енергетики.

1698 р. військовий інженер *Томас Сейвері* створює паровий водопідійомник, що призначався для осушення шахт і перекачування води. Машина Сейвері працювала так: спочатку герметичний резервуар (1) наповнявся паром, що утворювалась в котлі (2) через вентиль (4), потім зовнішня поверхня резервуара обливалася холодною водою, отже пара конденсувалася, і в резервуарі створювався частковий вакуум.

Після цього вода, наприклад, із дна шахти засмоктувалася в резервуар через забірну трубу з клапаном (7) і, після впуску чергової порції пари, виштовхувалася назовні через випускную трубу з клапаном (6). Потім цикл повторювався, але воду можна було піднімати тільки з глибини на більше 10,36 м, оскільки в дійсності її виштовхував атмосферний тиск.

Більш ефективною була «вогнева машина» французького винахідника *Дені Папена*, що поєднувала в одному пристрої котел для пароутворення і вперше в історії створення парових машин – робочий циліндр із поршнем. Ця машина працює за таким принципом: (рис 7.7,б): вода (1) нагрівалася усередині вертикального циліндра з поршнем, і пара (2), що утворювалася, штовхала поршень (3) вгору; коли пара охолоджувалася і конденсувалася, поршень опускався вниз під дією атмосферного тиску. Таким чином, за допомогою системи блоків машина Папена могла приводити в хід різні механізми, наприклад, насоси.

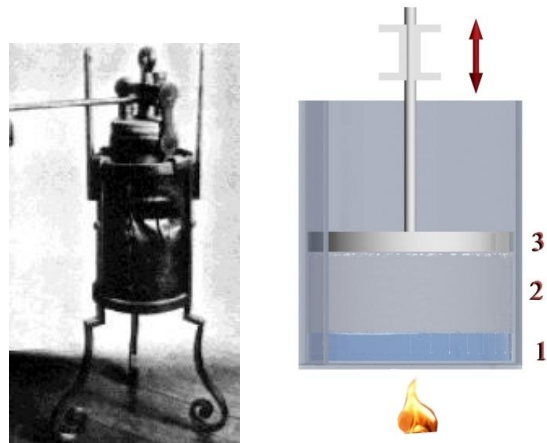


Рис.7.7. Парова машина Дені Папена [25] та принцип її дії

Англійський винахідник *Томас Ньюкомен*, який працював ковалем на шахтах у Вест Кантрі, був добре знайомий з паровими підйомниками Сейвері і Папена. За підтримки *Джона Коулли* Т.Ньюкомен намагається збудувати більш досконалу модель водопідйомника. 1712 р. їхня перша парова машина була встановлена на вугільній шахті в Стаффордширі.

Як і в машині Папена, поршень переміщався у вертикальному циліндрі, але в цілому машина Ньюкомена була значно більш досконалою. Щоб ліквідувати зазор між циліндром і поршнем, Ньюкомен закріпив на поршні гнучкий шкіряний диск, наливши на нього небагато води. Пара (рис.7.8.) з відокремленого котла (1) через клапан (а) надходила до основи циліндра (2) і піднімала поршень (3) вгору. При упорскуванні в циліндр із зовнішнього резервуара (4) холодної води, пара конденсувалася, у циліндрі створювався ни-

зький тиск, і під впливом атмосферного тиску поршень опускався вниз. Цей зворотний хід через клапан (г) видаляв воду з циліндра і за допомогою ланцюга, з'єднаного з коромислом, підіймав вгору шток насоса з поршнем (5). Коли поршень знаходився в нижній точці свого ходу, у циліндр знову надходила пара, і за допомогою противаги, закріпленої на штоці насоса або на коромислі, поршень піднімався у вихідне положення. Після цього цикл повторювався.

Машина Ньюкомена виявилася на рідкість ефективною і використовувалася у всій Європі понад 50 років. Її застосовували для відкачування води з численних шахт у Великобританії. Це було *перше крупносерійне виробництво в історії техніки* (випущено кілька тисяч штук).

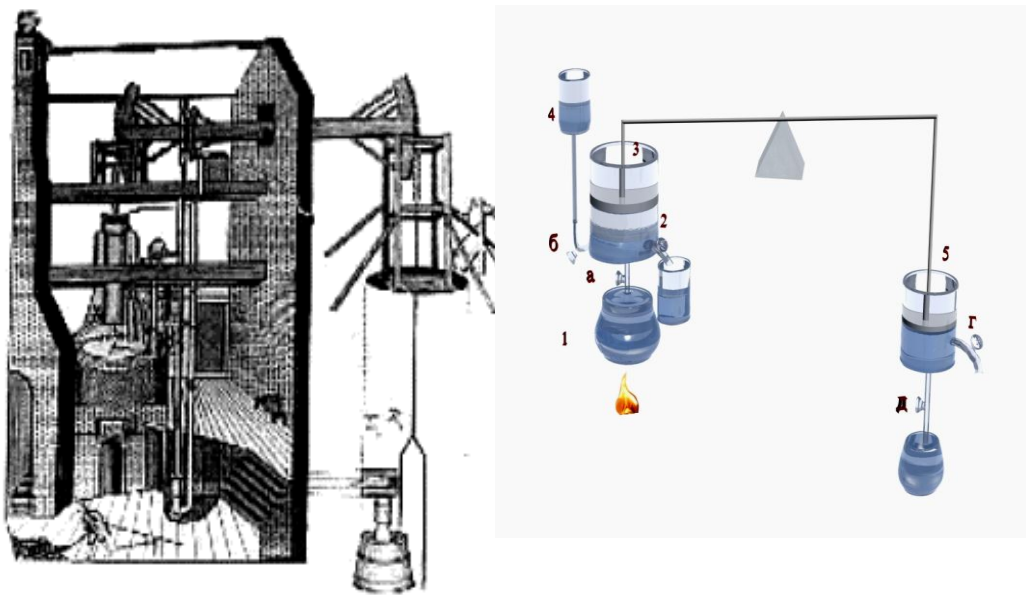


Рис.7.8. Перша парова машина Ньюкомена і Коуллі [19] та принцип її роботи.

Проте, машина Ньюкомена була далека від досконалості. Вона перетворювала в механічну енергію близько 1% теплової енергії і, як наслідок, використовувала величезну кількість палива, що, утім, не мало особливого значення, коли машина працювала на вугільних шахтах.

7.3 Винаходи Джеймса Уатта

Джеймс Уатт (1736-1819), шотландський інженер і винахідник, налагоджуючи модель пароатмосферної машини Т. Ньюкомена, переконався в її досить низькій ефективності. Він загорівся ідеєю поліпшити параметри парової машини. Йому було ясно, що основний недолік машини Ньюкомена полягав у почерговому нагріванні й охолодженні циліндра. Невдовзі він зрозумів, що циліндр може постійно залишатися гарячим, якщо для конденсації пари відводити в окремий резервуар через трубопровід із клапаном. При цьому перенесення процесу конденсації пари за межі циліндра повинне сприяти зниженню витрати пари. Більш того, циліндр може залишатися гарячим, а конденсор холодним, якщо зовні їх покрити теплоізоляційним матеріалом.

Удосконалення, що вніс Уатт у парову машину (відцентровий регулятор, окремий конденсатор пари, ущільнювачі тощо), не тільки підняли коефіцієнт корисної дії машини, але й остаточно перетворили пароатмосферну машину в реальну парову, а головне – машина стала легко керованою.

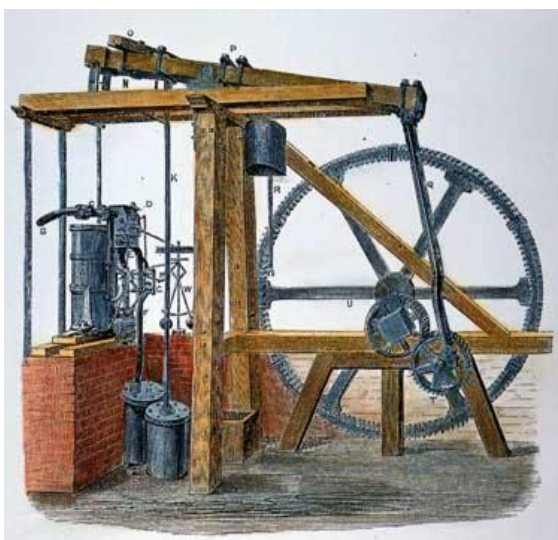


Рис.7.9. Парова машина Дж. Уатта, [39].

1768 р. Уатт подає прохання про патент на свій винахід, але через брак коштів будувати парову машину йому довго не вдавалося. І тільки 1776 р. при матеріальній підтримці Ребека, засновника першого металургійного заводу в Шотландії, парова ма-

шина Уатта була, нарешті, побудована й успішно пройшла випробування.

Машина Уатта виявилася вдвічі ефективнішою машини Ньюкомена, але у ході її подальшої експлуатації стало ясно, що вона мала серйозні недоліки. Незважаючи на фінансову скруту, Уатт продовжував працювати над удосконаленням парової машини. Його роботи зацікавили *Метью Боултона*, інженера і багатого фабриканта, власника металообробного заводу в м. Сохо. 1775 р. Уатт і Боултон уклали угоду про партнерство.

1781 р. Джеймс Уатт одержує патент на винахід другої моделі своєї машини. Серед нововведень, внесених у неї й у наступні моделі були:

- циліндр подвійної дії, у якому пара подавалася поперемінно по різні сторони від поршня, при цьому відпрацьована пара надходила в сторонній конденсатор;
- теплоізоляційна шуба, що оточувала робочий циліндр для зниження теплових утрат і золотник;
- перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертальний рух вала спочатку за допомогою шатунно-кривошипного механізму, а потім за допомогою шестерної передачі, що стала пробразом планетарного редуктора;
- відцентровий регулятор для підтримки постійних обертів вала і маховик для зменшення нерівномірності обертання.

1782 р. була побудована *перша універсальна парова машина подвійної дії*. Кришку циліндра Уатт оснастив винайденим незадовго до того сальником, що забезпечував вільний рух штока поршня та запобігав витоків пари з циліндра. Пара надходила в циліндр поперемінно то з однієї сторони поршня, то з іншої, створюючи ро-

зрідження із протилежної сторони циліндра. Тому поршень виконував і робочий, і зворотний хід за допомогою пари, чого не було в ранніх машинах. Крім того, 1782 р. Джеймс Уатт реалізував принцип розширювальної дії, розділяючи потік пари в циліндрі так, що він починав розширюватися в певній частині циклу під своїм власним тиском. З усіх цих ідей Уатта самою корисною була ідея розширювальної дії. Практичному впровадженню цієї ідеї допомогла індикаторна діаграма, створена близько 1790 р. помічником Уатта *Джеймсом Саузерном*. Індикатор був самописним пристроєм, який можна було приєднувати до двигуна для того, щоб фіксувати тиск у циліндрі в залежності від об'єму пари, що надходить за даний такт. Індикатор використовували для того, щоб максимально ефективно настроїти двигун. Ця сама діаграма згодом стала частиною знаменитого циклу Карно у теоретичній термодинаміці.

Оскільки в паровій машині подвійної дії шток поршня виконував дію “тягни–штовхай”, колишню приводну систему з ланцюгів і коромисла, що реагувала тільки на тягу, довелося переробити. Уатт розробив систему зв'язаних тяг і застосував планетарний механізм для перетворення зворотно-поступального руху штока поршня в обертальний рух, використав важкий маховик, відцентровий регулятор швидкості, дисковий клапан і манометр для вимірювання тиску пари.

Універсальний паровий двигун Уатта подвійної дії з безперервним обертанням одержав величезне поширення і застосовувався для приведення в дію машин і верстатів прядильних і ткацьких фабрик, а пізніше й інших промислових підприємств. Це привело до різкого підвищення продуктивності праці. Саме цей момент

англійці вважають *початком великої промислової революції*, що вивела Англію на позиції світового лідера.

Компанія «*Боултон і Уатт*» з 1783 р. монополізувала виробництво парових машин, а Джеймс Уатт став досить забезпеченою людиною.

7.4 Парова машина Івана Ползунова

Ползунов Іван Іванович (1729-1766) – російський винахідник, теплотехнік, творець першого у світі пароатмосферного двигуна для приведення в дію заводських механізмів – першої у світі двоциліндрової машини безперервної дії.

Працюючи на Коливано-Воскресенських заводах Алтаю, Ползунов опікувався застарілим устаткуванням – це повітродувні міхи і молоти для кування металу, які приводились в рух силою води. Коли ріка ставала мілководною – виробництво зупинялося. Ползунов вирішує замінити водяний двигун і ручну працю на “вогненну машину” – розробляє *проект двоциліндрової парової машини*. На

відміну від машини Ньюкомена, машина Ползунова виконувала роботу неперервно. Машина мала два циліндри, поршні яких передавали роботу на спільний вал по чергово.

Для її виготовлення Ползунову довелося виготовити різні інструменти і навіть токарський верстат для обробки металу. При цьому всі деталі парової машини були виготовлені усього за 13

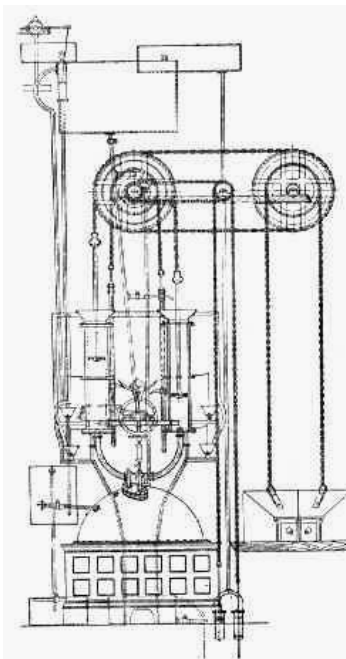


Рис.7.10. Проект парової машини І.Ползунова, [22]

місяців, хоча деякі деталі важили понад 2,5 т.

Будівництво парової машини було розпочато навесні 1764 р., а вже в грудні 1765 р. вона успішно пройшла випробування (*на три роки раніше машини Уатта*). У тому ж 1765 р. Ползунов розробив спеціальний поплавковий регулятор рівня води в котлі. Влітку 1766 р. машина була введена в експлуатацію, однак Ползунову не судилося цього побачити – він занедужав на туберкульоз і помер. Машина працювала 43 дні, після чого через несправності в котлі була зупинена назавжди.

7.5 Теоретичні дослідження Саді Карно

Розвиток парових машин у XVIII ст. стимулював теоретичні дослідження пружності газів при різних температурах. Для теплотехніки, що розвивалась, важливе значення мало питання про теплопередачу. Дослідженнями теплопередачі у 1750–1751 р.р. займався петербурзький академік Г.В. Ріхман, який і став основоположником цієї галузі знання. Ж.Б. Фур'є (1768–1830) в своєму класичному дослідженні «Аналітична теорія тепла» (1822 р.) вказав, що теплопередача обумовлена трьома чинниками: теплоємністю, внутрішньою теплопровідністю і тепловіддачею в зовнішнє середовище. Робота Фур'є базувалася на ідеї теплового струму, або так званій концепції теплороду. На цій же ідеї ґрунтувалося і дослідження цього періоду «Роздум про рушійну силу вогню» (1824 р.) французького військового інженера Саді Карно (1796–1832), що поклало початок термодинаміці.

Карно із самого початку звертає увагу на те, «що теплота може бути причиною руху, ... а парові машини ... є цьому очевидним доказом. ... Вивчення цих машин надзвичайно цікаво, оскільки їх

значення вельми велике і їх розповсюдження росте з кожним днем. Мабуть, їм призначено зробити великий переворот в цивілізованому світі» [68]. Карно не помилився – розповсюдження парового двигуна в промисловості і на транспорті здійснило революцію в розвитку всієї техніки.

Завдання, яке поставив перед собою Карно, – вивчити «отримання руху з тепла... з достатньо загальної точки зору». Це перша в історії фізики та техніки чітко сформульована термодинамічна проблема, і вперше в історії науки Карно пропонує для вирішення цієї проблеми новий метод.

«Щоб розглянути принцип отримання руху з тепла, треба ... провести міркування, застосовні не тільки до парових машин, але і до всіх мислимих теплових машин, якою би не була речовина, пущена в справу, і яким би чином на неї не проводилася дія» [5]. Це чітке формулювання термодинамічного методу, прикладеного до будь-яких систем, незалежно від їх конкретних фізико-хімічних властивостей, що задовольняють загальним вимогам.

Карно розглядає ідеальний тепловий двигун. Він вважає, що робота будь-якого теплового двигуна супроводжується не витратою теплороду, а відновленням його рівноваги. Рушійна сила тепла виникає завдяки переходу тепла від гарячого тіла до холодного. Карно формулює наступний важливий принцип: «... всюди, де є різниця температур, може відбуватися виникнення рушійної сили. ...навіпаки, всюди, де можна витратити силу, можливо утворити різницю температур...» [20]. Цей принцип Карно є одним із перших формулювань другого початку термодинаміки, якому підпорядковані всі теплові машини, як двигуни, так і холодильні машини, і дія якого розповсюджується на всі мислимі термодинамічні системи.

Неможливість вічного двигуна є істотним елементом аналізу Карно, фактично він вже спирається на закон збереження енергії, хоч і говорить про теплорід. Для визначення максимальної роботи Карно розглядає деякий ідеальний циклічний процес – цикл Карно. Метод циклів, уведений в термодинаміку Карно, виявився надалі дуже корисним і отримав в сучасній термодинаміці широке застосування. Аналіз Карно приводить його до фундаментального висновку: «Рушійна сила тепла не залежить від агентів, узятих для її виникнення; її кількість виключно визначається температурами тіл, між якими відбувається перенесення теплороду» [20].

На цій теоремі Карно ґрунтується застосування методу циклів в термодинаміці, разом з тим, вона є одним з можливих формулювань другого початку термодинаміки.

Основне для техніки в працях Карно полягає в тому, що він встановив критерій ступеня використання закономірностей природи в області перетворення теплоти в механічну роботу – коефіцієнт корисної дії. Карно розробив поняття про замкнений процес, сформулював принцип періодичності роботи теплових двигунів. Він знайшов такий круговий замкнутий процес («цикл Карно»), при якому між двома температурними рівнями T_1 і T_2 можна отримати максимум корисної віддачі роботи.

7.6 Двигун внутрішнього згоряння

1807 р. швейцарець *Ісаак де Рівац* одержав патент на використання суміші повітря з кам'яновугільним газом як засобу генерації механічної енергії. Його двигун, що складався з циліндра, у якому за рахунок вибуху поршень переміщався вгору, а при русі вниз пускав у хід хитний важіль або ремінний шків. Де Рівац був офіцером

наполеонівської армії і війна перервала його подальші дослідження. На початку XIX століття дослідження з проблеми запалення газу про-

водили *Р. Стрім, П. Лебон, П. Купер* та інші.

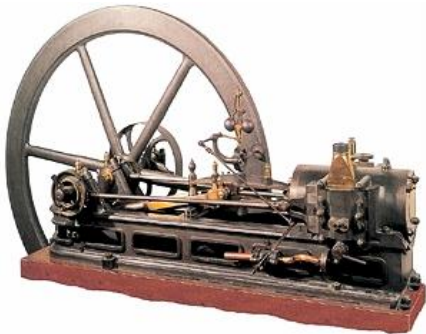


Рис.7.11. Двигун внутрішнього згоряння
Е.Ленуара, 1863 р., [76].

1825 р. *Майкл Фарадей* одержав з кам'яного вугілля бензол та запропонував використовувати його як перше рідке паливо для двигуна внутрішнього згоряння.

Фундамент для створення легкого компактного двигуна був закладений 1841 р. *Луїджі Кристофорісом* побудовою двигуна, котрий працював вперше на принципі “стиск-запалення”. Такий двигун мав насос, що подавав як паливо займисту рідину – гас. *Е. Барзанті* і *Ф. Матточчі* розвинули цю ідею і 1854 р. представили перший реальний двигун внутрішнього згоряння. Він працював у тритактній послідовності і вперше мав водяне охолодження. Хоча розглядалися й інші види палива, але все-таки як пальне вибрали суміш повітря з кам'яновугільним газом і при цьому досягли потужності в 5 к.с.

1858 р. з'явився двоциліндровий двигун Барзанті–Матточчі із протилежно розташованими циліндрами, який з 1860 р. вироблявся невеликими партіями компанією “Ешер-Вісс” у Цюріху.

1860 р. *Етьєн Ленуар* патентує власний двигун внутрішнього згоряння, що пізніше має

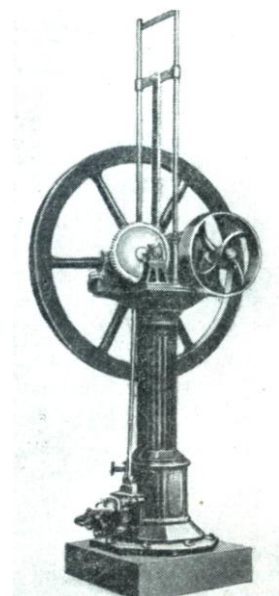


Рис.7.12. Двигун Отто-Лангена, [16].

величезний комерційний успіх. Двигун працював на кам'яновугільному газі в тритактному режимі. 1863 р. Ленуар намагається установити власний двигун на автомобіль, але потужності в 1,5 к.с. при 100 об./хв було недостатньо для пересування.

1862 р. французький інженер *Альфонс Беа де Рош* у роботі «Найновіші дослідження відносно практичних умов застосування теплоти» вперше описав так званий *чотиритактний цикл роботи двигуна з послідовними тактами*: всмоктування робочої суміші в циліндр, її стиснення, запалювання суміші та її горіння, видалення продуктів спалювання.

На Всесвітній виставці в Парижі 1867 р. завод газових двигунів „*Deutz*”, заснований інженером *Ніколасом Отто* і промисловцем *Ейгеном Лангеном*, представив двигун, створений на основі принципу Барзанті-Матточчі, але мав значні переваги – був достатньо легким, створював менше вібрацій, мав к.к.д близько 14% і незабаром витіснив двигун Ленуара.

Отто та Ланген із практичних результатів випробування двигунів різних конструкцій теж прийшли висновку, що єдиним засобом щодо підвищення к.к.д. двигуна може бути попереднє стиснення робочої суміші. Так, реалізувавши цю ідею, вони одержали к.к.д.

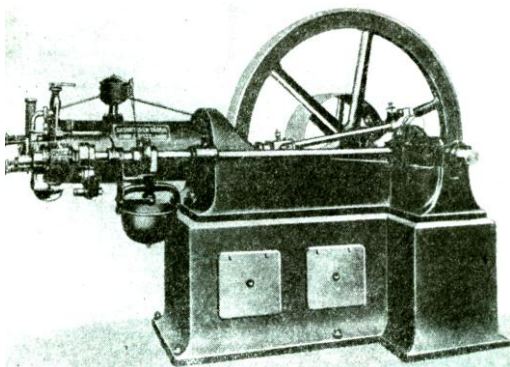


Рис.7.13.Чотиритактний двигун Отто–Лангена, [16].

22% в своєму наступному та *першому чотиритактному двигунові внутрішнього згоряння* (1877–1878 р.р.)

У цей же час у Франції *Едуард Деламар-Дебутвіль* з механіком *Леоном Маландіном* збудував дви-

гун високого ступеня стиску, що працював на легких фракціях гасу для одного із перших в світі автомобілів, але не запатентував його.

1872 р. в компанії „Deutz” почали свою роботу *Готліб Даймлер* як головний інженер і *Вільгельм Майбах* як головний конструктор. Їхня діяльність протягом десяти років ознаменувалася випуском двох тисяч двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням, що продавалися в Європі з 1875 р.

Даймлер і Майбах 1883 р. представили перший двигун внутрішнього згорання вагою усього близько 80 кг, що для того часу було дуже мало в порівнянні з іншими двигунами внутрішнього згорання, що важили близько 300 кг. Двигун за допомогою нової системи запалювання досягав 450-900 об./хв., хоча й мав потужність 0,5 к.с.. Система подачі палива складалася з платинової трубки, що нагрівається зовнішнім пальником. Цей двигун було вперше встановлено Даймлером на мотоцикл.

Тим часом, Карл Бенц, власник компанії у Мангеймі, розробив свій двигун з електричним запалюванням та в кінці 1885 р. зібрав триколісний автомобіль, що завдяки виконаному монтажеві двигуна на шасі може вважатися першим дійсним автомобілем.

Три місяці по тому Даймлер умонтував свій удосконалений двигун у кузов, що пізніше не мав великих змін. Цими машинами Бенца та Даймлера був довершений етап винаходу автомобіля, про що буде йтися мова у наступних розділах.

7.7 Винайдення дизельного двигуна

Рудольф Дизель, за фахом – інженер холодильних установок, розпочав свою трудову діяльність у підприємця Карла фон Лінді. Спостереження за станом газів при їхньому різкому стисненні і

розширенні привели Дизеля до ідеї безіскрового запалення газової суміші в циліндрі двигуна. Ідея, по суті, була проста – відмовитися від свічки запалювання і використовувати для запалення повітряно-паливної суміші в циліндрі тепло стиснутого повітря. Ця ідея не належала Дизелю – оскільки оптимальну послідовність процесів, що протікають у такій машині, ще 1824 р. описав французький інженер С. Карно. Від перших дослідів з газами Р. Дизель перейшов до експериментів з горючими рідинами, використовуючи в якості запальника високу температуру стиснутого повітря. 1890 р. Дизель представив розрахунки і теоретичне обґрунтування своєї ідеї й 1892 р. одержав патент.

1897 р. Дизель зумів продемонструвати роботу діючого двигуна своєї конструкції потужністю 25 к.с. Високоєфективний двигун зацікавив фірму Круппа й машинобудівні заводи Аугсбурга. До Р. Дизеля прийшов комерційний успіх.

1898 р. Дизель продає свій патент *Еммануїлу Нобелю*, якому належали нафтопромисли в м. Баку та який створює в Петербурзі підприємство «Російський Дизель». Але Нобеля не влаштовувало, що двигун працював на гасі і він дав вказівку своїм інженерам переробити двигун для роботи на сирій нафті. Вже в січні 1899 р. перший одноциліндровий двигун потужністю 20 к.с. при 200 об./хв працював на сирій нафті з витратою 220 г/к.с.·год.

1898 р. видатний кораблебудівник *К.П. Боклевский* уперше висунув ідею про доцільність використання двигунів внутрішнього згоряння на судах. 1903 р. перші дизельні двигуни потужністю 150 к.с. з'явилися на річкових судах «Вандал» і «Сармат».

7.8 Перші електричні машини

З кінця 30-х років XIX ст. після відкриття Майклом Фарадеєм явища електромагнітної індукції у всіх країнах Європи, а також у США почалися роботи з конструювання електромагнітних генераторів електричного струму. Зусилля винахідників були направлені головним чином на удосконалення індуктора, що створює магнітне поле, і якоря, який, переміщаючись в магнітному полі, сприяв би виникненню електричного струму.

Спочатку були створені генератори із збудженням від постійних магнітів: генератори братів Піксі (1832 р.), Кларка (1836 р.), російського фізика та техника Б. С. Якобі (1842 р.) і ін. Але застосування постійних магнітів перешкоджало створенню генераторів достатньої потужності. Тому надалі був здійснений перехід до електромагнітів, що дозволило збільшити потужність генератора, але вимагало створення складної системи живлення. Вирішальним в створенні генераторів великої потужності був винахід машини з самозбудженням, в якій живлення здійснювалося за рахунок струмів, що отримуються в самій машині. Перші генератори з самозбудженням були створені данським винахідником Хіортом (1854 р.), англійцями Барлеєм (1860 р.) і Уїстоном (1866 р.), а

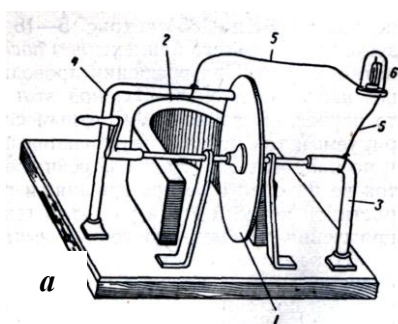


Рис.7.14. Магнітоелектричні генератори М.Фарадея (а) [20] та З. Грамма (б) [19].

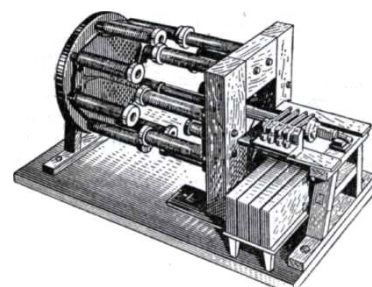
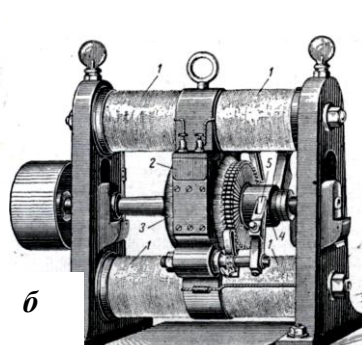


Рис.7.15. Діюча модель електродвигуна Б. С. Якобі, 1834 р., [18].

також німецьким інженером *Вернером Сіменсом* (1867 р.).

Проте, перші генератори з самозбудженням мали значні недоліки із-за невдалої конструкції якоря та лише з появою генератора з самозбудженням французького винахідника *Зіновія Грамма*, в якому була застосована нова конструкція якоря, – кільцевий якір, електричний генератор вийшов з експериментальної стадії розвитку.

Паралельно зі створенням генератора йшла робота над удосконаленням конструкції електродвигуна. Оригінальну конструкцію електродвигуна створив *Б. С. Якобі* 1834 р.: обертовий барабан, на якому по колу були укріплені електромагніти, і набори електромагнітів, що нерухомо закріплені на станині також по колу. При вмиканні струму електромагніти — рухомі і нерухомі — притягувалися один до одного. Відбувався поворот барабана на невеликий кут. При обертанні барабана за допомогою особливого пристрою — праобразу сучасного колектора — відбувалося перемикання струму таким чином, що взаємодія між полюсами електромагнітів постійно підштовхувала барабан. Електричний двигун Якобі давав «безпосередній постійний круговий рух, який набагато легше перетворити в інші рухи, ніж поворотно-поступальний» [19]. Цими словами винахідник підкреслив те істотне нове, що було в його двигуні.

Важливим етапом у вдосконаленні електродвигуна був винахід 1860 р. італійським ученим *А. Пачинотті* двигуна з обертовим кільцевим якорем. Початок широкого промислового застосування машин постійного струму відносять до 70-х р.р. XIX ст., коли *Ф. Хефнер-Альтенек* замінив кільцевий якір барабанним, спростивши тим самим конструкцію машини постійного струму і збільшивши

удвічі її потужність. У такому вигляді машина постійного струму збереглася практично без змін до нашого часу, удосконалення стосувалися головним чином застосування кращих ізоляційних і конструкційних матеріалів, прогресивнішої технології, розробки точних методів розрахунку й оптимізації габаритів.

Машини постійного струму отримали промислове застосування раніше машин змінного струму, але втратили домінуюче положення після винаходу *М. Й. Доливо-Добровольским* системи трифазного струму (1889 р.). Машини постійного струму використовувалися лише в окремих областях, де необхідне регулювання частоти обертання в широкому діапазоні: генератори – як збуджувачі синхронних машин, зварювальні генератори, в системах генератор-двигун; двигуни – в електроприводах на транспорті, в металургії (на прокатних станах) і т.п.

Таким чином, в період з кінця XVIII ст. до 70-х років XIX в. були зроблені найважливіші винаходи і відкриття, які, не отримавши широкого практичного застосування у момент своєї появи, стали основою технічного прогресу подальшої епохи.

7.9 Парові та газові турбіни

Друга половина XIX ст. характеризується значною кількістю робіт щодо вдосконалення гідротурбін як рушіїв електрогенераторів. Значним кроком в підвищенні к.к.д. турбіни і зручності її регулювання став винахід *Фінка*, який запропонував 1880 р. застосувати радіальний направляючий апарат з великою кількістю лопаток, що повертаються на власній осі і тим самим регулюють кількість води, що поступає на робочі лопатки. 1886 р. на заводі Фойта (Німеччина) була побудована перша турбіна, що отримала останній

істотний елемент сучасних гідравлічних турбін – спіральну камеру турбін – спіральну камеру для підведення води до направляючого апарату. Радіально-осьова турбіна в кінці XIX ст. стала витісняти інші типи гідравлічних турбін.

Активні гідротурбіни також отримали помітний розвиток. З 1880 р. в США стали будувати для високих тисків і невеликих витрат води ковшеві турбіни, одна з перших конструкцій яких була запропонована *Пельтоном*. Конструкція цієї турбіни виникла поступово. Спочатку турбіни мали таке взаєморозташування направляючих воду насадок і самих коліс, при якому вода ударяла в центр ковшів, укріплених на ободі робочого колеса турбіни. Ефективність роботи турбіни помітно зросла при зміщенні потоку води із центру на край ковша. Проте при цьому з'являлося осьове, руйнівальне зусилля, для локалізації якого Пельтон спробував розташовувати ковші турбіни так, щоб вони давали осьові зусилля різного напрямку, поки, нарешті, не знайшов якнайкраще рішення у вигляді ковша з ножом в центральній частині. Такий ківш з безударним входом струменя і відсутністю осьового зусилля став основою сучасних ковшових турбін.

Можливість отримання механічної енергії за рахунок роботи струменя пари намагалися реалізувати з давнини, але безуспішно.

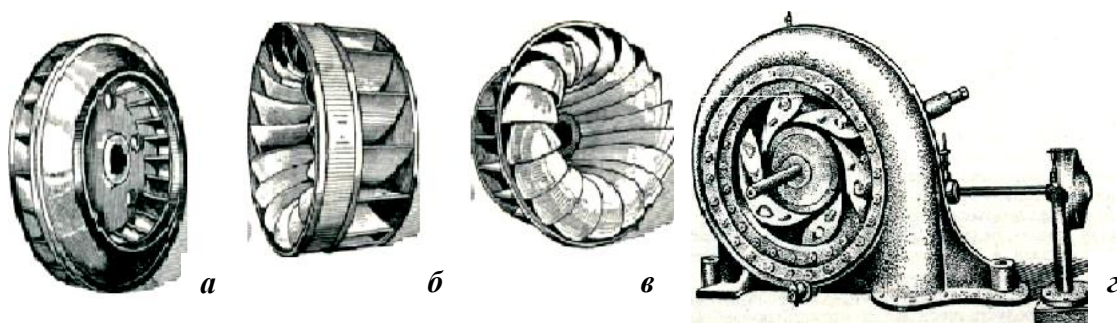


Рис.7.16. Робочі колеса радіально-осьових тихохідних (а), нормальних (б) швидкохідних (в) турбін та перша гідротурбіна зі спіральною камерою підведення потоку води (г), [16,19,21].

Причина цього стала зрозумілою лише 1839 р., коли *Сан-Венан* досліджуючи витікання струменя пари, з'ясував, що пара рухається зі швидкістю сотень метрів за секунду. Досвід експлуатації і теорія водяних турбін, в яких також використовується енергія руху, свідчили, що для отримання найбільшого ефекту необхідно, щоб лопатки турбіни рухалися з швидкістю понад 6000 об./хв. Тобто, парова турбіна – це двигун швидкохідний за своєю природою, а значить освоєння турбіни означало вивчення техніки високих швидкостей.

Передумовою практичного впровадження парової турбіни стало виникнення машин-знарядь з високим числом обертів – це насамперед дискові пилки, для приводу яких стали застосовувати примітивні турбіни у формі сегнерова колеса. Велика витрата пари в цих турбінах компенсувалася використанням дешевого палива – відходів деревообробних заводів, де й застосовувалися дискові пилки.

Великий внесок до справи виникнення й початкового розвитку парової турбіни був зроблений шведським інженером *Карлом Лавалем* (1845-1913), який винайшов сепаратор для відділення сливків від молока,

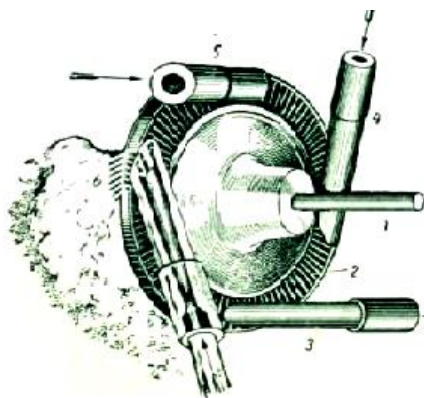


Рис.7.17. Активна турбіна Лаваля: 1– вал, 2 – робочі лопатки, 3,4,5 – сопла,[21].

що вимагав 6–7 тис. об./хв, і сконструював для його приводу одновінцеву активну турбіну. У цій невеликій турбіні Лаваль зміг розв'язати ряд найважливіших завдань турбобудування: винайшов сопло, що розширювалося та давало можливість перетворювати енергію тиску пари на енергію швидкості; сконструював особливий робочий диск турбіни так, що при його обертанні виникав опір величезним силам інерції, а напруга матеріалу диска була постійною при відда-

тиску пари на енергію швидкості; сконструював особливий робочий диск турбіни так, що при його обертанні виникав опір величезним силам інерції, а напруга матеріалу диска була постійною при відда-

ленні від центру обертання; побудував турбіну з гнучким валом і дослідно підтвердив свою гіпотезу про те, що при швидкому обертанні гнучкий вал стає прямим; запровадив кульові опори під підшипники гнучкого валу; побудував до турбіни редуктор – систему шестерень для регулювання числа обертів і вперше почав вводити спеціальні сплави для лопаток турбін, що зазнають величезних силових і теплових навантажень.

Англійський інженер *Чарлз Парсонс* (1854–1931) вперше з'єднав реактивну багатоступінчасту турбіну з валом електричного генератора (1884 р.), поклавши цим початок основному агрегату найбільших електростанцій – *турбогенератору*. Він же вперше замінив суднову парову машину турбіною на невеликому швидкохідному судні «Турбінія». До кінця XIX ст. завод Парсонса освоїв випуск надійних в експлуатації турбін, а 1899 р. став поворотним у впровадженні нового типу двигуна. Цього року були встановлені і випробувані дві парові турбіни на електростанції в Німеччині для приводу генераторів трифазного струму.

До кінця XIX ст. парові турбіни почали будувати в Німеччині, Швейцарії, Франції, США і Австро-Угорщині. Не дивлячись на те, що за витратою пари турбіни ще відставали від поршневих парових машин, за всіма іншими показниками вони зарекомендували себе як найбільш зручний і економічний для станцій в цілому двигун для приводу швидкохідних генераторів електричного струму. Так почалося використання парових турбін, що застосовуються в техніці й нашого часу.

Новим типом двигуна в кінці XIX ст. стає *газова турбіна*, позбавлена недоліків парових двигунів, які істотно ускладнювалися і дорожчали через необхідність споруджувати для них генератор па-

ри – парові казани. Передбачалось, що вона стане й ефективнішою, ніж поршневі двигуни з поворотно-поступальними рухомими частинами, обмеженими за швидкохідністю, особливо при зростанні потужності двигуна. Проте будівництво газової турбіни зіткнулося з великими труднощами, головними з яких є необхідність застосування жаротривких сталей і створення економічного компресора.

Як перша ступінь до подолання цих труднощів пропонувалися двигуни, що працюють на парогазовій суміші. Поршковий двигун на парогазовій суміші, що пропонувався, наприклад, вітчизняним морським інженером Шмідтом, виявився неприйнятним у зв'язку із стиранням робочих поверхонь циліндра твердими частинками суміші.

Перша ефективна газова турбіна була спроектована в Кронштадті морським інженером П. Д. Кузьминським. 1895 р. Кузьминський

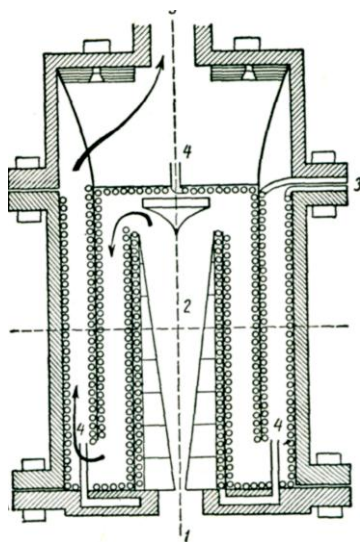


Рис.7.18. Проект «газопаророду» Кузьминського П.Д.: 1 – топливна форсунка, 2 – факел горіння, 3 – підвід води, 4 – вихід водяної пари, 5 – вихід парогазової суміші, [20].

отримав привілей на камеру згоряння для генерації парогазової суміші, названу ним «газопарород». У передній стінці камери на поздовжній її осі встановлювалася форсунка, факел якої займав конічний простір усередині камери. Вода під тиском близько 50 атм. поступала в камеру через змієвик, поступово нагріваючись і перетворюючись на пару при вході в камеру. Тут з суміші газу (продукту горіння) і пари виходила робоча суміш, що поступала на лопатки турбіни. Робота Кузьминського гальмувалася відсутністю жаротривких сплавів, і він не зміг довести до кі-

нця будівництво газової турбіни. 1900 р. Кузьминський помер, а подальший розвиток газової турбіни відноситься вже до початку ХХ ст.

Таким чином друга половина ХІХ ст. характеризується зародженням первинної енергетики, яка за розвитком старих агрегатів (парових казанів, гідравлічних турбін) і виникненням нових (парова та газова турбіни) підготувала матеріальну базу нової, комплексної енергетики з її широкими можливостями щодо електрифікації промисловості і транспорту.

8 Історія розвитку водного транспорту

8.1 Водний транспорт стародавнього та античного часу

Купецтво Месопотамії охоче перевозило свої товари водним шляхом. Невеликий вантаж переправляли через річки та канали на *поромі*, а люди та худоба слідували за поромом уплав. Для транспортування вантажів використовували також прості, але надійні річкові судна двох типів: *куфу* – сплетена з лози велика корзина, яку обтягували шкірою, а дно заливали асфальтом, та *келек* – дерев'яний пліт на надутих шкіряних бурдюках. У Перській затоці плавали на *дерев'яних парусних суднах*, керованих досвідченими корабельниками.

У Стародавньому Єгипті, як уже було відзначено, основним транспортним засобом були *річкові судна*. В епоху Стародавнього Царства судна для перевезення зерна, худоби, овочів та іншого вантажу існували в усіх великих господарствах.

З VII ст. до н.е. греки почали будувати палубні судна з командою на 50 веслярів – *пентеконтери* та кораблі з двома рядами веслярів – *дієри*. Винаходом, який зробив Грецію багатою країною, було створення судна *трієри*, у якому веслярі сиділи на трьох ярусах.

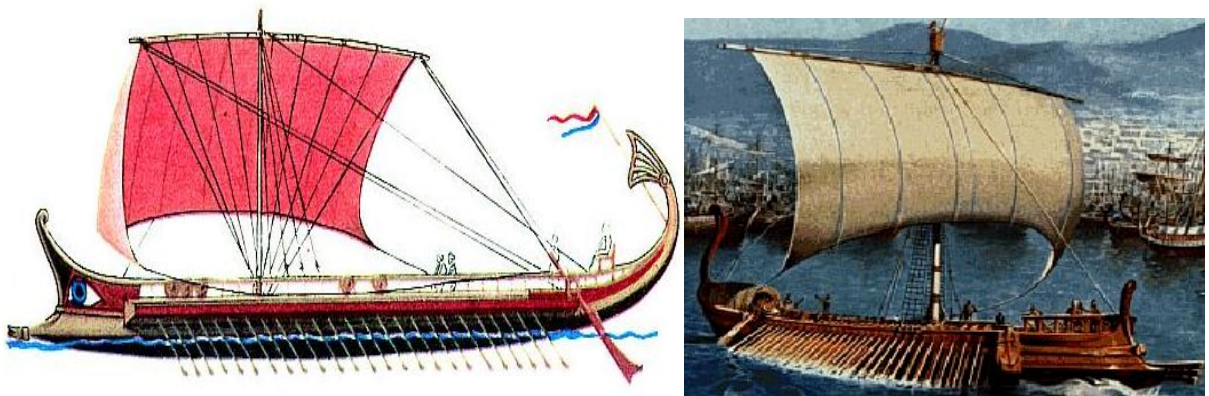


Рис.8.1. Грецькі пентеконтера (а), [2] та дієра (б), [103].

Винахідником трієри вважається *Амінокл* з Корінфа. Довжина трієри складала 40-50 м при ширині 5-7 м, екіпаж мав 150-170 веслярів та 20-30 воїнів, водотоннажність – близько 230 т. Крім весел судна мали від однієї до трьох щогл, кожна з яких несла одне чотирикутне вітрило. Для плавання проти вітру грецькі моряки використовували додаткове трикутне вітрило.

Матеріалом для спорудження суден були сосна, модрина, ялиця і інші породи хвойних дерев, зрідка дуб. За свідченнями стародавніх авторів, величезним комерційним судном була «Сиракузянка», побудоване близько 200 р. до н.е. архітектором *Архиєм* з Корінди і його помічником – *Архімедом*. Судно мало водотоннажність 4200 т, довжину 90 м і ширину 15,5 м. На спорудження корабля, що продовжувалося рік, було витрачено стільки лісу, скільки зазвичай йшло на будівництво 60 великих галер. У роботах брало участь 300 теслярів, не рахуючи допоміжний персонал. Корпус скріпляли мідними цвяхами масою 4–6 кг кожен, для чого в наборі, що скріплювався, просвердлювали заздалегідь отвори. Корпус був обшитий свинцевими пластинами з прокладками із просмоленого полотна. Вода з трюму відкачувалася за допомогою гвинта Архімеда. На борт «Сиракузянка» могла прийняти 2 600 т вантажу, не рахуючи провіанту для екіпажу. Для захисту від нападу на судні було встановлено вісім бойових дерев'яних башт та три щогли з камнеметними катапультами. На трьохпалубному судні розташовувалося безліч пасажирських кают, пишні парадні зали, бібліотека, величезний сонячний годинник, баня з трьома ваннами і баком для прісної води, гімнастичні зали, сад, акваріум, велика кухня, стайня і величезний трюм. Головні приміщення були багато оздоблені і прикрашені картинами, статуями і вазами.

Римські торгові кораблі, так само як і грецькі, були парусними, і лише за потреби використовували весла. На суднах застосовувалася обшивка вгладь: окремі дошки не перекривалися, а розташовувалися впритул одна до іншої. Їх кріпили мідними або залізними цвяхами і конопатили паклею та воском. Управління судна складалося з рульових весел на кормі. У передній частині судна, на палубі, споруджувалася надбудова для захисту від негоди. Судна розділялися на ряд категорій — залежно від розмірів, тоннажу, форми і функцій.

За часів імператора *Калігули* (I ст. н. е.) для нього був споруджений розважальний, розкішний і просторий корабель довжиною близько 70 м і завширшки 17,5 м. Воно було зроблене з дерева, плоскодонним, з невеликою посадкою. На палубі був розбитий квітучий парк. Порожністі колони з обпаленої глини служили опорами для верхньої палуби. Зовнішня обшивка судна, була виконана з свинцевих пластин. Підлоги у внутрішніх приміщеннях були викладені мармуром.

Розвиток морської торгівлі в Греції стимулював створення торгових гаваней, захищених хвилерізами. У великих приморських центрах будувалися обширні склади для зберігання товарів, верфі і доки для будівництва кораблів і їх ремонту. Такі гавані були споруджені в Піреї, Сиракузах, на острові Делос і т.д.

За часів Римської імперії на Апеннінському півострові було проведено немало судноплавних каналів, деякі з них були в той же час і осушними. Римляни багато займалися впорядкуванням портів, будувалися сигнальні башти-маяки. Однією з крупних морських споруд римської епохи став порт, побудований в I ст. н.е. недалеко від Риму. Порт було обнесено величезною захисною стіною, що

надійно відгороджувала порт від морських бурь. Бухта з'єднувалася з р. Тібром широким і глибоким каналом, здатним пропускати морські судна. На початку III ст. н.е. в порту був побудований величезний шестикутний басейн для стоянки суден, що збільшив площу гавані удвічі. Римляни розвернули широке будівництво портів і в своїх провінціях.

Найбільший маяк античної епохи, одне із чудес світу, був споруджений на острові Фарос в александрійській гавані архітектором *Состратом Кнідським* за наказом *Птолемея II*.

Александрія, заснована 332 р. до н.е., розкинулася в дельті Нілу. Це було одне з перших міст епохи еллінізму, споруджених за єдиним планом. Гавань Александрії була незручною, оскільки Ніл несе маси мулу та каменів, що призводить до утворення мілин. Щоб мореплавання було без-

печнішим, вирішено було побудувати маяк на острові Фарос, на підході до Александрії. 285 р. до н.е. острів з'єднали з материком греблею, і архітектор Сострат Кнідський приступив до робіт. Маяк будувався 5 років і був триповерховою баштою заввишки 120 м. У основі маяк має квадрат зі стороною 30 м, перший шістдесятиметровий поверх башти був складений з кам'яних плит і підтримував сорокаметрову восьмигранну башту, облицьовану білим мармуром. На третьому поверсі, в круглій, обнесеній колонами башті, вічно горіло величезне багаття, що відбивалося складною системою дзер-



Рис.8.2. Александрійський маяк, [107].

кал. Дрова для багаття доставлялися вгору спіральними сходами з допомогою возів, запряжених ослами.

Маяк був і фортецею – форпостом Александрії, і наглядовим постом: з його вершини можна було розгледіти ворожий флот задовго до того, як той наближався до міста. На башті знаходилася безліч дотепних технічних пристосувань: флюгери, астрономічні прилади, годинник тощо.

8.2 Початки мореплавства у східних слов'ян

Історія вітчизняного флоту починається з найдавніших часів. Територією України несуть свої води безліч річок, її південні береги омивають Чорне та Азовське моря, тому і не дивно, що судноплавство на українських водах почалося дуже давно.

Східні слов'яни почали освоювати мореплавання Азовським, Чорним і Середземним морями вже в VI-VIII ст. Походи київського князя Олега з дружиною до Константинополя 907 р. довели надійність слов'янських суден.

При князеві Ігореві флот налічував більше 500 суден, які плавали Чорним, Азовським і Каспійським морями. При потребі

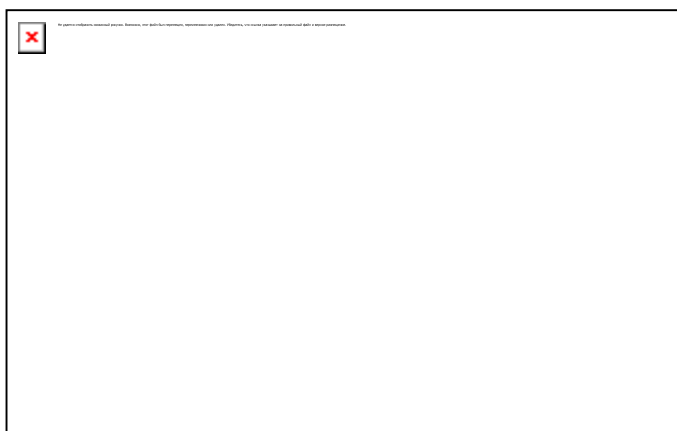


Рис.8.3. Човен (ладдя) східних слов'ян, V-VI ст., [5].

судна перетягували волоком з Дону до Волги і назад. Найбільш поширеними у той час були такі типи суден: скедії, ладді і кораблі. Найбільшим човном була ладдя, на якій розміщувалося 40 і більше

чоловік. Для збільшення місткості до видовбаного з цілого дерева корпусу з боків нарощувалися борти з дощок. Ладдя несла велике багато орнаментоване полотняне вітрило.

8.3 Вершина вітрильних суден

Географічні відкриття XV-XVII ст., здійснені мореплавцями на порівняно невеликих судах, але з довершеним парусним спорудженням, яке дозволяло йти проти вітру, зробили величезний вплив на подальший розвиток суднобудування. Морська торгівля і кораблебудування стали найважливішими галузями господарства ряду європейських держав. Португалія, Іспанія, Голландія і Англія, стали могутніми і багатими в першу чергу завдяки морській торгівлі.

У XVIII ст. суднобудівники продовжували створювати судна на замовлення торгових компаній та військові кораблі. У першій половині XIX ст. у зв'язку зі зростанням міжнародного товарообміну, морської торгівлі і морського суперництва між країнами стали збільшуватися розміри і швидкості суден. У результаті подальшого вдосконалення форми вантажних парусних суден дальнього плавання з'явився новий тип суден – кліпери, які володіли високою швидкістю і хорошими морехідними якостями. Кліпери служили для перевезення пасажирів і найбільш цінних вантажів, наприклад, австралійської шерсті, китайського чаю і т.п. (звідси й назва – чайний кліпер). Першими освоїли спорудження кліперів великих розмірів американці, батьківщина яких була багата прекрасним і дешевим деревом, придатним для їх створення.

Завдяки порівняно великій вантажопідйомності і перш за все швидкості ходу, деякі кліпери набули всесвітньої популярності. Найбільший з них – американський трьохмачтовий "Грейт Ріпаб-

лік" водотоннажністю 5400 т і довжиною майже 100 м, збудований 1853 р.. Для його спорудження було витрачено біля 7 000 м³ соснового лісу і білого дуба, 340 т заліза і 6 т міді. Він мав вітрила загальною площею 6020 м².

У історії суднобудування за ним збереглася слава найбільшого в світі кліперу ХІХ ст. з дерева і досить швидкохідного судна – перехід з Нью-Йорка до Ліверпуля він здійснював за 19 діб. Парусник ходив між Нью-Йорком і Каліфорнією (в період "золотої лихоманки"), а потім до 1872 р. здійснював регулярні рейси між Англією і Південною Америкою.

До наших днів зберігся тільки один з кліперів ХІХ ст.– англійський парусник "Катті Сарк", побудований в Шотландії 1869 р. З 1957 р. він стоїть в доці в м. Грінвічі, як пам'ятник.

Заслугує уваги майстерність китайських суднобудівників, які ще на початку ХV ст. створили найбільший в світі морський флот, що складався більше ніж з 2000 суден. У нього входила і гігантська морехідна дев'ятищоглова джонка «Чжен Хе» завдовжки 164 м і водотоннажністю 3100 т. Це, очевидно, найдовший дерев'яний парусник.



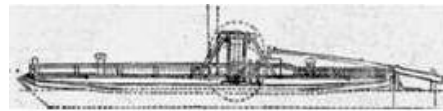
Рис.8.4. Кліпер "Грейт Ріпаблік", 1853 р., [109].

У Росії 1879 р. була побудована наливна баржа завдовжки 160 м, призначена для перевезення нафти з Баку до Нижнього Новгороду. 1892 р. американці побудували дерев'яне судно – чотирьохщогловий барк «Роанок», який мав довжину 101 м, ширину 15 м і вантажопідйомність 5000 т. 1910 р.

у США була збудована шестищоголова шхуна «Вайомінг», водотоннажністю 8,5 тис. т – найбільше дерев'яне судно в світі.

8.4 Розвиток водного транспорту з двигуном

Думка про створення корабля, що міг би плисти проти вітру і плинів, приходила людям дуже давно. Йти під вітрилом річкою, дотримуючись звивистого русла зі складним фарватером, часто було неможливо, а рухатися на веслах проти плину – досить важко. Вже в середньовіччі деякі механіки пропонували використовувати для руху корабля водяне колесо, що приводилося б у дію людьми або тваринами.



Можливість руху суден проти течії ріки розглядав і російський винахідник *Іван Кулібін*. «Водохід» – так було назване судно Кулібіна, яке було вдало випробуване 1782 р. 1804 р., у результаті випробування іншого «водоходу» Кулібіна, його судно було офіційно визнане «обіцяючим великі вигоди державі» [16]. Але далі офіційних визнань справа не пішла, усе скінчилося тим, що створене І. П. Кулібиним судно було продано з торгів на зламвання

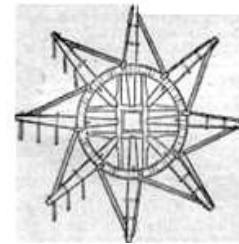


Рис.8.5. «Водохід»
І.Кулібіна, 1782 р.,[22].

Все ж реальна можливість побудувати швидкохідне саморушне судно з великою вантажопідйомністю з'явилася тільки після винаходу парового двигуна.

8.4.1 Перші пароплави

Одна з ранніх зареєстрованих вдалих спроб застосування механічної сили для руху суден відбулася 1783 р. у Франції. Баржеподібне судно завдовжки 45 м, обладнане паровою машиною, що приводила в рух бортові гребні колеса, виявилось здатним пересуватися проти течії річки. Крім парової машини, судно мало вітрила. Це судно назване «Піроскаф» спроектував та збудував *Клод Жоффруа д'Аббан* визнаний ініціатором застосування сили пари для руху суден.

Достатньо численні спроби використання механічної сили на судах були зроблені в США. Так, 1784 р. *Джеймс Рамсей* випробував паровий човен завдовжки 24,4 м з водометним рушієм, у якого рушійна сила човна створювалася виштовхуванням з нього струменем води. Досліди Рамсея виявилися не досить вдалими.

Проте, перший в історії пароплав, споруджений американцем *Фітч* 1786 р. приніс йому комерційний успіх, тому і «пальма першості» в історії пароплавства віддається Фітчу. Він же побудував 1787 р. другий пароплав «Персеверанс». Цікаво, що в обох випадках Фітч відмовився від використання гребного колеса. На першому його пароплаві машина надавала руху веслам, які наслідували рухові весел у руках весляра на човні.

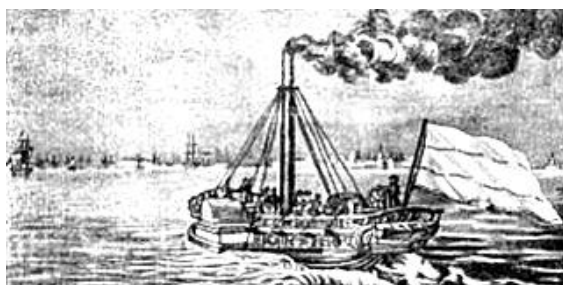


Рис.8.6. Перший пароплав Фітча, 1786 р., [16].

У другому пароплаві Фітча весла були замінені гребним гвинтом, у використанні якого цей винахідник набагато випередив свій час. 1788 р. "Персеверанс" уже виконував регулярні рейси

між Філадельфією і Бурлінгтоном, перевозячи по 30 пасажирів. Усього він пройшов близько 1000 км. Незважаючи на очевидний успіх Фітча, його винахід не одержав у цей час розвитку і загинув разом з винахідником.

У Англії перший пароплав з'явився 1788 р. – це двокорпусне судно з двома гребними колесами збудували *Патрік Міллер* і *Уільям Саймінгтон*. Судно випробовувалося на шотландському озері Даллвінгтон та досягало швидкості до 5 вузлів/год..

1792 р. до Англії приїздить *Дж. Рамсей* та будує паровий човен "Колумбія Мейд". Як рушій на ньому знову використаний водомет. Човен міг розвивати швидкість 4 вузли/год.

Уільям Саймінгтон 1802 р. в Англії будує пароплав "Шарлота Дундас" завдовжки 17 м, з паровим двигуном потужністю 12 к. с. – перший буксир і перше судно з кормовим гребним колесом. Новинкою була встановлена на нім парова машина прямої дії, тобто з прямою передачею від штока до колінчастого валу без проміжного балансира.

8.4.2 Роботи Роберта Фултона

Р. Фултон народився в Америці. 1786 р. від'їжджає до Великобританії вчитися живопису, проте зацікавившись інженерною справою, бере участь в будівництві каналів, шлюзів, водопроводів, розробляє конструкції машин для розпилювання мармуру, прядіння льону, скручування вірвовок і інш. Далі Фултона захоплює проблема застосування пари для руху суден. Ще 1794 р., познайомившись із роботами *Саймінгтона*, він переконався, що найкращим двигуном для саморушного корабля може бути тільки парова машина Уатта подвійної дії.

Невдовзі він іде до Парижу, де багато думає над формою, проєкціями й обрисами майбутнього судна. Перш ніж приступити до будівництва саморушного судна, він проводив досліди з метровою моделлю судна, що приводилася в рух пружиною. Після ряду невдач, у серпні 1803 р. Фултон проводить перше вдале випробування судна з паровим двигуном Уатта. Протягом півтори години пароплав рухався зі швидкістю 5 км/год і показав гарну маневреність. Фултон пропонує свій пароплав Наполеону, але той не зацікавився цим винаходом.

Ще з 1801 р. *Лівінгстон* наполегливо кликав Фултона в Америку, пропонуючи фінансову підтримку у будівництві пароплава. В кінці 1806 р. Фултон все ж погоджується на переїзд до Нью-Йорка. З поча-

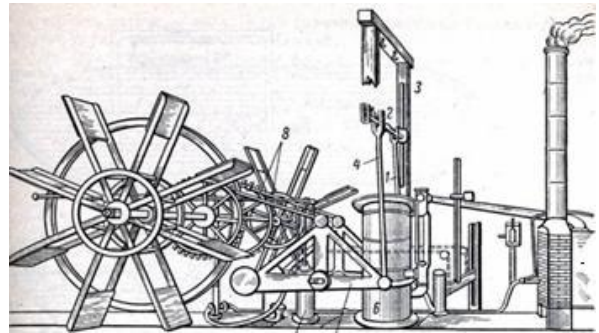


Рис.8.7. Механічна частина пароплава «Клермонт», 1807 р.,[19].

тку весни 1807 р. Фултон закладає корпус пароплава, для якого вже була замовлена в Англії парова машина Уатта. Установка її на судно була дуже складною справою. Усі питання Фултону доводилося вирішувати самому, тому що не зміг знайти жодного досвідченого механіка. Пароплав, названий згодом «Клермонтом», був порівняно невеликим судном. Він мав тоннаж 150 т, довжина корпусу складала 43 м, потужність двигуна – 20 к.с. На ньому були встановлені дві щогли, і з першою нагодою в допомогу машинам піднімали вітрила.

Нічим особливим цей пароплав не відрізнявся від своїх більш ранніх попередників, однак саме йому призначено було відкрити нову еру в історії судноплавства. У тім же 1807 р. «Клермонт» відправився у свій перший рейс, що завершився цілком успішно. На

весь шлях з Нью-Йорка в Олбані, довжиною 150 миль, здійсненому проти плину і проти вітру, "Клермонт" витратив 32 год, покривши усю відстань винятково за допомогою парового двигуна. Згодом Фултон налагодив постійні рейси на цьому річковому шляху. На пароплаві малися три великі каюти. Одна – на 36, інша – на 24, третя на 18 пасажирів з 62 спальними місцями. Крім того, на ньому розміщалися кухня, буфет і комора. За перший же рік експлуатації "Клермонт" дав прибуток у 16 тисяч доларів.

У наступні роки компанія Фултона–Лівінгстона побудувала ще кілька парових кораблів, а вже 1815 р. їй належало 16 пароплавів. Один з них, "Коннектикут" мав 60-сильну машину і тоннаж близько 500 т.

У подальшому Фултон збудував декілька пароплавів з водяним колесом, в тому числі й *перше в світі віськове парове судно «Демоголос»*, яке використовувалось у війні з англійцями. Але заслуги Фултона значно вищі, ніж створення першого в історії суднобудування комерційно вигідного пароплава. Він першим знайшов спосіб взаємної ув'язки корпусу, парової машини і гребних коліс, тобто зробив винахід, якого вимагав промисловий розвиток.

Останні роки життя Фултон працював над проектом каналу між Великим озерами та Нью-Йоркською гаванню.

1840 р. в США тільки на одній Міссісіпі і її притоках крейсувало вже понад тисячу річкових пароплавів. У той же час парові судна стали освоювати морські маршрути.

8.4.3 Підкорення водних просторів пароплавами

Перший морський перехід здійснив пароплав американця *Джона Стівенса «Фенікс»* – у червні 1809 р. він пройшов з Нью-Йорка до Філадельфії.

1819 р. американське парусно-парове судно "Савана" уперше перетнуло Атлантичний океан за 27,5 днів і прибуло з Америки в Англію.

У перші роки пароплавні рейси були, по суті, експеримента-



Рис.8.8. Пароплав «Сіріус», [110].

льними. І лише 1838 р., майже через півстоліття після створення Фітчем свого судна, англійський колісний пароплав під назвою "Сіріус" завдовжки 63,4 м,

потужністю 320 к.с. з 40 пасажирами перетнув Атлантичний

океан при безперервній роботі парової машини. Це стало можливим після винаходу 1834 р. поверхневого конденсатора, що виключив необхідність періодичного (через кожні три-чотири дні) гасіння топки для чищення казанів від накипу.

Витіснення вітрильників навіть, з дальніх ліній почалося 1881 р. після 42 добового рейсу пароплава "Абердін" з Англії до Австралії з однією тільки зупинкою для прийому вугілля. На ній були встановлені високоекономічна парова машина потрібного розширення і казани високого тиску. Через п'ять років після цього рейса загальний тоннаж існуючих в світі пароплавів порівнявся з тоннажем парусників і незабаром вся земна куля була оперізана пароплавними лініями.

8.4.4 Пароплави із заліза

До першої половини XIX ст. єдиним матеріалом для спорудження суден було дерево, яке володіє природною плавучістю, легко піддається обробці, що значно спрощує технологічний процес

будівництва суден. Проте ще в XVIII ст. корабельні ліси в таких країнах, як Англія, Франція, були майже повністю винищені, і будівельну деревину доводилося вивозити здалеку, наприклад з Канади або Нової Зеландії. Крім того, неухильно зростаючий об'єм вантажоперевезень і військово-морське суперництво держав вимагали збільшення розмірів суден, що в свою чергу ставило проблему пошуку надміцних конструкцій, які неможливо було створити з дерева. Ще однією з головних причин заміни дерева залізом стало застосування на судах парової машини, при роботі якої внаслідок вібрацій, швидко виникали пошкодження корпусних конструкцій. Спроби підсилити корпус для запобігання цим явищам приводили до збільшення маси.

1784 р. англійський металург *Генрі Корт* отримав патент на виготовлення залізних листів і фігурних смуг шляхом плющення їх на вальцях. До цього листи і смуги виготовлялися куванням з подальшою обробкою прасувальними молотами. Спочатку винахід Корта знайшов застосування при виготовленні парових казанів, потім, з 1787 р., стали будувати із заліза баржі завдовжки близько 20 м і вантажопідйомністю 20 т для перевезення вантажів. 1818 р. в Англії будується парусник «Вулкан» із заліза. 1822 р. перший залізний пароплав «Аарон Менбі» завдовжки 36 м та паровою машиною в 80 к.с. пройшов вниз по р. Темзі від Лондона, перетнув Ла-манш і потім р. Сеною прийшов до Парижа. Його корпус був виготовлений з листів товщиною 6,3 мм, а зсередини – обшитий деревом. Це англійське судно розвивало швидкість до 9 вузлів/год.

1834 р. під час шторму на мілину сіло англійське залізне судно «Гарі Оуен» і декілька дерев'яних суден. Більшість дерев'яних суден розбилися, а залізне отримало лише незначні пошкодження.

Це було переконливим і вагомим доказом переваг залізного судна. Залізо стає основним суднобудівельним матеріалом.

8.4.4.1 Пароплави Брюнеля

Один з видатних інженерів часів промислової революції – *Ісамбар Брюнел* (1806–1859), француз за походженням, який жив та творив в Англії. Брюнел зробив великий внесок в будівництво кораблів. Перший корабель, сконструйований Брюнелем, називався «Грейт Вестерн» (1837 р.), у якому інженер хоч і дотримався загальноприйнятих технологій свого часу – дерев'яне судно, рухоме колесами і вітрилами, проте у проекті він застосував ряд власних



Рис. 8.9. Парусно-парове судно «Грейт Вестерн», 1837 р. ,[109].

ідей. Його довжина складала 70 м, тоннаж – 1340 т, середня швидкість 8 вузлів/год. У квітні 1838 р. «Грейт Вестерн» став першим пароплавом, що перетнув Атлантичний океан без дозаправки. Розрахунки Брюнеля виявилися правильними, оскільки, коли корабель прибув до Нью-Йорка, в його бункерах ще залишалося 200 тонн вугілля. Перше плавання зайняло всього

15 днів – рекордний термін на ті часи. Надалі це судно вперше успішно проклало підводний телеграфний кабель через Атлантику.

1840 р. за проектом Брюнеля був збудований перший пароплав з гребним гвинтом. Найбільший у той час гвинтовий корабель мав водотоннажність 600 т, а водотоннажність наступного пароплава «Грейт Брітн» складала 3618 т. Судно з машинною установкою потужністю 1500 к.с. розвивало середню швидкість 12 вузлів/год. Корпус пароплава складався з ряду відсіків із п'ятьма поперечними

водонепроникними перегородками, що розділяли судно. Своє перше плавання на відстань 5200 км до Нью-Йорка судно здійснило в липні 1845 р. за 14 днів і 21 годину. Пароплав «Грейт Брітн» протягом 36 років здійснював рейси до далекої Австралії, а під час Кримської війни 1853-56 р.р. перевозив англійські війська. З 1970 р. «Грейт Брітн» – в музеї пароплавства у м. Брістолі.

Ще одне судно, сконструйоване Брюнелем, було найбільшим за всі спроектовані ним споруди (тільки 1907 р. у світі з'явиться гігантський лайнер «Луїзітанія») – «Грейт Істерн», який був споруджений 1858 р. Довжина корабля складала 206 м, ширина – 24 м, його водотоннажність – 18 914 т, розвивав швидкість 15 вузлів/год. Корабель мав вітрила загальною площею 5270 м². Корпус був розділений на 10 водонепроникних покриттів від киля до ватерлінії з відстанню в один метр між зовнішньою і внутрішньою поверхнями. Судно приводилося в рух гребним колесом і гребним гвинтом. Корабель був розрахований на 4000 пасажирів і 400 членів екіпажу.

Плавання «Грейт Брітн» до Австралії підштовхнуло Брюнеля на створення судна здатного без дозаправки долати великі відстані. Але потужність корабля в порівнянні з його розмірами була невеликою, до того ж лише декілька портів могли прийняти таке велике судно.

Перше плавання «Грейт Істерн» Брюнелю не судилося побачити. У вересні 1859 р., коли «Грейт Істерн» відправився у випробувальний рейс, Брюнель помер. Одним з найважливіших досягнень судна стало прокладання дном океана трансатлантичних кабелів у 1865-66 р.р.

8.5 Парова турбіна як рушій корабля

Турбіна є машиною, що перетворює енергію стислої водяної пари безпосередньо в механічну енергію обертального руху її валу. До широкого впровадження в суднобудуванні парової турбіни майже сто років на судах переважали парові поршневі машини. Це пояснюється тим, що для будівництва турбіни був потрібен значно вищий клас точності роботи машинобудівників.

Ще 1893 р. на озері Меллерн в Швеції *Лаваль* проводив експерименти на човні з паровою турбіною активного типу потужністю 15 к.с., що оберталася з частотою 16 000 об./хв та приводила в рух через редуктор гребний гвинт.



Рис.8.10. Перше турбінне судно «Турбінія», [110].

1894 р. *Чарльзом Парсонсом* було побудовано широко відоме турбінне судно «Турбінія» водотоннажністю 44,5 т з трьома паровими турбінами реактивного типу потужністю 2100 к.с., з безпосереднім приводом на дев'ять гребних гвинтів, яке розвивало швидкість до 35 вузлів/год.. На «Турбінії» при тиску пари 14,8 атм. турбіни витрачали 13,2 кг пари на 1 к.с. за годину, що менше, ніж у аналогічної за потужністю установки з поршневими паровими машинами того часу.

1899 р. в Англії було побудовано два восьмигвинтові ескадрені міноносці – «Вайпер» і «Кобра» – водотоннажністю 370 і 390 т з паровими турбінами потужністю 12 000 к.с., що дозволяли мати швидкість до 37 вузлів/год.

Перший комерційний річковий пароплав «Кінг Едуард» водо-

тоннажністю 700 т з турбінним двигуном був збудований 1901 р. в Англії для пасажирського сполучення річкою Клайд. Цей пароплав мав типову для того часу установку, що складалася з трьох турбін, кожна з яких приводила в рух свій вал при сумарній потужності близько 3500 к.с., що дозволяло рухатись зі швидкістю близько 20,5 вузлів/год.

1903 р. турбіна вперше була застосована на морському комерційному судні – англійському пароплаві «Куїн», що здійснював рейси між Калі і Дувром. У тому ж році зійшов на воду перший англійський турбінний крейсер «Аметист». 1905 р. з'являються англійські трансатлантичні турбоелектроходи «Вікторіан», «Віргініан», «Карманія» і, нарешті, 1907 р. – «Лузітанія» і «Мавританія». Останні два гіганти мали потужність турбінних двигунів по 70 000 к.с. з безпосереднім приводом гребного гвинта.

1910 р. Парсонс розмістив на вантажному пароплаві «Веспасіан» турборедукторну установку, що поклало початок застосуванню парових турбін на тихохідних суднах. Використання редуктора дозволило створити паротурбінні агрегати надвеликої потужності достатньо високої економічності і досить невеликих габаритів.

Відомо, що паротурбінна установка найбільшої потужності встановлена на сучасному американському атомному авіаносці «Ентерпрайз» водотоннажністю 89 600 т. Вона складається з чотирьох головних турбозубчастих агрегатів потужністю по 75 000 к.с..

8.5.1 Дизельні двигуни у суднобудуванні

Двигун Дизеля – й сьогодні є найбільш економічним зі всіх існуючих теплових машин: його к.к.д. наближається до 50%, що

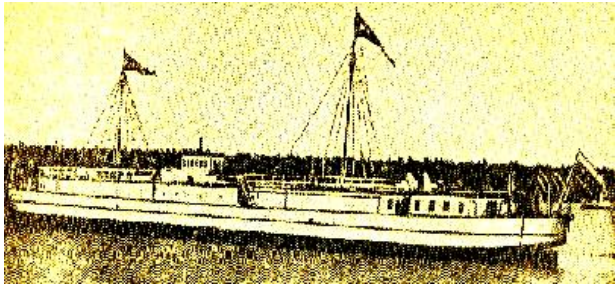


Рис.8.11. Перший у світі дизель-електроход «Вандал», 1903 р., [21].

дження дизелів як головних двигунів водного транспорту

Починаючи з 1903 р. розпочинається ера теплоходів, перший із яких – дизель-електрохід річкова нафтоналивна баржа "Вандал" водотоннажністю 1150 т. «Вандал» був збудований на Виборзькій стороні в Петербурзі інженерами *К.В. Хагелінім* *М.А. Биковим* та *Р.А. Корейво*. Його приводили в рух три дизельних двигуни по 120 к.с., що забезпечувало швидкість руху 7,5 вузлів/год.. Наступного року було збудовано ще один теплохід «Сармат», який розпочав регулярні рейси між Петербургом та Рибінським. Того ж року у Франції було збудовано річкове дизельне судно «Пті Пьер» потужністю 25 к.с. з прямою передачею потужності на гребний гвинт. Це було перше в світі судно з реверсивним двигуном Дизеля.

1904 р. дизельний двигун вперше встановлюють на бойовому кораблі – французькому підводному човні «Егретт» водотоннажністю 175 т і потужність 200 к.с., а з 1907 р. в Північному морі почала плавати шведська шхуна «Оріон», на якій був встановлений реверсивний дизель потужністю 60 к.с.

1910 р. голландський дизельний танкер «Вулкан» вантажопідйомність 1000 т, потужність 400 к.с. ознаменував початок застосування дизелів на океанських торгових судах. 1912 р. вийшло в море данське судно «Зеландія» водотоннажністю 9800 т з двигуном потужністю 2400 к.с., яке поклало початок застосуванню дизелів на

значно вище від к.к.д. парових і газових турбін, чи бензинових двигунів. Висока економічність, простота, надійність і довговічність зумовили виняткове розповсю-

найбільш численній групі морських торгових суден – сухогрузах. В даний час майже всі судна цієї групи мають дизельні енергетичні установки. Згодом дизелі майже повністю витіснили як з морських, так і з річкових суден двигуни інших типів. Зараз частка теплоходів в світовому торговому флоті складає 96 %. Відзначимо, що найбільший в світі теплохід – танкер «Берті піонер» споруджено у 1980-1981 р.р. (Японія) має водотоннажність 372 000 т.

8.6 Судна для роботи у вічних льодах

Перші парові судна-криголами були збудовані ще в 30-х р.р. XIX ст. у Північній Америці. Гребні колеса складали саму ненадійну частину суден, тому з 50-х років XIX ст. для роботи у районах вічної криги починають будувати пароплави з гребними гвинтами. Експедиція американських суден «Терор» і «Еребус», яка призначалася для пошуку Північно-західного водного проходу довела ефективність парових машин в льодових умовах.

Перший криголам «Іммер» з дзель-електричною установкою потужністю 9 000 к.с. і водотоннажністю 4300 т був збудований у Швеції 1933 р.

Радянський паровий криголам великої потужності «Сибір» збудований 1939 р. мав водотоннажність 9 000 т і потужність 10 000 к.с. з повним запасом палива міг знаходитися в морі до 20 діб, а аналогічні дзель-електроходи при рівному запасі палива – до 40 діб.

Для бувшого Радянського Союзу навігація північним шляхом мала особливе значення. Адже шлях від Мурманська до Владивостока північними морями більш ніж в 2 рази коротше, ніж морський шлях через Суецький канал і Індійський океан.

1959 р. був збудований перший у світі атомний криголам «Ленін», що полегшило плавання в складних умовах Півночі. Трьохгвинтовий криголам «Ленін» водотоннажністю 17 300 т здатний просуватися безперервним ходом зі швидкістю 2 вузла/год в суцільному крижаному полі завтовшки до 2,4 м. Цей криголам потужністю 44 000 к.с. може працювати без поповнення запасів палива 210 діб, оскільки добова витрата палива складає всього 200 г, тобто близько 70 кг за рік.

Настання нової ери в полярному мореплаванні ознаменував похід атомохода «Арктика» (нині "Леонід Брежнев") до Північного полюса. 17.08.1977 р. цей криголам, пройшовши крізь важкі льоди арктичних морів та став першим в світі надводним кораблем, що досяг в активному плаванні Північного географічного полюса Землі. Водотоннажність цього трьохгвинтового судна 23 500 т, потужність 75 000 к.с., довжина 148 м, ширина 28 м, висота борту 17,2 м, він може розвивати швидкість на чистій воді 21 вузлів/год і долати лід завтовшки понад 4 м. Корпус криголама виконаний суцільнозварним з високоміцної сталі. Рух криголама забезпечується трьома гребними електродвигунами частотою обертання 130-185 об/хв, що живляться струмом напруги в 1 кВ від двох безредукторних турбогенераторів потужністю 27 000 кВт кожен. Пара тиском 30 атм. і температурою 300°C виробляється двома автономними блоками атомної парової установки. Атомохід був закладений 03.07.1971 р. на Балтійському заводі в Ленінграді та спущений на воду 26.12.1972 р..

8.7 Зародження вітчизняного водного транспорту

Родоначальником перших російських пароплавів стало судно, збудоване 1815 р. в Петербурзі на заводі *Карла Берда* і відоме в літературі під назвою «*Єлизавета*». Його корпус мав довжину 18,3 м, ширину 4,57 м. Встановлена на судні парова машина потужністю 4 к.с. з частотою обертання валу 40 об./хв приводила в дію бортові колеса діаметром 2,4 м і шириною 1,2 м, що мали по 6 лопатей. Над палубою судна підносилася залізна труба заввишки 7,62 м, що несла на собі при попутному вітрі вітрило. Швидкість пароплава досягала 10,7 км/год. Перший офіційний рейс пароплав Берда зробив з Петербургу до Кронштадта 3.11.1815 р. з середньою швидкістю 9,2 км/год..



Рис.8.12. Перший російський пароплав «Єлизавета», [110].

Поява перших дніпровських пароплавів пов'язана з іменем графа *Воронцова*. Побачивши 1815 р. пароплав Берда, граф вирішив і собі побудувати подібний.

Для керівництва роботами він запросив із-за кордону німецьких механіків, залучив 1500 кріпаків, та привіз необхідні для будівництва матеріали й паровий двигун. 1820 р. у Мошенському маєтку на р. Вільшанці (на Черкащині) було зведено примітивну пароплаводобудівну верф. Першим пароплавом, побудованим на ній, була «*Бджілка*». Установленням та регулюванням парового двигуна у 6,5 к.с. керував місцевий коваль *Вернигора*.

23.04.1823 р. всі роботи було закінчено і «Бджілка», оснащена примітивними водяними колесами, попливла Вільшанкою до

Дніпра. 27.04.1823 р. пароплав із Черкас прибав до Катеринослава. Упродовж двох років «Бджілка» відбуксовувала баржі. Під час великої повені граф Воронцов переправив «Бджілку» через дніпровські пороги вниз до Херсона, де збув пароплав місцевому поміщику. Тут, під час урагану в районі Голої Пристані, пароплав затонув.

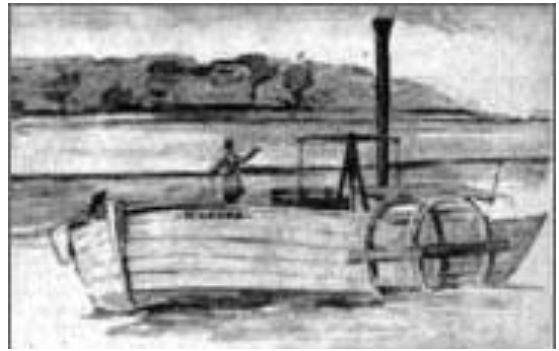


Рис.8.13. Перший український пароплав «Бджілка», [111].

Того ж 1823 р. у Мошнах побудували і другий пароплав – «Надія», який до 1825 р. ходив у межах середнього Дніпра, а потім був проданий херсонським підприємцем. «Надія» може по праву вважатися *першим морським пасажирським пароплавом в Україні* – вона здійснювала рейси Чорним морем до Одеси.

1846 р. на Черкащині з'явилися пароплави генерала *Мальцева*. У Черкасах було споруджено причал і невеликий будинок-вокзал. З 1850 р. здійснював по Дніпру свої рейси пароплав «Вісла», що належав поміщику *Пуловському*.

1853 р. на Мліївському машинобудівному заводі братів-підприємців *Яхненків* і *Симиренків* було збудовано *перший на Дніпрі металевий пароплав «Українець»*, а згодом ще один – «Ярослав».

До речі, династією Семиренків створено перші парові цукрові заводи не тільки в Україні, а й в Росії, збудовано перші металеві пароплави на Дніпрі, запроваджено перше промислове виробництво пастили й мармеладу, закладені перші карликові промислові фруктові сади, створено майже мільйон пристойно оплачуваних робочих місць на заводах і в садах у часи кріпаччини і реформ. З



Рис.8.14. Перший металевий пароплав «Українець»

1815 р до кінця XIX ст.. в усій Російській імперії відома була Торгова марка «Брати Яхненки і Смирєнко».

1858 р. в Києві було створено акціонерне "Товариство пароплавства на Дніпрі та його притоках", а Черкаси починають розвиватися як річкове портове місто. З'явилися нові професії, пов'язані з річковим транспортом, – машиніст, шкіпер, кочегар, лоцман тощо. Поблизу урочища Митниця виросло пристанське господарство з причалами, складами та адміністративними будинками. 1860 р. Дніпром ходило 21 парове судно, а через 20 років їх було вже понад 60. На Дніпрі встановили бакени, аби пароплави без проблем проходили фарватер уночі.

9 Поява та розвиток сухопутного транспорту

9.1 Сухопутні засоби пересування стародавнього та античного періоду

Найпоширенішим транспортом у Месопотамії служив нав'ючений осел. У Новоасирійську добу з'явився верблюд. Вантажі іноді перевозилися на дво- чи чотириколісних візках, у які впрягали ослів, або на спеціальних дерев'яних платформах, поставлених на котки.

Бездоріжжя та потреба раз у раз переправлятися через канали робили гужовий транспорт у Месопотамії ненадійним, тому торговці охочіше перевозили свої товари водним шляхом.

Розвивати сухопутні засоби комунікації в долині Нілу, яка щороку затоплювалася повеневими водами, стародавнім єгиптяни було складно. Доводилося задовольнятися тимчасовими дорогами, які пролягали дамбами та греблями. Для зміцнення дамб єгиптяни обсаджували їх обабіч кущами й деревами. Дорогами служили також сухі русла рік, проте користуватися ними було небезпечно, адже під час дощу вони перетворювалися на трясовину.

Подорожували єгиптяни по-різному, залежно від своїх можливостей. Бідняки покладалися на власні ноги, люди середнього статку їхали верхи на ослі, вельможі користувалися престижним *паланкіном* — носилками, на яких закріплювався стілець чи крісло. В епоху Нового Царства знать захоплювалася їздою на міцних й елегантних колісницях, запряжених парою коней. Правив колісницею візник чи сам пасажир. Відомо, що у II тис. до н. е. Фаюмський оазис було сполучено з портовим містом Дельти дорогою, викладеною чорними кам'яними плитами.

Великий вантаж єгиптяни транспортували на дерев'яних санках, в які впрягалися люди чи бики. Дорогу перед санками поливали, щоб полозки не загорілися від тертя. Колесо єгиптяни знали ще в епоху Середнього Царства, проте колісний транспорт не набув у них поширення, оскільки він руйнував дороги-дамби.

Для перевезення та пересування сушею в античні часи існували різні типи дорожніх возів. Так, двоколісні вози в Стародавній Греції мали достатньо високі суцільні дерев'яні колеса, а тяговою силою були коні, мули чи осли. Існували вози для перевезення людей — *охоси* та *схеми*, які служили для перевезення вантажів. Римляни для поїздок використовували дво- та чотириколісні вози. Для невеликих подорожей користувалися легкою двоколкою — *биротою*, або легкою колісницею — *еседою*, відкритою спереду і запряженою парою коней. Найбільш популярним серед двоколісних дорожніх екіпажів був карпентум — віз італійського походження, в який упрягали двох або чотирьох коней чи мулів.

Серед чотириколісних возів була поширена *реда* — великий місткий віз, який тягнули пара або четвірка коней; у ньому могли розміститися 7-8 чоловік. Реда використовувалася для далеких переїздів, перевезення багажу, пошти тощо. Багато чотириколісних возів відрізнялися елегантною обробкою. Найрозкішнішою була *каррука* — відкрита дорожня карета з високим кузовом, легка й швидка, чудово оздоблена зовні та зручна всередині. У цьому возі можна було не тільки чудово відпочити, але й виспатися. Для перевезення важкої поклажі римляни використовували чотириколісні вози. Найбільш важкі вантажі перевозилися на возі з низькими, дуже міцними колесами, виточеними з однієї колоди, без спиць.

У античних державах серед міської знаті поширення набули носилки, які виготовляли з дерева та сплетених вербових лозин, які були зверху покриті балдахіном, а всередині – вистелені подушками.

9.2 Перші парові візки

Близько 1599 р. середньовічні торговці зі Сходу повідомляли, що їм зустрічалися картинки парусних колісниць на стародавніх китайських картинах. Нідерландський математик та інженер *Саймон Стевін* (1548-1620) на основі цієї ідеї сконструював візок, руханий вітрилами. Він був здатний везти 28 чоловік із швидкістю 34 км/год.

1672 р. бельгієць *Фербіста* створив досить масивну іграшкову парову машину, котра рухалась силою пари води. Ідею використовувати реактивну силу пари для саморушного візка висував й великий Ісаак Ньютон близько 1680 р.

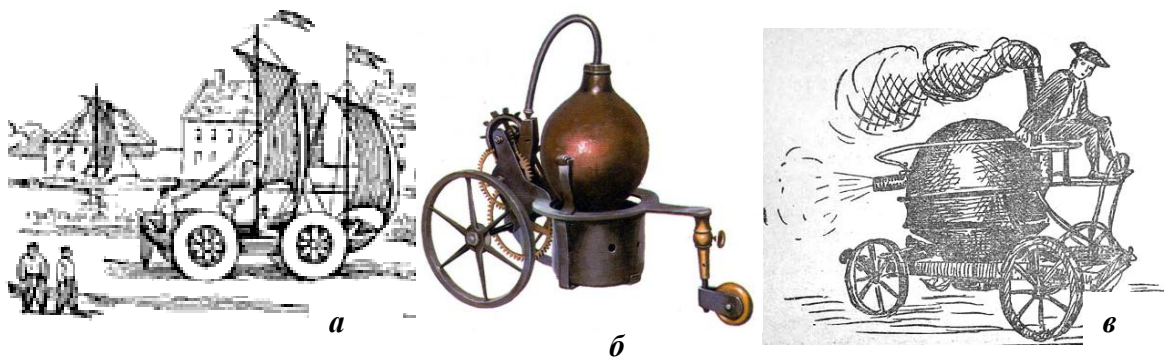


Рис.9.1. Парусник Стевіна (а) [30], паровик Фербіста (б) [68] та ідея реактивного автомобіля Ньютона (в) [39].

Лише 1769 р. *Ніколя Куньо* використав парову машину як двигун для саморушного візка-тягача, котрим транспортували важкі гармати. Щоправда, запасу води цього транспортного засобу вистачало всього на 10-15 хв руху – після цього казан потрібно було зно-



Рис.9.2. Паровий тягач Н.Куньо, 1769 р., [20].

ву заправляти водою і розклада-ти під ним багаття. Але як би там не було, машина рухалася зі швидкістю 3,5 км/год і мала вантажопідйомність 2,5 т. Щоправда керувати нею було складно. Треба було по чергово впускати пару в один із двох

циліндрів, відкриваючи відповідні вентиля, і з величезним зусиллям повертати передок, на якому кріпилося ведуче колесо, парова машина і котел з топкою. Часто механік не міг впоратися з керуванням, і тягач наштовхувався на різні перешкоди.

Досить вдалу спробу створення парового візка здійснив помічник Уатта – *Уільям Мердок*. Він раніше інших зрозумів, що двигун паромобіля повинен відрізнитися за конструкцією від стаціонарної парової машини. Для того щоб візок крім себе самого міг перевозити корисний вантаж, двигун повинен бути компактним, легким і потужним. Насамперед, Мердок підвищив тиск у циліндрі до 3-3,5 атм.. Він також вважав необхідним відмовитися від конденсатора і випускати відпрацьовану пару “на вихлоп” в атмосферу. 1786 р. У. Мердок спорудив перший діючий паровий візок.

Через непорозуміння з Уаттом, Мердоку довелося залишити свої експерименти. На щастя, при дослідях Мердока був присутній тямущий і допитливий підліток – *Річард Тривайтік* (у деяких джерелах – *Тривітік*). Побачене склало



Рис.9.3. Паровий візок Тривайтіка, 1801 р.,

на нього величезне враження, і він присвятив своє життя створенню парових саморушних транспортних машин. Почав Тривайтік з того, на чому зупинився Мердок. Спочатку він сконструював паровий двигун підвищеного тиску, що працював “на вихлоп” без конденсатора. Потім у 1801-1803 р.р. побудував кілька парових візків, що досить успішно їздили з Кемборна в Плімут. Власне кажучи, це були *перші в історії паромобілі*, якими керували двоє: водій та кочегар. Але до винаходу пневматичних шин внаслідок відсутності доріг їздити на таких машинах могли тільки ентузіасти.

9.3 Зародження залізничного транспорту

Історія паровоза поєднує в собі дві історії: історію рейкового шляху й історію локомотива. У гірничій справі рейкові дороги із дерева стали використовувати ще з XV-XVI ст.. З 1738 р. рейки стали виготовляти з чавуну, а на початку XIX ст. – зі сталі (чавун унаслідок своєї крихкості, швидко руйнувався). Довгий час залізничні колії споруджувалися тільки на рудниках, але потім одержали поширення пасажирські дороги з кінною тягою. Одна із перших рейкових доріг була улаштована 1801 р. в Англії між Уондсвортом і Кройдоном.

Локомотив же з’являється лише після використання парового двигуна як рушійної сили.

9.3.1 Перші паровози

1803 р. у Тривайтіка виникає ідея поставити паровий автомобіль на рейки. 1803–1804 р.р. він створює свій перший

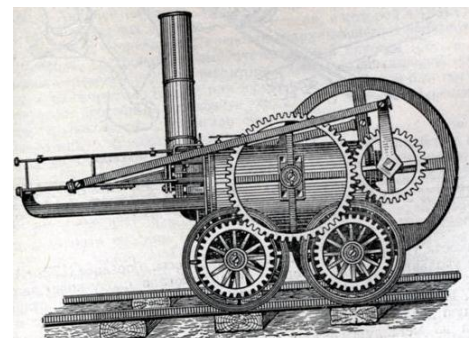


Рис.9.4. Перший паровоз Тривайтіка, 1804 р., [21].

паровоз, який являв собою циліндричний паровий котел, укріплений на двох осях. Топка розташовувалася спереду під димарем, а візок з вугіллям, де сидів кочегар приходилося причіпляти попереду паровоза. Довгий горизонтальний циліндр 210 мм у діаметрі мав хід поршня – 1,4 м. Шток поршня далеко видавався перед паровозом і підтримувався особливим кронштейном. З однієї сторони паровоза мала складна зубчасто-колісна передача на обидві осі, з іншого боку – велике махове колесо, як у фабричної парової машини. За багатьма показниками цей перший в історії паровоз мав досить добрі характеристики: при власній вазі в 5 т він порожняком рухався зі швидкістю до 26 км/год та міг транспортувати зі швидкістю 8 км/год п'ять вагонів загальною вагою 25 т. Тривайтік не був упевнений, що тертя між колісьми та рейками буде достатнім для поступального руху паровоза. Тому зовнішня частина колеса, що видавалася за рейки, була уतिकана голівками цвяхів, що вдавлювалися в бруски, покладені паралельно рейкам. Утім, досить швидко Тривайтік переконався, що паровоз міг прекрасно пересуватися гладкими рейками та тягти за собою кілька вагонів. Незважаючи на свої гарні ходові якості, перший паровоз не викликав до себе інтересу. Справа в тім, що Тривайтіку доводилося демонструвати своє дітище на Мертир-Тидвільській кінній залізниці – важкий паровоз постійно ламав чавунні рейки. Було очевидно, що для нього доведеться будувати спеціальні шляхи, однак власники рудників, яких Тривайтік хотів зацікавити паровозом, не хотіли вкладати гроші в будівництво нової дороги і відмовилися фінансувати винахідника.

У наступні роки Тривайтік сконструював і побудував ще кілька паровозів. Паровоз 1808 р. був подальшим кроком уперед: Тривайтік забрав громіздку зубчасту передачу, рух від вертикального ци-

ліндра передавався за допомогою простих шатунів із кривошипами на задню вісь, частина відпрацьованої пари йшла на підігрів води в казані, частина випускалася через звужений отвір у димар для посилення тяги в топці. Цей удосконалений паровоз порожняком розвивав швидкість до 30 км/год, однак і ця машина нікого не зацікавила. 1811 р., остаточно збанкрутівши, Тривайтік змушений був припинити свої досліди.

Довгий час серед механіків було поширене переконання, що гладке колесо не може котитися гладкою залізничною рейкою. 1813 р. механік *Муррей* побудував за проектом *Бленкістона* паровоз, що пересувався звичай-

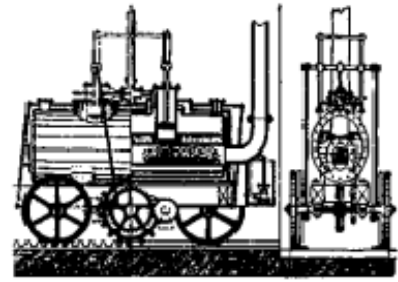


Рис. 9.5. Паровоз Бленкістона-Муррея, 1813 р., [21].

ними рейками і мав колеса з гладкими ободами. Але рух здійснювався за допомогою зубчастого колеса, що котилося зубцюватою рейкою, прокладеною поруч із гладкими рейками. Машина мала два парових циліндри. Кривошипи двигунів були зміщені один відносно іншого на 90° . Коли один з них виявлявся в мертвій точці, інший в цей час діяв з найбільшою силою. Це був перший паровий двигун подвійної дії, здатний починати роботу з будь-якого положення кривошипа. Паровоз Муррея міг транспортувати 20 т корисного вантажу зі швидкістю 6 км/год.

Винахідники *Блекетт* і *Хедлей* – експериментально довели, що тертя ведучих коліс візка (тобто тих коліс, що одержували привід від двигуна) у 50 разів перевищує тертя коліс, що вільно котилися рейкою, тобто фактично показали, що завдяки природному тертю ведучих коліс будь-який локомотив міг тягти вантаж, у 50 разів більший власної маси. 1815 р. *Блекетт* і *Хедлей*, маючи у своєму

розпорядженні креслення Тривайтіка, змогли скористатися багатьма його наробітками й побудували власний паровоз. Дуже довго конструктори билися над проблемою, що стояла перед усіма винахідниками паровоза того часу, як зменшити навантаження на вісь, щоб локомотив не ламав рейок. Нарешті було знайдено рішення: Блекетт і Хедлей поставили котел на одну раму з тендером та підсилили її трьома парами коліс, так що паровоз мав усі три ведучі вісі. Тільки після цього він перестав псувати рейковий шлях.

9.3.2 Паровози Стефенсона

Тим часом, завершення війни з Наполеоном, привело до зміни ринкової кон'юнктури. Англія вступила в період нового промислового підйому. Попит на вугілля різко підвищився, у результаті чого власники шахт усе гостріше стали усвідомлювати нестаток у паровому транспорті. Тепер багато хто з них готовий був фінансувати досліди з будівництва паровозів. Над ідеєю парової тяги в Англії трудилося відразу кілька десятків механіків, що розробляли різні конструкції паровозів. Вдалішими інших виявилися локомотиви, сконструйовані та побудовані *Джорджем Стефенсоном*. 1812 р., будучи головним механіком Кілінгуортських копалень, Стефенсон запропонував їхньому власникові *Томасу Лідделу* проект свого першого паровоза. Той погодився оплатити його будівництво. 1814 р. робота була закінчена. Паровоз, що одержав ім'я "Блюхер", включився в роботу з обслуговування рудника. За конструкцією паровоз був без зубцюватого ведучого колеса, мав два вертикально поставлених парових циліндри; тендер був відділений від паровоза і причеплений позаду. "Блюхер" міг перевозити вантаж вагою 30,5 т, але не міг брати крутих підйомів і розвивав з навантаженням

швидкість всього 6 км/год. Причиною невдачі була слабка тяга. Відпрацьована пара випускалася прямо в повітря, а не в трубу, де вона могла б підсилити тягу в топці. Цей недолік Стефенсон усунув у першу чергу. Після того як відпрацьована пара стала надходити в трубу, тяга підсилилася, Ліддел охоче дав гроші на продовження дослідів.

1815 р. Стефенсон побудував свій другий паровоз. Вертикальні парові котли були поставлені прямо над осями, і рух від поршнів передавався безпосередньо на ведучі осі, спарені між собою ланцюгом. 1816 р. був закінчений третій паровоз "Кіллінгуорт", у якому Стефенсон уперше застосував ресори. Однак тоді ж йому стало остаточно ясно, що доти, поки чавунні рейки не будуть замінені залізними, кардинальних поліпшень чекати не приходиться. Залізо було в кілька разів дорожче чавуну, і власники неохоче йшли на будівництво таких дорогих доріг.

Стефенсон довів, що паровози вигідно використовувати лише тоді, коли сила їхньої тяги достатньо велика. Для того щоб паровози могли возити великі вантажі та розвивати значні швидкості, необхідно не шкодуючи ніяких витрат, переробити існуючі кінні дороги, зм'якшити ухили й підсилити рейки. Ці ідеї Стефенсону удалося реалізувати через кілька років. 1821 р. один із шахтовласників *Едгард Піз* заснував компанію з будівництва залізниці від Дарлінгтона до Стоктона та доручив її спорудження Стефенсону. Загальна довжина дороги складала 56,3 км. Стефенсону вдалося переконати Піза та його компаньйонів укласти на половині довжини дороги залізні рейки замість чавунних, хоча ті й коштували вдвічі дорожче.

1825 р. дорогою урочисто пройшов перший потяг з 34-х вагонів. «Шість з них були навантажені вугіллям і борошном, на інших – розміщені ослони для публіки. Тяг усі ці вагони новий паровоз, яким керував сам Стефенсон. Середня швидкість його була 10 км/год. Усього за цей рейс було перевезено більше 600 пасажирів. Разом з іншим вантажем ця публіка важила близько 90 т»[16]. У зв'язку з успішним будівництвом Дарлінгтон-Стоктонської дороги ім'я Стефенсона стало широко відомо.

1826 р. рада директорів транспортної компанії Манчестер-Ліверпульської дороги запропонувала Стефенсону посаду головного інженера. Будівництво цієї дороги представляло велику складність, оскільки вона проходила досить пересіченою місцевістю. Довелося зводити безліч різноманітних штучних споруд: 63 мости, тунель довжиною 2,4 км у скельному ґрунті, виїмку у високій піщаній скелі, спорудити плотину через торф'яні болота.

1829 р., коли дорога наближалася до свого завершення і треба було вже думати про рухомий склад, компанія оголосила конкурс на кращу конструкцію локомотива. Стефенсон виставив свій новий паровоз "Ракету", збудований за останнім словом тодішньої техніки. Ще 1826 р. він розробив конструкцію локомотива з похилим циліндром, що дозволяло зменшити шкідливий простір у циліндрах, був також значно удосконалений паровий котел і вперше були застосовані димогарні трубки. Надії, що Стефенсон покладав на свій витвір, цілком виправдалися. «10 жовтня "Ракета", йдучи порожняком, розвила рекордну для тих часів швидкість 48 км/год, при власній вазі 4,5 т цей паровоз вільно рухав потяг загальною вагою 17 т зі швидкістю 21 км/год. Швидкість руху паровоза з одним пасажирським вагоном досягала 38 км/год» [16]. Саме "Ракету" мо-

жна вважати цілком завершеним паровозом, тому що вона мала всі найважливіші риси пізніших локомотивів:

- топка була оточена водою котла;
- котел був розташований горизонтально та мав димогарні труби;
- пара йшла в димар, що підсилювало тягу та збільшувало температуру топки;
- сила пари рухала колеса через шатуни без усяких зубчастих передач.

9.3.3 Перший російський паровоз

На початку ХІХ ст. розвиток промислового виробництва в Росії став гальмуватися із-за недостатньої енергетичної бази. Виникла потреба в парових двигунах і деякі уральські власники заводів вже почали їх будувати, як правило, за допомогою іноземних фахівців. Перша з відомих парових машин була встановлена на Гумешівській копальні власника Турчанінова ще 1799 р. Пізніше з'явилися машини на Югівському та Златоустівському заводах.

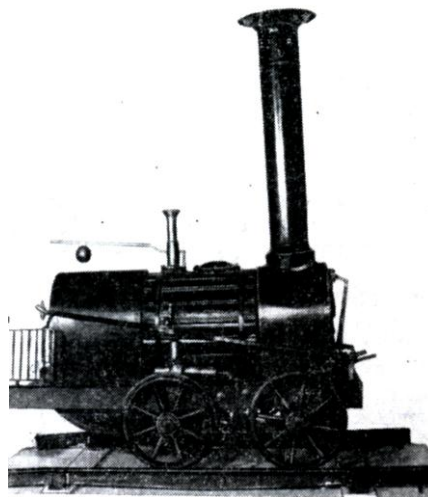
Пропозиції *Юхима Олексійовича Черепанова* (1774-1842) про спорудження парових двигунів не зустрічали підтримки власника заводів та копалень Демидова. Та все ж, незважаючи на недовіру та атмосферу повної недоброзичливості, невтомний винахідник 1820 р. побудував свою першу парову машину. Черепанов розглядав цей двигун як універсальний, здатний приводити в дію найрізноманітніші машини та верстати, а також відкачувати воду з шахт. Важливою умовою, що забезпечила спорудження парових машин, з'явилося створення Юхимом Черепановим на початку ХІХ ст. особливого "механічного закладу" при Війському заводі, де під його

керівництвом працювали ковалі, слюсарі та теслярі. Спочатку в цій майстерні виготовлялися різні верстати, механізми й їхні деталі. З часом вона перетворилася на Вийську машинобудівну фабрику.

1821 р. Демидов направляє Юхима Черепанова до Англії, доручивши йому розібратися в причинах падіння збуту уральського заліза за кордоном. Черепанов головну мету свого відрядження бачив ще й у вивченні зарубіжної техніки, хоча йому це й не наказувалося. Англійські машинобудівні та промислові фірми, що ретельно охороняли свої секрети і монополію на міжнародну торгівлю па-



Рис. 9.6. Юхим та Мирон Черепанови та їх «дітище», 1834 р., [33].



ровими двигунами, зустріли приїзд Черепанова недоброчливо. Проте Черепанов зумів скласти собі ясне уявлення про англійську машинну техніку, у той час найбільш передову. Поза сумнівом, знайомство з нею зробило позитивний вплив на всю подальшу творчість уральського механіка. Черепанов першим помітив зв'язок між технічною відсталістю виробництва уральського заліза і падінням його збуту, оскільки конкуруючі металургійні підприємства Західної Європи могли одержувати та продавати залізо значно дешевше.

Відразу ж після повернення з Англії Юхим Черепанов ставить питання про перехід до прогресивнішої техніки, про спорудження

парових двигунів у першу чергу. Демидов лише в кінці 1823 р. поступився наполегливим проханням Юхима Черепанова і дозволив йому витратити дві тисячі рублів на спорудження невеликої парової машини. На початку 1824 р. машина вже була випробувана. Успіх її дії перевершив очікування Черепанових. Обійшлася вона їм трохи більше тисячі рублів при потужності в чотири кінські сили, тоді як іноземець *Берд*, що виготовляв машини для російських заводчиків, брав по тисячі рублів за кожну кінську силу двигуна.

Проте ідея заміни традиційних водяних коліс і кінної тяги силою пари не знаходила підтримки у керівників заводською контрою, вони не дозволили використовувати машину так, як хотів винахідник, і поставили її на мукомельний млин, де вона переробляла до 90 пудів зерна за добу. 1839 р. машина була передана на одну з платинових копалень для відкачування води. Такий тривалий термін дії машини є безперечним доказом її високої якості. Проте її будівельники і винахідники розглядали цю машину перш за все як праобраз майбутніх потужних парових машин універсальної дії.

Юхим та Мирон (1803-1849) Черепанови продовжували споруджувати нові машини для заводських потреб: починаючи з 1824 р., виготовили більше 20 парових машин потужністю від 2 до 60 к.с., створили чудові верстати — токарні, гвинторізні, строгальні, свердлильні. Ними були розроблені проекти і побудовані машини для виробництва цвяхів, штампувальні установки тощо.

Основними транспортними засобами того часу були гужова возка та тяга бурлаків. Пропозиція Черепанових про спорудження на Нижньотагільських заводах рейкової дороги з паровою тягою, як завжди, спочатку не була підтримана власником заводу. На початку 1830-х р.р. Мирон Черепанов вже зайнявся розробкою проектів

спорудження "парового воза", хоча ніяких офіційних дозволів ще не було отримано. Йому доводилося розраховувати при цьому тільки на власні творчі сили, а також на допомогу батька та Ф.І. Швецова, який був активним прихильником спорудження чавунних доріг і посідав у той час посаду головного інженера одного з демидівських заводів. Але 1833 р. Мирон Черепанов був відісланий спочатку в столицю, а потім до Англії для вивчення досвіду металургійної промисловості. За власною ініціативою він постарався побачити якомога більше паровозів і залізничних споруд, але розраховувати на глибоке ознайомлення з їх пристроєм і роботою він не міг. Господарі англійських залізниць дуже дорожили своєю монополією, щоб дозволити заїздному іноземцеві побачити внутрішній устрій хоч однієї машини, або тим більше зняти з неї які-небудь креслення.

Черепанови приступили до створення першого російського паровоза незабаром після повернення Мирона із закордонної поїздки в жовтні 1833 р. Робота йшла швидко й успішно, Черепанови придумали багато удосконалень. Наприклад, кількість пароутворювальних трубок в казані була доведена до 80 (у казані стефенсонівського паровоза "Ракета" їх було всього 25), було сконструйовано зручний механізм зворотного ходу та вирішено багато складних технічних завдань, що виникали в процесі спорудження паровоза.

У серпні 1834 р. перший російський паровоз був випробуваний. Він перевозив близько 3,5 т зі швидкістю до 15 км/год та мав горизонтально розташований казан у формі циліндра, завдовжки 1,7 м, діаметром 0,9 м. Два горизонтальні парові циліндри паровоза мали діаметр 178 мм. Чавунна дорога, по якій ходив перший паровоз Черепанових, мала довжину близько 800 м при ширині колії 1645

мм. Рейки на відміну від англійських колій, де застосовувалися кам'яні опори, були укладені на дерев'яних шпалах. Ширина російських кінних рейкових доріг на той час, не перевищувала 1 м. Внаслідок цього "чугунку" Черепанових закономірно вважають першою російською дорогою з широкою колією. Винахідники, звичайно, розуміли, що виготовлення рейок із заліза, а не чавуну значно підвищило б їх якість. Але знаючи, що заводське начальство і без того вважало їх "затію" дуже марнотратною, не наважилися навіть поставити це питання.

Свій другий, потужніший паровоз вантажопідйомністю до 17 т Черепанови випробували вже у березні 1835 р.. Витрати на нього складали менше півтори тисячі рублів. Дорога Нижньотагільських заводів, протяжністю до трьох кілометрів, була побудована досить швидко. Це вже була не експериментальна залізниця, а дорога, що виконувала істотні виробничі завдання. Вона виникла раніше Царськосільської (між Царським селом та С.-Петербургом, 1837 р.), про яку пізніше писали як про першу залізницю в Росії. І хоча це була рудовозна дорога і колія приватного користування, винахідники Черепанови мали такий технічний досвід, який міг бути широко використаний. Проте праці Ю.О. та М.Ю. Черепанових не отримали ні визнання, ні належного розвитку. Незважаючи на те, що завдяки Черепановим Росія стала другою країною в світі після Англії, де створювалися власні паровози, за часом уведення залізниць з паровою тягою, Росія посіла лише четверте місце після Англії, США і Франції.

9.4 Роботи зі створення тепловозів

Ідея використати двигун внутрішнього згорання як рушій локомотива належить Рудольфу Дизелю. 1912 р. у Швейцарії були проведені випробування першого тепловоза потужністю 960 к.с, створеного Дизелем і Клозе. 1913 р. в Німеччині спробували використувати цей локомотив для руху пасажирського потягу, але виявилось, що він не придатний для роботи потягу, оскільки розвивав достатню потужність лише при великих швидкостях, а при зрушуванні з місця і на підйомах потужності було недостатньо. З'ясувалося, що двигун внутрішнього згорання без спеціальної передачі між ним і рушійними колесами не може забезпечити необхідні тягові якості локомотива, що диктуються різноманітними чинниками роботи залізниці – профілем шляху, швидкістю руху, вагою потягу, погодою тощо. Отже, Дизелю не вдалося знайти прийняттого рішення стосовно механізму, за допомогою якого можна було б передати обертальний момент від двигуна до коліс локомотива.

Проектувалися і створювалися тепловози з механічною, електричною, гідравлічною, газовою й іншими типами передач. У роки першої світової війни фірмою "Крош" (Франція) були побудовані вузькоколіїні тепловози потужністю 120 к.с. з електричною передачею, а заводом Балдвіна (США) – з механічною передачею автомобільного типу. Проте, те що годилося для автомобіля, не підходило для тепловоза, призначеного для приведення в рух тисячотонних залізничних потягів. Потрібне було нове інженерне рішення.

Тільки на початку 20-х р.р. ХХ ст. *Я.М. Гаккелем* і *Ю.В. Ломоносовим* був розроблений принцип роботи тепловоза: двигун внутрішнього згорання перетворює тепло дизельного палива в механічну енергію колінчастого валу, що обертає якір генератора

постійного або змінного струму, який подається до тягових електродвигунів, що приводять в обертання колісні пари.

9.4.1 Роботи Юрія Ломоносова

Закінчивши Петербурзький інститут шляхів сполучення *Юрій Володимирович Ломоносов* отримав запрошення на Харківсько-Миколаївську залізницю, де посів посаду помічника директора депо. Саме в Харкові, разом з інженером *Андрієм Раєвським* Ломоносов почав конструювати та випробовувати локомотиви. І на три подальших десятиліття це стало головною справою його життя.

1899 р. Юрій Володимирович отримує місце викладача в Київському політехнічному інституті, де читає курс з теорії і управління локомотивами. Разом з групою студентів Ломоносов від'їжджає на Китайсько-східну залізницю для проведення робіт з її реконструкції, після чого його затверджують на посаді інспектора Російських державних і приватних залізниць. Але у Ломоносова, на щастя, вистачало часу й на винаходи. 1900 р. він представив свої конструкції на Міжнародній виставці локомотивів у Парижі, взяв участь у Міжнародному конгресі інженерів залізничного транспорту у Відні, де детально ознайомився з роботою австрійських та угорських інженерів.

До 1907 р. інженер Ломоносов вже керує відділом Єкатеринінської залізниці, де приходить висновку, що вдосконалювати паровози немає сенсу, майбутнє — за економічнішими локомотивами з двигунами

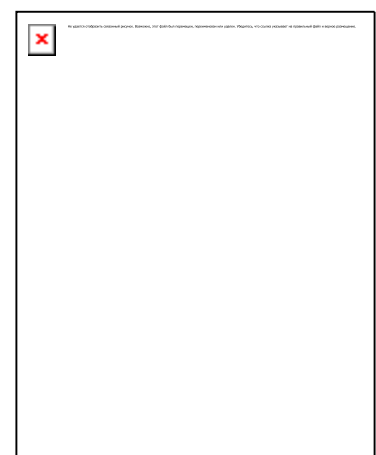


Рис.9.7. Ю.В. Ломоносов, [34].

внутрішнього згорання. Незабаром Ломоносов узявся конструювати локомотив-нафтовоз з фрикційною передачею на базі дизельного двигуна, при цьому полегшувалась вага нафтовоза та зменшувалась його вартість. До 1914 р. Юрій Володимирович вже стає визнаним авторитетом в області паровозобудівної техніки, захищає докторську дисертацію з динаміки локомотивів і стає наймолодшим професором Київського політехнічного інституту. Він створив нову науку — теорію тяги тепловозів, розробив наукові основи експлуатації залізниць, які виклав в книгах "Тягові розрахунки і додаток до них графічних методів" і "Наукові проблеми експлуатації залізниць". Разом зі своїми учнями ще 1908 р. він організував науково-дослідну установу — Контору дослідів над типами паровозів, перетворену після Жовтневої революції в Експериментальний інститут шляхів сполучення, а потім в Науково-технічний комітет.

Після Жовтневої революції в Росії, 1920 р. Юрія Володимировича призначили уповноваженим Ради Народних Комісарів із залізничних замовлень за кордоном. Разом з сім'єю він виїхав до Берліна, де займався закупівлею німецьких і шведських паровозів. А ще він узявся за створення першого вітчизняного тепловоза з електричною передачею. Йому вдалося зібрати прекрасний творчий колектив, до складу якого входили інженери *М.О. Добровольський*, *Е.В. Шветер*, професор *Ф.Х. Мейнеке*. Ломоносов узяв на себе конструювання холодильника та складання загального проекту. У основі першої конструкції дизель-електровоза ЮЕ-001 був дизельний двигун німецького заводу MAN потужністю 1200 к.с.. Електропривод тепловоза складався з одного тягового електрогенератора постійного струму та п'яти паралельно увімкнених в головний ланцюг тягових двигунів підвісного типу. Тяговий електрогенератор

був 12-ти полюсною електромашиною постійного струму потужністю 800 кВт. Вал тягового електрогенератора сполучений з валом дизеля напівжорсткою муфтою. Управління тепловозом здійснювалося за рахунок зміни напруги та струму тягового електрогенератора, зворотний хід — зміною полярності в якорях електродвигунів. Випробування тепловоза спочатку пройшли на заводі “Есслінген” під Штутгартом, де він і збирався, а потім в Росії. Радянський уряд роботу оцінив: 1925 р. тепловоз під номером ЮЕ-001 внесений до списку діючих локомотивів на залізницях Росії. Лише 1954 р. йому на зміну прийшли потужніші тепловози. Другий тепловоз з механічною передачею ЮМ-005 конструкції Ломоносова будувався на заводі “Гогенцоллерн” в Дюсельдорфі за участю фірми “Крупп”. Він прибув в Радянський Союз 1927 р. Обертальний момент від дизельного двигуна передавався провідним колесам через головну електромагнітну муфту та триступінчасту коробку передач. За час експлуатаційної роботи він пробіг близько 250 тис. км. До 1926 р., не дивлячись на всі заслуги і великий авторитет конструктора першого в Росії тепловоза, відношення до Ломоносова в Москві змінилося в гіршу сторону. Зваживши все, професор ухвалив важке рішення: не повертатися в СРСР. Одним з його небагатьох реалізованих технічних проектів, виконаних в Лондоні, де він оселився із сім’єю, стала конструкція сінокосарки, створена на основі деяких елементів конструкції першого дизельного локомотива. У Англії Ломоносов був нагороджений призом Бернарда Холу (1932 р.) та медаллю Стефенсона (1944 р.).

9.4.2 Паровози Якова Гаккеля

Яків Модестович Гаккель відомий інженер і професор С.-Петербурзького електротехнічного інституту розробив проект першого дизель-електровоза 1921 р., який вирішено було будувати на Балтійському заводі. 6.11.1924 р. тепловоз здійснив перші випробування.



Рис. 9.8. Гаккель Я.М. (1874-1945)

Зовсім не випадково Я. М. Гаккель називав цей локомотив дизель-електровозом. Ні дизель, ні електромотори самі собою привести цю машину в рух не могли. Тягові електродвигуни, що обертали колісні пари, отримували електроенергію від генератора, а той, у свою чергу, мав привід від дизеля. Щоб запустити дизельний двигун, як стартер використовувався той же генератор – в цьому випадку він працював в режимі двигуна, отримуючи енергію від акумуляторної батареї.

Основою силової установки був дизель заводу Віккерса: чотирьохтактна нереверсивна 10-циліндрова машина, що розвивала потужність 1030 к.с. при 395 об/хв. Паливо в циліндри подавалося механічним пульверизатором. Два генератори здатні були давати струм 1500 А при напрузі від 30 до 380 В. При паралельному з'єднанні генераторів максимальний струм зростав до 3000 А, а при послідовному їх з'єднанні напруга збільшувалася до 760 В.

Як тягові на тепловозі використовувалося десять двигунів потужністю по 100 кВт. Вони мали так звану трамвайну підвіску:



Рис.9.9. Тепловоз Гаккеля «Г¹», [35].

однією своєю стороною підвішувалися до рами, а другою спиралися на осі колісних пар. З останніми вали двигунів зв'язувалися через зубчату пару.

Тепловоз Гаккеля був прийнятий в інвентарний парк 30.12.1925 р., хоча після пробігу близько 60 тисяч кілометрів він в грудні 1927 р. був знятий з експлуатації. 1928 р. Гаккель з *Алексеевим* збудували новий тепловоз, який того ж року на Міжнародному конкурсі був визнаний кращим проектом тепловоза.

9.5 Роботи Піроцького зі створення трамваю

Попередницею трамваю – одного із видів рейкового транспорту, була міська залізнична дорога на кінній тязі – *конка*. Перша конка з'явилась в Лондоні. Англійський винахідник і підприємець *Джон О'Трам* ще на початку XIX ст. використав рейкову дорогу для пересування невеликих вагончиків з використанням спочатку кінної, а потім парової тяги. Таку дорогу, побудовану в Лондоні, назвали трамвай – *дорога Трама*. З тих пір слово „трамвай" стало назвою, спочатку для вуличних доріг з кінною та паровою тягами, а згодом і для електричних.

Винахідником електричного трамваю вважається Федір Піроцький. *Федір Анполонович Піроцький* народився 25.02.1845 р. в Лохвицькому повіті Полтавської губернії. З 1866 р. Піроцький почи-

нає службу в Київській кріпосній артилерії, де знайомиться з підпоручником саперного батальйону *Павлом Миколайовичем Яблочковим*, котрий як вважають суттєво вплинув на розширення кругозору молодого артилериста, а пізніше багато років життя віддав створенню електродвигуна для транспорту.

1876 р. Піроцький опублікував в «Інженерному журналі» результати своїх досліджень з передачі енергії достатньо товстим дротом, підвішеним на ізоляторах та перетворення електрики в механічну роботу, пристосувавши для досліджень покинуту залізничну вітку завдовжки 3,5 версти поблизу Петербурзького порту. Представник фірми «Сіменс і К^о» негайно відправив статтю своєму керівництву до Німеччини. І незабаром на Берлінській промисловій виставці демонструвалася можливість передачі електроенергії рейками для руху вагончиків — струм підводився спеціальною середньою рейкою і двома крайніми.

Подальші дослідження Ф. Піроцький продовжував разом з відомим теоретиком в області електротехніки *Володимиром Миколайовичем Чикольовим* (1845-1898). 12.04.1880 р. на першій спеціальній електротехнічній виставці в Петербурзі Піроцький демонстрував свої проекти та зробив доповідь «Передача сили на будь-яку відстань за допомогою гальванічного струму, у тому числі і для руху потягів» [18]. Розрахунки виконав відомий фізик професор *Дмитро Лачинов*. *Карл Сіменс* ретельно вивчив експонати Піроцького, перекреслив схеми та задав йому безліч питань. Через півроку в Берліні його брат *Вернер Сіменс* виступив з доповіддю «Динамо-електрична машина та застосування її на залізницях». 1881 р. їх фірма почала виготовляти вагони, конструкція яких співпадала з проектом Піроцького.

У цей час Піроцький успішно реалізовував свої ідеї власними силами. Все літо 1880 р. він переробляв один з вагонів кінної залізниці, підвісивши до рами електродвигун і редуктор, обертання від яких передавалося колесам. Поряд з лінією конки була побудована невелика електростанція. 22.08.1880 р. вперше був приведений у рух двоюрисний вагон, який став *першим у світі трамвайним вагоном з електродвигуном*. Випробування й одночасно демонстрація вагону, рухомого без упряжки, продовжувалися майже весь вересень, привертаючи увагу фахівців і простої публіки, викликаючи відгуки газет і протести власників конок.

Для вдосконалення конструкції трамвая у Піроцького не було засобів. Його ідеї були підхоплені за кордоном і в Росії достатньо могутніми фірмами та спроможними підприємцями. «Електрична конка» з розряду курйозів переходила в украй необхідний вид транспорту.

9.5.1 Перші трамваї в Києві

Транспортна проблема виникла перед Київською міською управою ще з 60-х років XIX ст., коли інтенсивно розвиваються промислові околиці міста, розширюються базари, відкриваються лавки, магазини, готелі. Київ стає великим залізничним вузлом. Але тільки 1886 р., коли конки вже діяли в Петербурзі, Москві, Одесі, Харкові, Київська управа оголосила конкурс на будівництво кінної залізниці. Переміг проект відомого інженера і підприємця *Аманда Струве*. Йому, випускникові Миколаївського інженерного училища в Петербурзі, не було ще і 30 років, коли він побудував мости через Москву-ріку й Оку в Коломні, потім поряд — в Серпухові, і відразу ж — найбільший в Європі залізничний міст через Дніпро в Києві.

30.07.1891 р. було відкрито рух кінною залізницею Жандармською вулицею. Вже наступного року Струве увів в експлуатацію нові лінії: від Хрещатику до Львівської площі, від Хрещатику до Кадетського шосе.

Ще у квітні 1890 р. Струве подав в Київську управу заяву про необхідність використати для «конки» електричну тягу. Проти цієї ідеї повстало поштово-телеграфне відомство, стверджуючи, що «перебіг електрики контактним дротом і рейкам заважатиме роботі телеграфу і телефону» [89]. Тим часом на своєму заводі в Коломні, побудованому для виготовлення мостових металоконструкцій, вагонів і паровозів, Струве організував проектування і виготовлення електричних конок-трамваїв. У Києві ж 1891 р. на найкрутішій ділянці Александрівської вулиці завдовжки в 1,5 км між Царською і Нижньою площами розвернулося будівництво трамвайної лінії.

2.05.1892 р. до Києва з Коломни прибули два моторизовані вагони, а 9 травня газета «Киянин» повідомила: «Відбулася пробна поїздка електричного вагону на Александрівській горі до Нижньої площі... Вагон йшов вгору і вниз по крутій горі цілком задовільно і міг зупинятися без всяких утруднень в різних пунктах ухилу» [34].

2.06.1892 р. на цій лінії було відкрито перший в Росії регулярний трамвайний рух. Все та ж газета «Киянин» відзначила: «Вагони переповнені публікою, до речі, багато пасажирів їздять декілька разів

вгору і вниз, цікавлячись цією важливою для Києва новиною». У 1893 р. трамвайна лінія була продовжена до Печерська; 1894-1898 р.р. — Володимирською і



Рис.9.10. Перший трамвай в Єлисаветграді, 1897 р..

Карваєвською вулицями; 1899 р. — від Бессарабки до Політехнічного інституту. Доходи будівельників нових ліній та електростанцій, а також експлуатаційників збільшувалися. Розвивався і Коломенський завод пана Струве. Там, окрім металокопункцій і паровозів, налагодили серійне виробництво трамваїв.

У Єлисаветграді (нині м. Кіровоград) трамвай з'явився 13.07.1897 р. Його будівельники: київський купець *Лев Ізраїльович Бродський*, його представник у Єлисаветграді – *М.С. Бродський* та інженер *А.А. Абрагамсон*.

9.6 Зародження автомобілебудування

Й до цього часу складно дати відповідь на запитання: «Хто винайшов перший в світі автомобіль з двигуном внутрішнього згорання?» Як свідчить безліч видань, сьогодні зареєстровано понад 400 претендентів на цей почесний титул, а першими все ж офіційно вважаються Г. Даймлер і К. Бенц. Проте слід пам'ятати як мінімум ще два прізвища, без яких навряд чи був би можливий прогрес в області створення автомобіля.

По-перше – це *Зігфрід Маркус* (1831-1898) – механік і електротехнік, який з 17 років працював в берлінській електричній компанії та мріяв побудувати свій саморушний екіпаж. 1864 р. він перебрався до Відня, де обладнав невелику слюсарну майстерню, створив іскрове запалення низької напруги від магнето з механічним переривником на головці циліндра, виготовив карбюратор, який обігрівався вихлопними газами. Побудований ним двигун внутрішнього згорання важив 280 кг, працював на рідкому паливі та був випробуваний у вересні 1870 р. на першому саморушному візку.

Новий компактніший двигун 1875 р. Маркус поставив на 4-х колісну дерев'яну раму від кінної прольотки. Передні колеса поверталися разом з віссю, а для управління було пристосовано невелике рульове колесо. Водій і пасажир сиділи на дерев'яній лавці в центрі машини, а передня вісь для амортизації мала гумові подушки. Задні колеса кріпилися до рами жорстко та



Рис.9.11. Автомобіль
З. Маркуса, 1875–1878 р.р.,
[23*].

забезпечувалися гальмівним пристосуванням. «Швидкість цього авто Маркуса складала 6-8 км/год, але винахід століття лякав собак і «доброчесних» громадян, тому автомобіль доводилося випробовувати ночами. Ніхто не виявив цікавості, хоча Маркус проїхав вулицями Відня біля 15 км, після чого автомобіль був заборонений поліцією, оскільки “чинив багато шуму”»[20*].

Дехто вважає, що Маркусу не вистачало знань, щоб довести свій винахід до логічного завершення, хоча відомо, що він був надзвичайно ерудованим, працював над винаходами в різних областях техніки: займався електричними лампами, зробив карбюратор, зареєстрував телефонне реле, мікрофон, гучномовець, електричні запобіжники для підводних мін й інше. Йому належать 76 патентів, з яких 29 стосуються конструкції автомобіля. І найголовнішим його досягненням було створення двигуна на рідкому паливі.

Після смерті винахідника його перший автомобіль став експонатом Технічного музею у Відні, поряд стоїть табличка: «Візок Маркуса, 1875 р. Готовий до дії» [23*].

1884 р. у Франції *Едуард Деламар-Дебутвілль* з допомогою свого здібного механіка *Леона Маландіна* побудував чотириколісний автомобіль з двигуном високого ступеня стиснення, що працював на легких фракціях гасу. Важливі складові елементи: розташовані вгорі клапани і потужність близько 2,5 к.с., – показували досягнуту на той момент часу ступінь досконалості.



Рис.9.12. Авто Делавара-Дебутвілля, 1884 р., [15*].

На жаль, Дебутвілль упустив можливість патентування свого винаходу, і, таким чином, його ім'я теж рідко згадується в історії автомобілебудування, хоча слід відзначити, що французи саме *Едуарда Деламара-Дебутвілля* визнають творцем авто з двигуном внутрішнього згоряння.

9.6.1 Роботи Бенца та Даймлера

Основоположниками автомобілебудування, які заклали дану галузь в Німеччині по праву є *Карл Бенц* та *Готліб Даймлер*.

1885 р. *Карл Бенц* (1848-1929) сконструював свій триколісний “візок з бензиновим двигуном”. Тоді ж *Готліб Даймлер* (1834–1900) побудував перший мотоцикл, а через декілька місяців, але вже 1886 р. – “візок” на моторній тязі.



Рис.9.13. Триколісний „Benz” (1885 р.) та перший „Daimler” (1886 р.),[19*].

Триколісне авто Карла Бенца стало першим у світі автомобілем, запущеним у промислове виробництво. Його двигун розташовувався горизонтально, позаду виступав величезних розмірів маховик. Двигун надавав руху заднім колесам за допомогою ремня, ланцюгів і простого диференціала. Найбільшим досягненням конструкторської думки можна було вважати наявність електричного запалювання та впускного клапана з механічним приводом. У першому варіанті робочий об'єм двигуна складав 985 см^3 , величина недостатня для розгону машини. Тому, для запуску у серійне виробництво на машину установили більш потужний двигун робочим об'ємом 1,7 л, а також двоступінчасту коробку передач. Потужність двигуна рік від року зростала: від 0,75 к.с. до 2,5 к.с. Цього було досить для розгону автомобіля до 19 км/год. Однак Бенц продовжував пошук, і незабаром його «дітище» успішно виступило у відомих тоді гонках London-to-Brighton Run, маючи середню швидкість 13 км/год. Промислове (у сучасному розумінні цього слова) виробництво автомобіля почалося з 1890 р.

1893 р. фірма "Benz" випустила перші серійні чотирьохколісні автомобілі. Незважаючи на їхню зовнішню примітивність, вони відрізнялися простотою, доступністю в технічному обслуговуванні, ремонті та довговічністю. Пізніше з'явилася й двоциліндрова модифікація, але первісні технічні рішення в основному залишалися незмінними.

Модернізація чотирьохколісного "Benz" (1893 р.) продовжувалася до 1901 р. Незважаючи на невибагливість конструкції, таких машин було випущено більше 2300 штук. 1903 р. Карл Бенц запропонував сучасний чотирьохциліндровий рядний двигун.

Даймлер, виявляючи інтерес до стаціонарних двигунів, разом зі своїм соратником *Вільгельмом Майбахом* (1846–1929) 1889 р. створив свій перший функціональний автомобіль "Daimler", запустивши його у виробництво 1895 р., одночасно компанія широко рекламувала свої двигуни. 1889 р. з'явився автомобіль для перегонів із двигуном потужністю 24 к.с., що, завдяки закладеним у нього технічним новинкам, зокрема чотирьохциліндрового двигуна, розвивав швидкість більше 80 км/год. "Daimler" досить швидко зазнав значних змін, поки в решті не з'явилась модель "Mercedes". Вона вийшла в кінці 1899 р. і стала, на думку істориків, прототипом сучасного автомобіля. Модель "Mercedes" з двигуном в 35 к.с. з'єднала в собі: коробку перемикачів передач, стільниковий радіатор і запалювання від магнето низької напруги – від колишніх моделей Даймлера, – і технічні новинки: низько розташовану легку штамповану раму і механічний привід впускних клапанів. Комбінація цих технічних рішень дала життя автомобілеві, що відрізнявся від своїх попередників більш надійною експлуатацією, різко підвищилася ефективність гальм і надійність керування.

Відтоді всі моделі "Daimler" стали називатися "*Mercedes*".

У березні 1895 р. *вперше в світі омнібус* (автобус) з двигуном внутрішнього згоряння був випущений фірмою «Бенц і К^о» для ре-



Рис.9.14. Омнібус фірми «Benz & К^о», 1895 р., [8*].

гулярного сполучення між містами Зіген-Нетфен-Дойч.

1 жовтня 1896 р. "Daimler Motoren Gesellschaft" виготовляє першу у світі вантажівку з двохциліндровим двигуном в 4 к.с. та вантажопідйомністю 1500 кг.

9.6.2 Внесок Б.Г. Луцького у розвиток автомобільної галузі

Борис Григорович Луцький народився 1865 р. під Бердянськом, а закінчивши реальне училище в Севастополі, поступив у Мюнхенський політехнічний інститут. Ще будучи студентом, Луцький отримав патент на винайдений ним двигун, у якого клапани приводилися в дію загальною штовхною штангою. Український винахідник знайшов підтримку у німецьких заводів «Кеберс» і «Нюрнберг» (нині MAN), що надали для реалізації його ідей виробничу базу. Стационарні двигуни конструкції Луцького з успіхом демонструвалися на Мюнхенській (1886 р.) і Ерфуртській (1894 р.) промислових виставках.

1897 р. Луцький засновує в Берліні власне конструкторське бюро, яке працює над розробкою трициклів, автомобілів, автомобільних і суднових двигунів та починає співробітничати з фірмою «Даймлер». Його чималий внесок у створення вантажних і легкових машин «Даймлер» дозволив йому увійти до ради директорів дочірнього даймлерівського підприємства.

1898 р. винахідник отримує патент на двигун, у якого клапани розміщувалися в площині, перпендикулярній осі циліндра.



Рис.9.15. Б.Г. Луцький на авто власної конструкції, Берлінська автомобільна виставка 1899 р.,[77].

Під час Всесвітньої виставки в Парижі, Борис Луцький керував її автомобільним відділом. Там він зустрівся з російським адміралом Верховським та запропонував вигідне замовлення для російського флоту, — постачання двигунів для підводних чов-

нів і катерів. Це замовлення фірма «Даймлер-марієнфельде» виконала, причому частину цього замовлення – за її кресленнями зробив петербурзький завод «Лесснер», який з 1904 до 1909 р.р. за ліцензією випускав автомобілі конструкції «Даймлер-Луцький», а сам Борис Григорович перебував на ньому інженером-консультантом.

Завод «Лесснер» на I Міжнародній автомобільній виставці, що відбулася в Петербурзі 1907 р., був нагороджений Великою золотою медаллю «За встановлення автомобільного виробництва в Росії».

Після Першої світової війни Б.Г. Луцький довгий час займав пост аташе з промисловості російського посольства в Берліні.

9.6.3 Генрі Форд – засновник конвеєрної збірки автомобілів

Виникнення автомобільної промисловості відноситься на перші 20 років ХХ ст. Ідея поставити виробництво автомобілів на конвеєр не понижуючи якості належить *Генрі Форду* (1886–1947), американському конструктору та підприємцю, який 1903 р. заснував компанію «Форд Моторс компані». Свій перший автомобіль, модель «А», з двигуном внутрішнього згоряння він зібрав 1896 р., а сам двигун, точніше його праобраз, з'явився ще в грудні 1893 р. «Ford-A» був досить примітивний – два циліндри, потужність 8 к.с., ланцюгова головна передача і кузов, що складається з трубчастої рами та сидіння. За першим автомобілем послідували інші різнотипні, зокрема великою популярністю у США користувався «Ford-K» 1906 р. з 40-сильним шестициліндровим двигуном.

Спочатку декілька автомобілів різних марок одночасно збиралися на заводі в м. Дірборні (штат Мічіган), що неминуче знижувало

питому продуктивність праці. Форд бачив вихід в уніфікації, тобто у приведені заводської програми до єдиної моделі і організації поточкового випуску крупними серіями. Автомобіль, придатний для цієї мети, був готовий 1907 р. і отримав індекс «Т». Його масовий випуск вивів «Форд моторс» на перше місце в світі за обсягами виробництва. Саме цій моделі віддавали перевагу на початку ХХ ст. за надійність, простоту і відсутність недоліків у керуванні.

Форд свідомо обмежив потужність двигуна для продовження його працездатності, але при цьому машина розвивала швидкість 64 км/год при витраті 3,2 л палива на 100 км. Конструкція моделі "Т" була ретельно продумана: легка, але досить міцна, завдяки використанню високоякісної ванадієвої сталі, рама; двоступінчаста планетарна коробка передач, що перемикається не важелем, а педаллю; задній міст, жорстко з'єднаний із трубою, у якій проходив карданний вал, причому в конструкцію заднього моста були введені роликові підшипники. Двигун, коробка передач, зчеплення, трансмісійне гальмо та кожух карданного валу склали єдине ціле. Таке конструкторське рішення дозволило створити надійний і міцний автомобіль, без зайвих складностей. Машина без особливих змін в конструкції проіснувала до 1927 р. і розійшлася 15-мільйонним тиражем.

Лише 1928 р. на зміну моделі «Т» прийшла, сучасніша. З 1932 р. на «Форди» замість чотирьохциліндрових двигунів стали встановлювати восьмициліндрові – це був перший випадок застосу-



Рис.9.16. Модель «Ford-A», 1896 р.,[78].

вання V-подібного восьмициліндрового двигуна на дешевих масових машинах.

9.7 Паромобілі

Назважаючи на бурхливий розвиток автомобільної галузі на основі двигунів внутрішнього згоряння, будівництво та експлуатація паромобілів ще досить довгий час не припинялась. Конкурентоспроможність паромобіля стала можливою після винайдення 1875 р. французом *Леонем-Емануелем Серполле* малогабаритного парового котла високого тиску. Завдяки тому, що вода нагрівалася не безпосередньо в казані, а в безлічі розігрітих трубок, вона дуже швидко перетворювалася на пару, тиск якої регулювався тільки подачею води. Уже 1881 р. парову машину з плоским змієвиковим казаном, що працює на вугіллі Серполле випробував на різних екіпажах. Надалі Серполле зробив казан своєї машини економічнішим і безпечнішим, використовуючи замість вугілля рідке паливо, що подавалося на два пальники. 1900 р. він разом з американцем *Френком Гарднером* організував фірму з випуску паромобілів. Їх машини зовні практично не відрізнялися від бензинових: горизонтальна парова машина кріпилася під сидіннями, казан розташовувався попереду, навіть були наявні грати радіатора – в ньому конденсувалася пара і вода поверталася в казан, збільшуючи таким чином пробіг до наступної заправки. Ці надійні, потужні (до 40 к.с.) і розкішні машини відрізнялися безшумністю і плавністю ходу.



Рис.9.17. Паровий візок «De Dion-Bouton III», 1888, та паромобіль Стенлі «Woggi-Big», 1905 р.,[68, 21*].

Парові візки фірми Де Діон-Бутон з двохциліндровим горизонтальним двигуном в 4-5 к.с.

випускались з 1888 до 1903 р. Паровий казан, що топився вугіллям, розташовувався між передніми колесами. Парова машина безпосередньо обертала вісь заднього колеса. Це дозволяло змінювати швидкість безступінчато, без допомоги коробки передач.

Проте, найвідоміші – це американські паромобілі братів *Фріленда* і *Френсиса Стенлі*. Свій перший паровик вони виготовили 1897 р. На ньому під сидінням розташовувалась двоциліндрова парова машина, з винайденим братами мініатюрним казаном діаметром всього 60 см. Вода в ньому протікала по 99 трубкам, кожна з яких була завдовжки по 40 см. Трубки обігрівалися пальниками, що працювали на парафіновому маслі, причому інтенсивність горіння регулювалася автоматично, залежно від потреби двигуна в парі. Це була дуже легка і проста конструкція, що принесла братам Стенлі комерційний успіх. 1897 р. вони вже змогли продати величезну на ті часи кількість своїх машин – 200 штук. Перші парові автомобілі виробництва Стенлі були настільки вдалими, що ряд автомобільних фірм зацікавилися придбанням ліцензій на ці автомобілі.

Паромобілі «Stanley» випускалися до 1927 р.. Вже з 1909 р. їх дизайн був цілком звичайним, за винятком високої, схожої на комод, передньої частини автомобіля, де розміщувався вертикальний багатокамерний бойлер. Паромобілі «Stanley» обладнувалися 130-літровим баком для води, що дозволяло долати відстань до 80 км. Двоциліндровий двигун був встановлений позаду, карданний вал безпосередньо з'єднувався з муфтою диференціала. Діаметр

поршнів становив 114 мм, хід поршнів – 165 мм, тиск пари в казані досягав 4 МПа. Потужність двигуна регулювалась подачею пари від 240 до 30 к.с. Цьому апарату не було рівних за потужністю під час розгону і за економічністю – під час рівномірного руху. Управління автомобілем здійснювалося за допомогою рульового колеса. Кузов був дерев'яний, його підтримували напівеліптичні пружини. Двигун мав масляний картер, що спрощувало обслуговування машини. Для оптимального пристосування до різних дорожніх умов у його головну передачу вмонтували двоступеневий редуктор. Завдяки цьому забезпечувалися два найважливіші режими руху: міський і магістральний.

Парові машини Стенлі приймали участь у встановленні світових рекордів зі швидкості. Так, у січні 1906 р. на паромобілі Стенлі «Woggi-Big» встановлено офіційний рекорд швидкості – 205,4 км/год.

Навіть у 20-і роки, коли світовий випуск паромобілів був вже давно припинений, «Корпорація парових автомобілів Америки» братів Стенлі ще пропонувала достатньо швидкісні автомобілі на паровій тязі з 2-циліндровими двигунами. Тільки 1927 р. марка «Stanley» зникла з ринку.

9.8 Електромобілі

Перший екземпляр електродвигуна для легкого електромобіля побудований англійцем *Старлеєм* 1888 р. Проте задовільні результати були отримані *Жанто* та *Раффордом* лише 1893 р. Вони побудували автомобіль, в задній частині якого знаходилися дві батареї ємністю близько 200 Ампер-год кожна та загальною вагою

420 кг. При цьому потужність двигуна складала 2,5 кВт і забезпечувала 1300 об/хв.

На рубежі XIX-XX століть інтерес до *електромобілів* був досить великим. Електромобілі привертали увагу представників аристократії акуратністю, безшумністю, простотою управління і відсутністю вихлопних газів. У цей період в багатьох країнах Європи та Америки число фірм, що виробляли електромобілі, обчислювалося десятками. Проте, у міру вдосконалення бензинових двигунів, статус електромобілів сильно похитнувся, оскільки мала енергоємність акумуляторів не могла змагатися з новими показниками двигунів внутрішнього згорання. На одній зарядці електромобіль міг проїхати тільки декілька десятків кілометрів, а автомобіль з двигуном внутрішнього згорання в цьому відношенні вигідно відрізнявся від нього.

Найбільш популярні електромобілі були в Америці. Так, 1900 р. там на 936 випущених автомобілів припадало 1585 електромобілів! У Новому Світі існувала безліч крупних компаній, що займалися збіркою та випуском електричних екіпажів. Однією з найзнаменитіших тоді фірм була *“Бейкер Мотор Вінкл Компані”* в м. Клівленді.

Винахідник *Уолтер Бейкер* (1868-1955) вважався засновником електромобільного бізнесу в Америці і взагалі піонером американської моторизації. Отримавши 1891 р. диплом інженера, він захопився електротехнікою і свої кращі роки присвятив створенню практичного легкого електромобіля для індивідуального користування. Через 6 років наполегливої



Рис.9.18. Електромобіль У. Бейкера, 1901, [14*].

роботи він власноручно побудував перший електричний екіпаж, а 1899 р., разом з *Фредом Уайтом*, заснував свою фірму. З самого початку свого існування фірма У. Бейкера заявила про себе як про найкрупнішого виробника електромобілів. Перше дітище Бейкера за зовнішнім виглядом майже нічим не відрізнялося від автомобілів Генрі Форда тих років. Це був легкий і високий 2-місний візок на 4-х велосипедних колесах із рульовим важелем, але із-за наявності акумуляторів електромобіль вийшов дуже важким. Новинками тих років були електричні фари і електричний гудок. Акумуляторна батарея дозволяла їздити 6-8 годин без заряджання.

1901 р. цей електромобіль був модернізований. Він став виглядати солідніше – отримав тент, кермо і був оснащений подвійним сидінням зі спинкою та підлокітниками. Акумулятори розміщувалися під сидінням, а електродвигун у 0,75 к.с. приводив в рух задню вісь за допомогою ланцюгової передачі. Машина розвивала швидкість 30 км/год і на одній зарядці могла проїхати до 80 км.

1906 р. новий електромобіль отримав фальш-капот і більш довершений 2-місний кузов, кресло-качалку. За зовнішнім виглядом його важко було відрізнити від звичайного автомобіля – його тип видавало лише легке шелестіння електромотора і відсутність вихлопної труби. 1910 р. “Бейкер” отримав закритий кузов. Цю модель називали лімузином. Він міг розвивати швидкість до 48 км/год.

Уолтер Бейкер прагнув використовувати будь-яку можливість прорекламувати кращі якості своїх машин та їх можливості. Так, 1902 р. він зважився побити абсолютний рекорд швидкості бензинових машин. На спеціальному низькому електромобілі ним була досягнута швидкість 130 км/год! Вона не перевищувала абсолютну, але наочно демонструвала можливості електротранспорту.

Та все ж слава електромобілів згасала. Бензинові екіпажі у всьому перевершували їх, а про забруднення навколишнього середовища вихлопними газами в ті часи замислювалися мало. Проте Бейкер не здавався: 1912 р. він випустив “Бейкер-електрик” з новими, округлими формами капота і кузова, котрий мав запас ходу в 100 км при середній швидкості в 22 миль/год, магнітні гальма, особливо м'який і плавний хід. Електромобілі “Бейкер” випускалися до 1916 р.

9.9 Перші вітчизняні автомобілі

9.9.1 Автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння

Євгеній Олексійович Яковлев (1857-1898 р.) почав проводити експерименти з двигунами внутрішнього згоряння ще 1884 р. А 1889 р. на власний страх і ризик організував серійне виробництво гасових і газових двигунів на заснованому ним невеликому заводі в С.-Петербурзі.

Двигуни конструкції Яковлева мали для того часу чимало передових конструкторських особливостей: електричне запалювання, знімну голівку циліндрів, змащення під тиском. 1893 р. вони експонувалися на Всесвітній виставці в Чикаго та були відзначені премією.

Є.О. Яковлев і *П.О.Фрезі* – інженер, власник каретних майстерень у С.-Петербурзі прийняли рішення: спільними зусиллями побудувати подібну машину. Яковлев виготовив двигун і трансмісію, Фрезі – ходову частину та кузов.

Чотирьохтактний двигун з одним горизонтальним циліндром розміщався в задній частині кузова й розвивав потужність близько

2 к.с. Для охолодження циліндра служила вода, а теплообмінниками були дві латунні ємності, розміщені уздовж бортів у задній частині автомобіля. Запалювання було електричним (батарея сухих елементів і запатентована свічка), подача пальної суміші – карбюраторна.



Рис.9.19. Перший автомобіль Яковлева і Фрезі, 1896 р.,[35].

Автомобіль мав механічний привід, трансмісія складалася з гумових ременів зі шківами, за допомогою яких можна було одержати дві передачі переднього ходу. Передачі вмикалися важелями, розташованими на стійках ліворуч і праворуч від кермової кнопки. Передача заднього ходу була відсутня. Машина мала ручне гальмо від важеля, який діяв на пару задніх коліс. Ходова частина являла собою типово каретну конструкцію. Дерев'яні колеса, з дерев'яними спицями, суцільні гумові шини шириною 60 мм, осі коліс без шарикопідшипників, еліптичні подовжні ресори, підресорний підрамник, що зв'язав передню і задню осі.

Оригінальним було рульове керування – передні колеса поверталися разом з ресорами відносно передньої осі.

Для здійснення поворотів служив установлений посередині салону кермовий важіль. Автомобіль Яковлева та Фрезі мав масу біля 300 кг, міг розвивати швидкість до 21,3 км/год і мав у своєму розпорядженні запаси пального на 200 км шляху.



Рис.9.20. Вантажівка «Фрезі і К°», 1902 р., [35].

Перший російський автомобіль пройшов випробування в травні 1896

р., у червні доробка машини була закінчена, а вже 1 липня вона була експонована на Всеросійській автомобільно-художній виставці в Нижньому Новгороді.

1902 р. Фрезі виготовив першу в Росії вантажівку з двигуном "Де Діон Бутон" (один циліндр, 682 см³) потужністю 6 к.с., який розміщувався під сидінням водія, а триступінчата коробка передач – під вантажною платформою. Рама автомобіля – з дерев'яних брусів, максимальна швидкість – 15 км/год. 1904 р. – на вантажівки встановлювали двигуни потужністю 9 к.с., а рульове управління було замінено на рульове колесо.

В цілому фабрика "Фрезі і К°" виготовила близько двох десятків вантажівок. На вантажному шасі, починаючи з 1903 р., було змонтовано декілька відкритих автобусів на десять пасажирів.

9.9.2 Вітчизняний електромобіль

Використання електричної енергії для самохідних екіпажів в Росії почалося на рубежі ХІХ–ХХ ст. Багато інженерів, конструюючи в ті роки електромобілі, в своїх пошуках йшли шляхом експериментування. Чималий внесок і вітчизняних винахідників у становлення електричного транспорту. Так, електротехнік *Павло Яблочков* займався розробкою електродвигуна для екіпажу, електротехнік *Володимир Чикольов* розробив теорію регулювання швидкості руху електричних екіпажів за допомогою контролерів і створив конструкцію для пуску електродвигунів. Значних реальних успіхів у створенні електромобіля добився *Іполіт Володимирович Романов*.

Петербурзьким винахідником було спроектовано чотири моделі електромобілів: двомісна, чотиримісна, а також 17- і 24-місні омні-

буси. Двомісний авто і 17-місний омнібус були побудовані за його проектом 1899 р.

Мала модель слідувала оригінальним конструкціям, що намітилися тоді: передні колеса великого діаметру – ведучі, передача ланцюгова від двох не зв'язаних один з іншим електродвигунів, під підлогою екіпажа – силова установка. Для управління машиною служили поворотні задні колеса меншим діаметром, ніж передні. Передні колеса підвішувалися до сталевій трубчастій рами на чотирьох гвинтових пружинах, задні – на поперечній напівеліптичній ресорі. Всі колеса – каретного типу, дерев'яні, з суцільними гумовими шинами та бронзовими втулками. Для гальмування і зупинки екіпажа служили електричні гальма рекуперації та механічні важільні. Регулювання швидкості руху в діапазоні від 1,5 до 35 км/ч здійснювалося дев'ятиступінчастим контроллером.

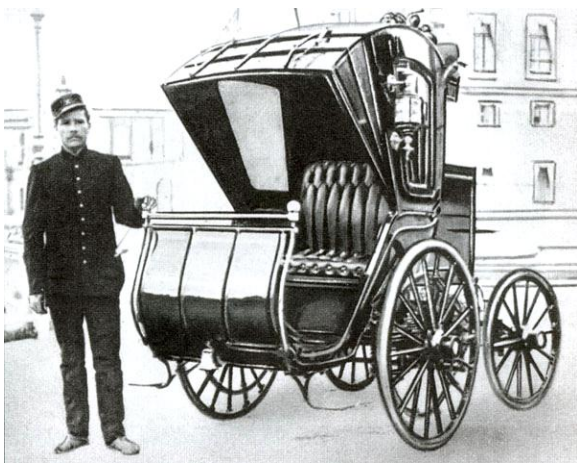
Велике значення Романов надавав зниженню маси електромобіля. Акумулятори конструкції Романова мали тонші пластини, ніж більшість тодішніх батарей, і розташовувалися не вертикально, а горизонтально. Маса ґрат, що складала основу цих пластин, дорівнювала 30% від загальної маси, тоді як у акумуляторів інших конструкцій цей показник досягав 66%.

Електродвигун власної конструкції, легкий і швидкохідний, розвивав потужність еквівалентну 6 к.с. при 1800 об/хв. І нарешті, легка рама з труб, раціональна конструкція ходової частини та кузова дозволили довести масу двомісного електромобіля до 720 кг, причому з них 350 кг мали акумулятори. Слід зазначити, що у одного з найбільш довершених електромобілів тих років французького "Жанто" маса акумуляторів складала 410 кг із 1440 кг загальної маси.

Своєю малою масою електромобілі Романова зобов'язані і спеціальним легким листовим матеріалам для панелей кузова. Їх отримували шляхом пресування полотна та деревини, просочених органічними клеями. Такий матеріал ми сьогодні назвали б шаруватим древопластиком.

Романов спроектував також і чотиримісний електромобіль, докладний опис якого не зберігся та омнібус на 10 місць. Джерелом енергії омнібуса служили 44 акумуляторних батареї, які забезпечували без заряджання пробіг 64 км. Два двигуни загальною потужністю 12 к.с. надавали омнібусу, споряджена маса якого складала близько 1600 кг, швидкість 11 км/год і дозволяли рухатися також і заднім ходом.

Колеса оберталися на шарикопідшипниках, шини коліс були



суцільними гумовими, для управління поворотом служила рульова рукоятка. До устаткування омнібуса входили бічні сигнальні ліхтарі, електричний прожектор, сигнальний дзвінок.

Такий омнібус було випробувано в лютому 1901 р. у Петербурзі і визнано зручним і безпечним для вуличного руху й суспільного користування. Міська дума на цій підставі вирішила відкрити у Петербурзі ре-

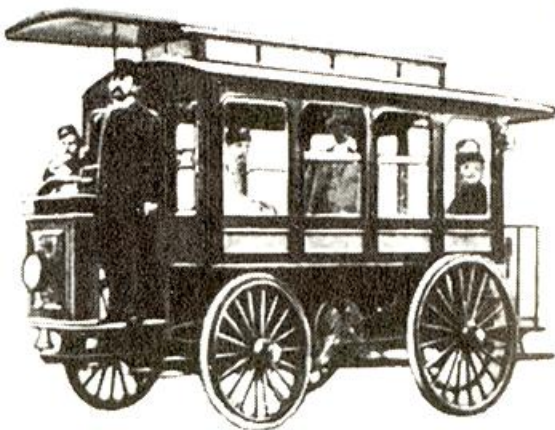


Рис. 9.21. Двохмісний електромобіль та 17-місний електроомнібус І. Романова, [27,35].

гулярний рух їх на десяти лініях.

Романов бажав організувати акціонерне товариство для експлуатації в столиці 80 електричних омнібусів, але несприятливі фінансові умови, висунуті Міською думою, і відсутність достатніх засобів не дозволили йому розвернути успішний почин, хоча у нього був готовий проект екіпажа ще й на 24 пасажири.

1901 р. на московському велосипедному заводі "Дукс" була виготовлена партія електричних десятимісних омнібусів проекту Романова для обслуговування готелів.

10 Механізація сільськогосподарського виробництва

10.1 Сільськогосподарська техніка і технологія античного періоду

Сільське господарство у античну епоху продовжувало залишатися основною галуззю матеріального виробництва, що стимулювало удосконалення землеробських знарядь. Грецькі землероби орали за допомогою пари волів або мулів. Орне знаряддя — *аротрон*, або *рало*, робилося з цілісного шматка дерева або могло складатися з декількох частин, виготовлених з різних порід дерев. Рало мало рукоятки та полози, паралельні поверхні ґрунту, і забезпечувалося залізним наконечником — *наральником* лопатоподібної форми із заломленими боковинами. Разом з ралом у греків в V ст. до н.е. з'явився примітивний плуг.

Для обробки ґрунту користувалися і залізними мотиками. Відомі широкі мотики із загостреними кінцями, мотики-однозубці та дво-зубі для розпушення ґрунту. Застосовували також сапку, тризубі вила та борону. Доспілий урожай жали залізними серпами, що формою нагадували сучасні, але з менш зігнутою різальною частиною. Молотьба здійснювалася за допомогою худоби. Вивіяне зерно зберігали в зерносховищах, стіни яких обмазували глиною та обпалювали, щоб зберегти зерно від гризунів.

Греки були добре знайомі з садовою агротехнікою, знали пересадку молодих дерев (розмір ями, відстань між рослинами і т.д.), робили щеплення. Під садові культури в III–II ст. до н.е. в господарствах відводилася більша частина землі, ніж під орне поле. Виноробство із винограду було поширено у греків.

У міжряддях плодкових дерев греки влаштували городи. При обробітку овочів вони особливим чином готували ґрунт: скопували чотирикутні грядки, удобрювали їх, спушували і біля них канавами при засухі пускали воду. За рік на городі вони отримували три врожаї, тричі змінюючи види овочів. Грецьким землеробам було відомо, що пшениця більше всього виснажує землю, тому для її вирощування потрібна найякісніша земля. Ячмінь не так примхливий, він дає врожай і на гіршій землі, менше виснажує ґрунт.

У римлян панувала дво- та трипільна система землеробства. Так, Пліній Старший пропонував після ячменю сіяти просо, потім ріпу, а потім знову ячмінь або пшеницю, або ж сіяти двічі хлібні культури, а на третій рік боби. Багато уваги приділялося внесенню добрив та зрошуванню. Римляни склали норми вивозу перегною, була розроблена система зберігання гною в зацементованих ямах, де утримувалась необхідна вологість. Як зелені добрива використовували боби, які заорювали не скошуючи. Як добрива використовували золу та компост. Римляни зазвичай практикували двократну, а для жирних ґрунтів — і триразову оранку. Глибина оранки залежала від якості ґрунту та доходила зазвичай до 22 см.

Разом із згаданими вище знаряддями попереднього періоду в римських володіннях застосовувалося знаряддя, що нагадує соху. Воно мало залізний наральник, який за допомогою кілець можна було пересувати. Така конструкція рала дозволяла глибоко спушувати землю, що мало велике значення при обробці важких ґрунтів. Робоча частина знаряддя розташовувалася під кутом до ґрунту, що дозволяло легко обходити перешкоди — камені, коріння тощо.

Для оранки використовувалися і плуги, що дозволяли перевертати землю. З I ст. до н.е. іноді застосовувався вдосконалений колі-

сний плуг з різцями та відвальними дошками. Перед сошником у такого плуга були низькі колеса, що полегшувало процес оранки, дозволяло регулювати її глибину. Різець, прикріплений до дишла, розрізав землю вертикально, дошки на полозі виконували роль відвала. Широкий лопатоподібний леміш більшого поширення набув в Галії й інших римських провінціях, де були цілинні землі і де у розпорядженні землевласників було менше дешевої сили рабів. Цей

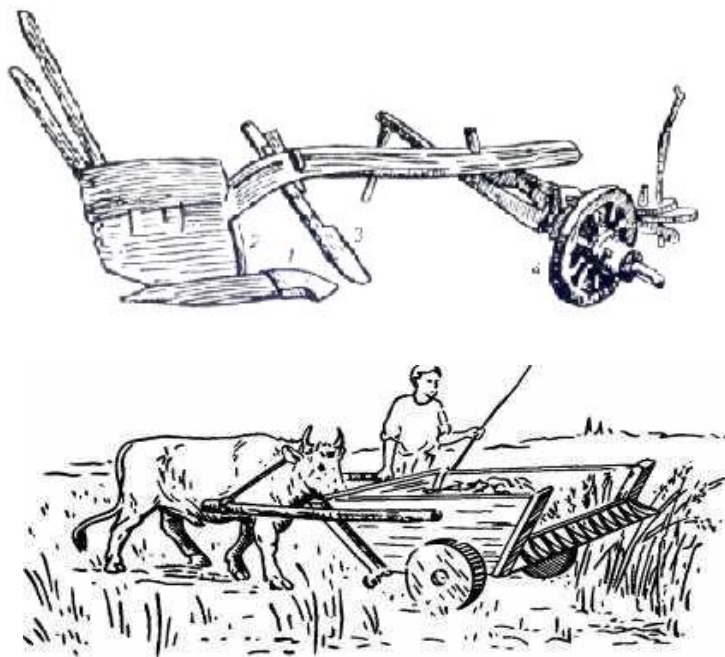


Рис.10.1. Вдосконалений колісний плуг та «гальська» жниварка, [103, 91].

вдосконалений плуг продовжував існувати разом з примітивним ралом і в епоху середньовіччя.

Для жнив окрім звичайних залізних серпів застосовувалися крупні серповидні знаряддя з відігнутими кінцями. Судячи із повідомлень Плінія Старшого, в I ст. н.е. у

великих маєтках Галії з'явилися вже і механічні пристосування для жнив. Працю жінців замінила примітивна жниварка. Вона була ящиком, що розширювався догори, на двоколісній осі. Передня стінка ящика була нижча за інші. Уздовж її краю були укріплені залізні зубці, заломлені догори. Віл, упряжений в короткі голоблі ззаду жниварки, штовхав її вперед. Стиглі колоси захоплювалися зубцями жниварки, відривалися і зсипалися в ящик.

На току зерно обмолочували ціпами. Римлянам був відомий також і водяний млин. Так, Вітрувій описує велике лопатчате колесо, яке приводилося в рух водою за допомогою двох поставлених під кутом зубчатих коліс. Це колесо обертало жорна.

Як і греки, римляни надавали велике значення садівництву та виноградарству. Римські виноградарі знали більше 400 сортів винограду, чудово уміли його культивувати й отримувати нові сорти. Відомі були і різні способи розмноження виноградної лози: відведеннями, живцями і щепленнями.

Римляни добре володіли садівництвом, виводили нові породи дерев, акліматизували рослини, привезені з інших країн, знали способи щеплення й обрізання дерев, уміли пересаджувати дорослі дерева. Римським садівникам було відомо 54 сорти груш і близько 30 сортів яблук, що відрізнялися своїм виглядом, смаковими якостями, термінами дозрівання та здатністю до тривалого зберігання. З IV–III ст. до н.е. для зрошування полів широко застосовувалися водопідіймальні пристрої, що приводилися в рух тваринами, які обертали дерев'яне горизонтальне зубчате колесо, котре передавало рух вертикальному водочерпальному колесу.

Різні пристрої для подавання води на поля, що приводилися в рух мускульною силою, застосовувалися і в Китаї. Вводилися там і нові землеробські знаряддя. Так, з I ст. до н.е. були винайдені важкий плуг з двома лемешами та плуг з сівалкою, забезпеченою бункером, через який зерно сипалося в борозну. Слід зазначити, що вже в III ст. до н.е. в Китаї стали застосовувати спеціальні речовини для обробки насіння перед посівом. Для боротьби з комахами використовували миш'як.

10.2 Нові технології землеробства XVIII–XIX ст.

10.2.1 Роботи зі створення довершеного плуга

Ще й на початку XVIII ст. в Англії та інших європейських країнах був поширений дерев'яний однолемішний кінний плуг. Всі частини плуга, окрім лемеша, були дерев'яними, тому глибина заорювання плугом не перевищувала 10 см. Такий плуг міг застосовуватися лише на невеликих земельних ділянках. При обробітку великих ділянок землі дерев'яні частини плуга дуже швидко зношувалися, тому основним завданням його удосконалення було прагнення знайти такий матеріал, який забезпечив би триваліший термін роботи знаряддя.

У 30-х роках XVIII ст. у Шотландії з'явився плуг (винахідник його невідомий), у якого частини – леміш, що найбільше зношується, та відвал, – виготовлялись із заліза. Якийсь час в Англії, а потім і в США були поширені так звані залізні плуги. Проте вони не відрізнялися великою міцністю, а їх леміш швидко зношувався.

1803 р. англієць *Роберт Рансон* виготовив цілісний плуг з чавуну. Хоча це підвищило його міцність, проте чавунний плуг був придатний лише для оранки чорнозему. При обробітку глинистого ґрунту він ковзав, а піщаного – грузнув. Тому плуг Рансона не набув значного поширення.

1819 р. американський фермер *П. Вуд* сконструював чавунний плуг оригінального типу: всі його частини виготовлялися окремо. У міру зношування окремих частин їх можна було замінювати іншими. Проте чавунні плуги володіли деякими істотними недоліками: лемеші при обробці рихлої землі швидко притуплялися, а в кам'янистому, твердому ґрунті – часто ламалися.

1833 р. коваль *Джон Лен* з Чікаго в леміш дерев'яного плуга вправив гостре сталеве лезо в чавунній оправі. Це був перший крок до виготовлення цілісного сталевого плуга. Того ж 1833 р. в США коваль *Джон Дір* створив перший цілносталевий плуг з так званої пилкової сталі, що вважалася найміцнішою, але 1838 р., *Вільям Морісон* отримав спеціальну плугову сталь, з якої і почали виготовляти плуги.

Разом з пошуками нового матеріалу для виготовлення плуга йшла робота над удосконаленням його конструкції. Вже до 30-х років XIX ст. була вироблена найбільш доцільна конструкція плуга. Залежно від призначення почали виготовляти спеціальні плуги одно- та багатолемішні, підгортальні, культиватори тощо.

Останній етап еволюції плуга був пов'язаний із застосуванням парової машини як тягової сили. У практику сільського господарства парова машина увійшла в 60-х роках XIX ст.

1855 р. англійські фермери *Фаулер* і *Говард* знайшли найбільш досконале поєднання парової машини та плуга, що дозволило створити плуг довершеної конструкції. Глибина заорювання паровим плугом доходила до 48 см. Середній урожай пшениці на ділянках, де застосовувався паровий плуг, підвищився на 24%. Паровий плуг орав до 9 десятин в день, тоді як кінний чотирьолемішний плуг – не більше 1,5–2 десятини. До 80-х років XIX ст. паровий плуг стали широко використовувати у великих поміщицьких і капіталістичних землеробських господарствах.

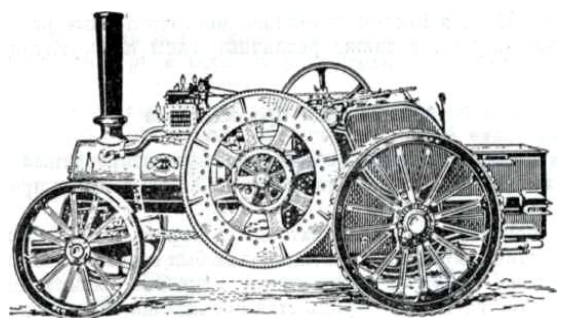


Рис.10.2. Паровий плуг Фаулера і Говарда, 1855 р., [19].

У 70-х роках XIX ст. у сільському господарстві різних країн використовували плуги найрізноманітніших конструкцій. У кожній країні, залежно від клімату, ґрунту, соціально-економічних умов, рівня розвитку машинобудування, вироблялися та застосовувалися самі різні види плугів, пристосовані до специфічних умов даної країни.

10.2.2 Вітчизняні винаходи в конструкції плуга

У Росії робота над удосконаленням плуга почалася ще в кінці XVIII ст. Вільне економічне товариство двічі: 1773 і 1791 р.р. оголошувало конкурс на створення кращого плуга. На початку XIX ст. у нашій країні були особливо поширені плуги конструкції майстрів *Лук'яна Рудніцького, Трохима Петренка та Івана Кургана*. У 50-х р.р. інженер *Є.П. Шуман* сконструював значно покращений так званий південноросійський суцільнометалевий плуг. Унікальною деталлю цього плуга був широкий напівгвинтовий відвал. Відвал і леміш виготовлялися з чавуну. Плуг мав також зручне регулювання глибини оранки в межах від 10 до 20 см.

У 70-х роках XIX ст. з'являється так званий новоросійський плуг, що набув широкого поширення всією Росією, особливо в степовій її смузі. У новоросійського плуга були широкі напівгвинтові і комбіновані відвали, що забезпечувало його застосування на важких, сильно висохлих ґрунтах. Глибина оранки плуга доходила до 18 см, для роботи на ньому було потрібно 2–3 коня або 2 пари волів.

10.2.3 **Механізація процесів сівби**

Довгий час сіяння було самим маломеханізованим процесом в сільському господарстві. Хоча є відомості, що в Стародавньому Китаї (VI ст. до н.е.) вже використовували механічне пристосування для посіву. Воно було дерев'яним верстатом на двох полозах, який тягли полем. На верстаті був дерев'яний стрижень, що проводив борозну, в яку рукою насипали насіння; грядка загорталася іншим дерев'яним стрижнем.

У Європі до середини XVIII ст. посів проводився майже виключно вручну. Люди протягом сторіч намагалися полегшити цей трудомісткий процес. У Європі питання про механізацію сівби було серйозно поставлене лише в 30-х роках XVIII ст., коли відомий діяч в області англійського сільського господарства *Джетро Тулль* став пропагувати рядкову культуру землеробства. При цьому способі землеробства зерно засівається правильними рядами, на однаковій відстані один від іншого та на певній глибині. Рядкова культура вимагала створення спеціальної сівалки. Д. Тулль створив її, перетворивши звичайну сівалку на багатолемішну, яка складається з двох частин: циліндра з отворами, куди засипали зерно, і двох сошників, що йдуть один за іншим. Покриття зерен землею проводилося наступною бороною.

Проте найбільше практичне застосування отримала сівалка, винайдена англійцем *Куком* (1785 р.) Ця сівалка, зазнавши деяких змін і удосконалення, пов'язана з іменами багатьох винахідників, врешті-решт перетворилася на працездатну рядкову сівалку. Вона набула достатнього поширення.

У 50-ті роки XIX ст. рядкові сівалки стали виготовлятися у США. У крупних сільських господарствах використання рядкової

сівалки виявилось досить вигідним, але для невеликих господарств вона була надмірно дорогою. У ці роки великого поширення в Європі набули так звані кублові сівалки. Вони висівали насіння в ґрунт купками (кублами), причому кожне кубло знаходилося на рівній відстані одне від одного у всіх напрямках. На відміну від рядових кублові сівалки викидали зерна не безперервно, а через рівні проміжки. До 70-х років XIX ст. процес посіву здійснювався за допомогою машин-сівалок різноманітних конструкцій. Сівалки зазвичай приводилися в рух кінцями, проте в кінці XIX ст. у великих господарствах Європи й Америки стали застосовуватися сівалки з паровим двигуном (сівалки *Фаулера*).



Рис.10.3. Сівалка «Росія», виготовлялась на заводі «Ельворті» (м.Єлисаветград), 1888 р., [56].

ровим двигуном (сівалки *Фаулера*).

У Росії довгий час були поширені сівалки вітчизняних конструкцій. Поширення, наприклад, набула рядкова сівалка, винайдена агрономом *Ф. Майєром* та розкидна сівалка з щітковим висівальним апаратом конструкції агронома *І.Ф. Гриневецького*.

ним апаратом конструкції агронома *І.Ф. Гриневецького*.

1874 р. англійськими підприємцями *Робертом та Томасом Ельворті* на околиці м. Єлисаветграда були засновані майстерні зі збирання, регулювання та підготовки сільськогосподарських машин до продажу, які завозились в Росію із Англії. До кінця 80-х років XIX ст. майстерні переросли в завод, який став першим та єдиним спеціалізованим сівалковим заводом не тільки в Російській імперії, а й у Європі. Крім сівалок на заводі виготовляли молотилки, просорушки, кінні приводи й інші сільгоспмашини незначними партіями.

У кінці 1888 р. на заводі «Р. і Т. Ельворті» створили конструкцію нової рядкової сівалки «Росія», яка відрізнялась від раніше виготовлених машин технологією посіву, пристосованою до сільськогосподарства Росії. Ця сівалка випускалась заводом майже 20 років без суттєвих змін, одержавши велику кількість нагород на Всеросійських та Міжнародних виставках кінця XIX – початку XX ст..

10.2.4 Механізація збору зернових

Аж до початку XIX ст. для збирання врожаю застосовувалися серп і коса. Вперше жнивні машини почали з'являтися в кінці XVIII ст. у Англії й США. Вони мали різальний апарат у вигляді диска, що обертався. Великого розповсюдження ці механізми, втім, не отримали із-за своєї технічної недосконалості.

1822 р. англієць *Генрі Огль* побудував модель жнивної машини, різальний апарат якої був заснований на абсолютно новому принципі: замість диска винахідник запропонував раму, на якій поміщалася залізна смуга із зубами. Внизу під цими зубами знаходився гострий ніж, який рухався вперед-назад і зрізав стебло

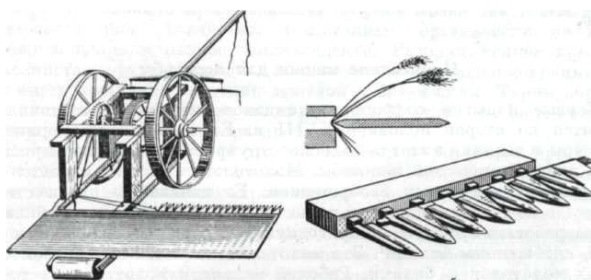


Рис.10.4. Жнивна машина Белла, [16].

злака, коли він знаходився між зубами. У цій машині вперше був застосований принцип ножиць, прийнятий в багатьох сучасних жнивварках.

1826 р. шотландець *Белль* винайшов жнивну машину, різальний апарат якої складався з 12 спеціальних ножиць, що діють один біля одного. Жнивварка приводилася в рух кіньми, що штовхали її позаду. Машини Белла не-

одноразово отримували премії на міжнародних виставках за свої цінні технічні якості. До кінця XIX ст. вони залишалися основними жнивними машинами для збирання врожаю зернових.

10.2.5 Внесок заводу «Червона зірка» в розвиток техніки сільського господарства

Після націоналізації заводу "Ельворті" в квітні 1919 р. його перейменовано в "Перший державний машинобудівний завод міста Єлисаветграда", а з 1922 р. присвоєно найменування «Червона Зірка». У 20-30-і р.р. XX ст. завод "Червона Зірка" продовжував випуск сівалок різного призначення, молотарок, зерноочисних машин, бурякозбиральних комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки.

1929 р. на заводі створена перша в СРСР тракторна сівалка.

Під час Великої Вітчизняної війни більше 84% виробничих площ заводу "Червона Зірка" були зруйновані. Відразу ж після звільнення Кіровограда від німецько-фашистських загарбників (8 січня 1944 року) завод почав відбудовуватися, і до кінця року було вже виготовлено 262 сівалки та велика кількість боєприпасів. Лише 1948 р. завод вийшов на довоєнні потужності.

За радянських часів завод "Червона Зірка" виготовляв 52% зернових і 100% кукурудзяних, бурякових та овочевих сівалок в загальному випуску цих машин в Радянському Союзі.

Починаючи з 1927 р. завод експортує сівалки. Тільки за післявоєнні роки продано за кордон більше



Рис.10.5. Сівалка СПЗ-3,6 ВАТ «Червона зірка» у шеренговій побудові, [56].

50 тис. сівалок у 60 країн світу. На міжнародних виставках та ярмарках сівалки заводу отримали 11 золотих і срібних медалей.

10.3 Розвиток вітчизняного тракторобудування

10.3.1 Перша в Росії конструкція гусеничного трактора

Гусеничний ланцюг запатентував англієць *Ловель Ріхард* ще 1770 р., проте він не набув широкого використання, аж до того часу, поки російський винахідник Ф. Блінов не винайшов його повторно, як «нескінченні рейки» для вагону.

Федір Аврамович Блінов понад двадцять років працював кочегаром, помічником машиніста і машиністом річкового буксира з паровим двигуном. Маючи досвід роботи з паровими двигунами, Ф.А. Блінов вирішив створити власний «самохід» на гусеничному ланцюзі, призначений для полегшення важкої селянської праці. Першим досвідом Блінова став побудований ним 1877–1880 р.р. «вагон з нескінченними рейками», у якого замість коліс була застосована оригінальна двогусенична ходова система. Будувався «самохід» довго, за цей час окремі його вузли неодноразово були випробувані. Блінов настільки відповідально відносився до своєї роботи, що коли машина була вже повністю готова, ще місяць випробовував її у всіляких умовах, нікому не показуючи. Блінов не просто

демонстрував самохід, але й пояснював конструкцію, розповідав про переваги механічної тяги в сільському господарстві.

Самохід Блінова мав пристрій, аналогічний «вагону», але замість парокінного упряжу був встановлений паровий казан, що працював на нафті. Казан приводив в



Рис.10.6. Ф.А. Блінов (1832-1902), [35].

рух дві тихохідні парові машини потужністю 10-12 к.с. сил при 40 об/хв. Рух від парових машин до гусеничного ходу передавався литими чавунними шестернями. Кожна гусениця приводилася в рух окремо. Поворот «самоходу» забезпечувався вимкненням або увімкненням відповідної машини. Машина розвивала швидкість до трьох верст за годину та мала достатнє тягове зусилля для роботи з декількома плугами.

Свій «самохід» Ф. Блінов двічі виставляв на російських промислових виставках. 1889 р. «самохід» був показаний в роботі на сільськогосподарській виставці в Саратові, а винахідник був нагороджений срібною медаллю, хоча тим все і обмежалося. 1896 р. покращена конструкція «самоходу» демонструвалася на Нижньогородській промисловій і художній виставці. Демонструючи його численним відвідувачам виставки, він називав його «паровозом для ґрунтових доріг», підкреслював важливість для сільського господарства. Проте і цього разу ніякої уваги на винахід не звернули уваги, нагородивши Блінова похвальною грамотою.

Не дивлячись на погіршення здоров'я, винахідник продовжував удосконалювати свій трактор, багато працював над тим, щоб замінити казан двигуном внутрішнього згорання.

Помер Блінов 1902 р., набагато випередивши іноземну техніку того часу, заклавши основи тракторобудування.

В кінці 1904 р. у американському штаті Каліфорнія були розпочаті



Рис.10.7. «Самохід» Блінова на гусеничному ході, [18*].

випробування першого гусеничного трактора сучасного типу, розробленого компанією Holt Manufacturing. Гусениці трактора, який, правда, тоді ще працював на паровому ході, були дерев'яними колідками, сполученими сталевими ланцюгами. Через декілька місяців Holt Manufacturing випустила і перший гусеничний трактор з двигуном внутрішнього згорання.

10.3.2 Роботи Маміна зі створення вітчизняної тракторобудівної промисловості

Мамін Яків Васильович – механік, учень Блінова Ф.А., винахідник в області дизеле- та тракторобудування. Мамін є винахідником *першого в світі безкомпресорного двигуна високого стиснення*, що працював на важкому паливі – нафті («Російський дизель», 1906 р.), на базі якого ним же був створений колісний трактор «Карлик» (1910), відомий потім як «Російський трактор».

Мамін розробив і виготовив дві уніфіковані моделі потужністю 25 і 45 к.с. з колісною ходовою системою під загальною маркою "Російський трактор". Це був перший в Росії колісний трактор більш простої конструкції і надійніший в порівнянні з гусеничним. На "Російському тракторі" Маміна вперше був встановлений двигун внутрішнього згорання, значно легший, економічніший і простий в експлуатації в порівнянні з паровим. "Російський трактор" мав два великих задніх ведучих колеса та менше за розміром – переднє колесо. Поворот трактора здійснювався за рахунок повороту передньої осі. Рама трактора складалася з двох поздовжніх швелерних балок, сполучених поперечними бал-

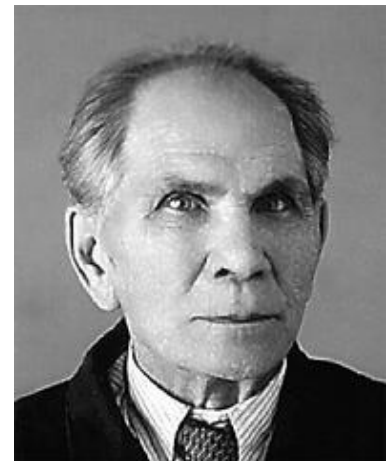


Рис.10.8. Я.В. Мамін (1873–1955), [35].

ками. Розроблений Я.В. Маміним оригінальний і простий за конструкцією чотиритактний двигун з високим ступенем стиснення працював на сирій нафті. Запальник двигуна забезпечував хорошу економічність і м'якість роботи. Двигун був встановлений поперечно відносно осі трактора. Потужність від двигуна до задніх коліс передавалася відкритою циліндровою зубчатою передачею із сталевими шестернями. Причіпні сільськогосподарські машини кріпилися до скоби маятникового типу, що забезпечувало можливість регулювання положення плуга за шириною. Був передбачений і привід

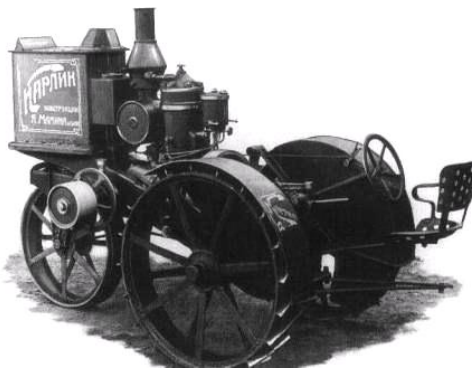


Рис.10.9. "Російський трактор" Я.В. Маміна, 1910 р., [90].

стаціонарних машин, який здійснювався від шківів, встановлених на колінчастому валу двигуна. Випуск і вдосконалення конструкції "Російських тракторів" тимчасово припинили 1914 р. у зв'язку з початком Першої світової війни.

На початку 20-х років

Я.В. Мамін зайнявся розробкою конструкції трактора для обробки невеликих селянських наділів. У ці роки ним були розроблені і виготовлені дослідні зразки трьох- та чотирьохколісних тракторів "Гном" і "Карлик" потужністю 12 і 24 к.с.. Загальним для цих тракторів було використання оригінальних калоризаторних двигунів з підвищеним ступенем стиснення конструкції Я.В. Маміна.

1921 р. Мамін добивається зустрічі з В.І. Леніним, як результат – колегія Наркомзема відпускає йому значну суму грошей на дообладнання Балаківського заводу і відряджає його до Німеччини для закупівлі необхідних верстатів. Того ж 1921 р. відбулися випробування нового електроплуга конструкції Маміна на полях Тімірязев-

ської академії, а 1924 р. успішно пройшли випробування трактора «Карлик».

Пізніше, протягом 1937–1955 р.р. Я.В. Мамін працював у Челябінському інституті механізації сільського господарства, продовжував удосконалювати 2-х тактний газовий двигун, що працював на різних видах палива, в т.ч. і на соломі. Створив модель газогенератора, що також працював на соломі (1939 р.), винайшов роботомір для механічного обліку та контролю роботи трактора.

10.3.3 Перший український трактор

Дослідний зразок трактора «Запорожець» був створений на невеликих кичкаських заводах сільськогосподарського машинобудування (нині Запорізька обл.) під керівництвом інженера *Л. А. Унгерра*. Трактор будувався на базі двотактного одноциліндрового нафтового двигуна «Тріумф» потужністю 12 к.с. виробництва Великотокмакського заводу. Запалення суміші в нім відбувалось від запальної головки, а охолоджувався двигун водою. Редуктор, закритий у щільний металевий корпус, оберігав шестерні від грязі та пилу. Замість кулькових підшипників і бабітових вкладишів застосовувалися бронзові втулки. У разі зношення їх можна було виготовити в будь-якій майстерні. Потужність від двигуна до коліс передавалася через фрикційну муфту. Трактор пересувався з однією швидкістю – 3,6 км/год.

Тракторна справа в молодій Радянській Україні тільки зароджувалася, не було і мови про висококваліфікованих механіків, ремонт обмежувався сільською кузнею. Роботу ж на такій нескладній машині, як «Запорожець», міг легко освоїти навіть малограмотний селянин. Протокол випробувань дослідного зразка (літо 1922 року)

констатував: «Трактор з 12-сильним двигуном, що витрачає близько двох пудів чорної нафти на десятину, при глибині оранки до чотирьох вершків вільно знімав пласт землі в 65 квадратних вершків. Трактор міг зорати 3 десятини землі в день» [73].

Зразок прибув на токмакський завод «Червоний прогрес» 29.09.1923 р., де почалося освоєння його масового виробництва. Шлях майже в 90 верст від села Кичкаси «Запорожець» виконав своїм ходом без щонайменших поломок. Дорогою слідування для селян кілька разів демонструвалася оранка землі «механічним конем».

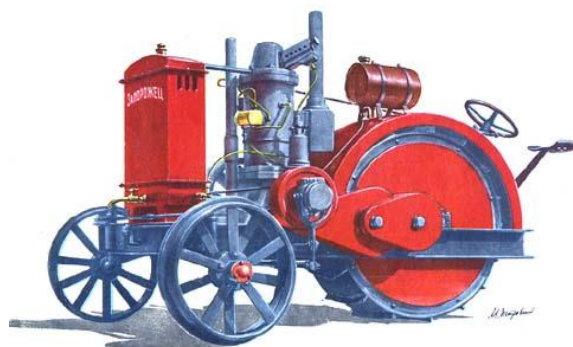


Рис.10.10. Перший український трактор «Запорожець», 1922 р., [89].

Восени 1923 р. пройшли змагання «Запорожця» першого випуску і гусеничного трактора «Холт» Обухівського заводу на полях Пе-

трівської сільськогосподарської академії. На оранку десятини землі при чотиривершкочовій глибині «Запорожець» у середньому витрачав близько 30 кг нафти, трактор «Холт» – 36 кг гасу.

Попит на трактор «Запорожець» був великим. Особливо він зріс після випробувань, проведених разом з американським «Фордзонном» весною 1925 р.. Оранку десятини землі «Запорожець», що вже мав 16 к.с., закінчував на 25 хвилин раніше. При цьому витрата нафти складала удвічі менше, ніж «Фордзон» спалював гасу. За всіма показниками вітчизняний винахід виглядав кращим. Збірка тракторів «Запорожець» продовжувалося до кінця 1926 р. Їх було випущено біля 800 шт..

10.3.4 Розвиток вітчизняної тракторної галузі

З 1924 р. в СРСР починає здійснюватися гасло «Від кустарного виробництва – до масового тракторобудування». На початку свого розвитку вітчизняна тракторобудівна промисловість переймала досвід у провідних зарубіжних фірм, що мали в масовому виробництві відпрацьовані конструкції тракторів. Тому на початку 20-х років як прототип був вибраний найпоширеніший у світі трактор "Фордзон" американської фірми «Форд». 1924 р. з конвейера Путіловського заводу сходить перший серійний «Фордзон-путіловець», а вже в другій половині 20-х років трактор "Фордзон-путіловець" був найпоширенішим у вітчизняному сільському господарстві. Всього з 1924 р. до 1932 р. з конвейера заводу зійшло близько 50 тис. машин. Проте, вже з середини 20-х років береться курс на розробку проектів власних тракторів, прилаштованих до місцевих умов.

1930 р. вводиться Сталінградський тракторний завод, який починає випуск гусеничних і колісних універсальних тракторів СТЗ. 1931 р. створюється спеціалізований завод в Харкові – ХТЗ. А вже 1935 р. ХТЗ дав країні 100-тисячний трактор. Це був вагомий внесок в економічний розвиток країни, сільське господарство. Згодом до діючих Сталінградського й Харківського тракторних заводів додався Челябінський (1933). Країна повністю відмовилася від імпорту тракторів, а на Міжнародній виставці 1937 р. в Парижі челябін-



Рис.10.11. Один з перших та сучасні трактори Харківського тракторного заводу, [34*].

ський С-60 відзначили вищою нагородою – «Гран-прі».

Слід згадати й знамениті колісні просапні «Універсали», які до війни випускав Кіровський завод в м. Ленінграді – це перші радянські трактори, які стали експортуватися за кордон.

Першим дизельним трактором був сталінградський С-65 (1937 р.), а через двадцять років наша країна першою в світі переводить на дизельні двигуни всю тракторну промисловість.

Кількість тракторів, що випускались вітчизняною промисловістю інтенсивно зростала. Порівняємо: 1928 р. – на полях перших кооперативів працювало 27 000 тракторів з середньою потужністю 20 к. с.; 1940 р. – 531 тис. шт.; 1945 р. – 397 тис. шт.; 1953 р. – початок освоєння цілини – 744 тис. шт.; 1960 р. – понад 1 млн. шт. Потужність тракторів зростає до 100 к.с..

Усі ці роки Харківський тракторний завод залишався одним із провідних підприємств, який з 1954 р. переходить на випуск тракторів із дизельними двигунами. 1962 р. завод освоїв виробництво нового швидкісного трактора Т-74, а 1967 р. – виготовив мільйонний трактор. Такої кількості машин не випускав жоден тракторний завод країни.

Поворотним у історії ХТЗ став запуск у серію сімейства енергонасичених машин типу Т-150. Вперше у Союзі з початку 70-х років ХТЗ налагодив масове виробництво колісних, а також гусеничних тракторів типу Т-150 на одній виробничій основі.

З переходом до ринкових відносин, завод у стислі терміни докорінним чином модернізував колісні та гусеничні трактори загального призначення і впровадив до серійного виробництва нові – малогабаритні, малої потужності та потужні інтегральні орнопросапні машини потужністю від 12 до 240 к.с. Розроблено гусе-

ничні трактори серії «180» з каркасною кабіною та двигуном потужністю 170 к. с. виробництва фірми “Дойтц АГ”, трактор ХТЗ-201, який має принципово нову трансмісію з безступінчастим механізмом повороту. Створено колісні трактори загального призначення серії «170», на яких встановлюються двигуни фірм: СМД, ЯМЗ, КамАЗ, ММЗ, “Дойч АГ”, що дає змогу споживачам вибрати трактор з огляду на умови економічної доцільності, забезпеченості ремонтно-технічної бази. Створено нові потужні інтегральні орнопросапні трактори серії “160”, призначені для виконання сільськогосподарських робіт з вирощування та збирання цукрового буряка, кукурудзи, соняшника, картоплі, гречки, сої та інших просапних культур. Трактори цієї серії мають реверсивне керування, двоциліндрове заднє та переднє навісне обладнання підвищеної вантажопідйомності, що дає можливість використовувати трактор разом на двох операціях: культивація та сівба, а також дозволяє експлуатувати з навісними коренезбиральними, кормозбиральними та зерновими комбайнами закордонного й вітчизняного виробництва.

За роки існування ХТЗ виготовив близько 3 мільйонів тракторів різних типів, серій і моделей.

11 Книгодрукування, фотографія та кіно

11.1 Перші матеріали для письма

Як вже було розглянуто, першу писемність створили шумери в IV тис. до н.е. – *клинопис*. Отже, перші «книги» були глиняними дощечками, напис на які наносили паличкою або металевим стержнем, після чого дощечку обпалювали у спеціальних печах.

Наступним матеріалом для написання був папірус, вперше використаний єгиптянами. У давнину дикорослий папірус був поширений в долині Нілу. Для виготовлення матеріалу для писання стебла папірису очищалися від шкірки і розрізали вздовж. Смужки, що вийшли, розкладали внахлест на рівній поверхні. На них викладали під прямим кутом ще один ряд смужок і поміщали під прес. Після



сушки лист папірису відбивали молотком. Листи папірису, що таким чином одержувалися, склеювалися в згортки.



На папірусі писали драматурги, філософи та історики Єгипту, Вавілону та Стародавньої Греції. Папірусні згортки були предметом гордості багатьох бібліотек світу. У прославленій Александрійській – найбільшій бібліотеці стародавнього світу, заснованій в III ст. до н.е., у кращі її часи налічувалося до 700 тис. папірусних згортків.

Уже з III ст. до н.е. в античному світі набуває поширення як матеріал для письма пергамент – особливим чином вироблена шкіра телят чи козенят. Її назва пов'язана з

Рис.11.1. Рисунок на папірусі (2000 р. до н.е.) та Тора на пергаменті (300 р. до н.е.), [24].

ім'ям малоазіатського міста-держави Пергама, важливого центру культури еллінізму, де виробництво пергаменту отримало значного розвитку. Виникнення пергаменту пов'язували з ім'ям пергамського царя Євмена I, який задумав створити в своїй столиці велику бібліотеку. Про це дізнався єгипетський цар Птолемеї V, та побоюючись, що нова бібліотека може затьмарити славу Александрійської, наклав заборону на вивіз папірусу. Тоді Євмен і вирішив створити новий матеріал, що прозвав на ім'я його столиці пергаментом. Євмен все-таки створив бібліотеку, де зберігалось 200 тис. згортків.

Спочатку листи пергаменту зшивалися так само, як з'єднувалися листи папірусу – окремими згортками. Порівнянно з крихкими папірусовими листами пергамент володів незліченними перевагами. Писали на нім з обох боків; а змивши фарбу, на нім можна було писати повторно. Все ж головна перевага пергаменту полягала в тому, що його можна було легко згинати, не боячись зламати, як папірус. Однак пергамент був дуже дорогим, тому часто використовували й грубіші сорти шкіри.

Знахідки в печерах на березі Мертвого моря показали, що навіть ізольована Кумранська община (II ст. до н.е.) мала в своєму розпорядженні сховище з 600 рукописних згортків на шкірі, пергаменті й папірусі.

Греки і римляни проводили ділові та побутові записи, а також застосовували у навчанні дітей дерев'яні дощечки, покриті з одного боку воском. Коли в римських володіннях набув поширення пергамент (приблизно з II ст. до н.е.), то шматки шкіри стали відрізувати у вигляді окремих великих листів і зшивати їх в зошити. Корінець зошита прошивався, щоб листки не випадали. Потім декілька зошитів зшивали один з одним – одержувалась книга. Книгу, скла-

дену з декількох зошитів, стародавні римляни називали «кодекс». Палітурки книг виготовлялися спочатку з дерев'яних дощечок, обтягнутих шкірою, іноді по кутах окованих металом, а пізніше робилися з тисненням або інкрустацією прикрасами, застібками і т.п.

На пергаменті та папірусі греки й римляни писали чорнилом за допомогою загостреного очерету. Чорнило робилося з суміші сажі і гуміарабіку або чорнильних горішків. Чорнильніці виготовлялися з бронзи, глини і дерева.

До винаходу паперу в Китаї писали на бамбукових дощечках. Китай є й батьківщиною туші (III ст. до н.е.). Оскільки туш ввозилася в країни Середземномор'я через Індію, в Римській імперії вона іменувалася «індійськими чорнилами».

Китай з глибокої давнини славився книжковою премудрістю і складною системою бюрократичного керування. Тому тут завжди відчувалася потреба в недорогому матеріалі для письма. Китайці довгий час тримали в секреті виробництво шовку, а паперова справа саме і розвинулась із однієї з технічних операцій обробки шовкових коконів. Жінки, що займалися шовківництвом, варили кокони шовкопряда, потім, розклавши їх на циновку, опускали у воду і перетирали до утворення однорідної маси. Коли масу виймали і відціджували воду, виходила шовкова вата. Після такої механічної і теплової обробки на циновках залишався тонкий волокнистий шар, що перетворювався після просушування в лист досить тонкого паперу. Пізніше стали використовувати браковані кокони шовкопряда для цілеспрямованого виготовлення паперу. При цьому повторювався вже знайомий процес: кокони варили, промивали й подрібнювали до одержання однорідної маси, нарешті, – висувували й одержували аркуші. Такий папір називався "ватяним" і коштував

досить дорого, тому що дорогою була сама сировина. Природно, що зрештою виникло питання: чи можна папір виготовляти тільки із шовку, чи для приготування паперової маси може підійти будь-яка волокниста сировина, у тому числі рослинного походження?

11.2 Винайдення паперу

Ім'я Цай Луня по праву входить у число імен найбільших винахідників в історії людства. 105 р. Цай Лунь, чиновник при дворі імператора, приготував новий сорт паперу зі старих рибальських сіток, які плели із молодих пагонів очерету, осоки, бамбуку тощо. Одержаний папір за якістю не поступався шовковому, але був значно дешевшим. Це важливе відкриття мало величезні наслідки не тільки для Китаю, але і для усього світу – вперше в історії люди одержали якісний і доступний матеріал для писання. У наступні століття в процес виготовлення паперу було внесено кілька важливих удосконалень, завдяки чому воно стало швидко розвиватися.

У IV ст. папір зовсім витиснув із уживання бамбукові дощечки. А нові пошуки показали, що папір можна робити з дешевої рослинної сировини: деревної кори, очерету й бамбуку. Останнє було особливо важливим, тому що бамбук росте в Китаї у величезній кі-

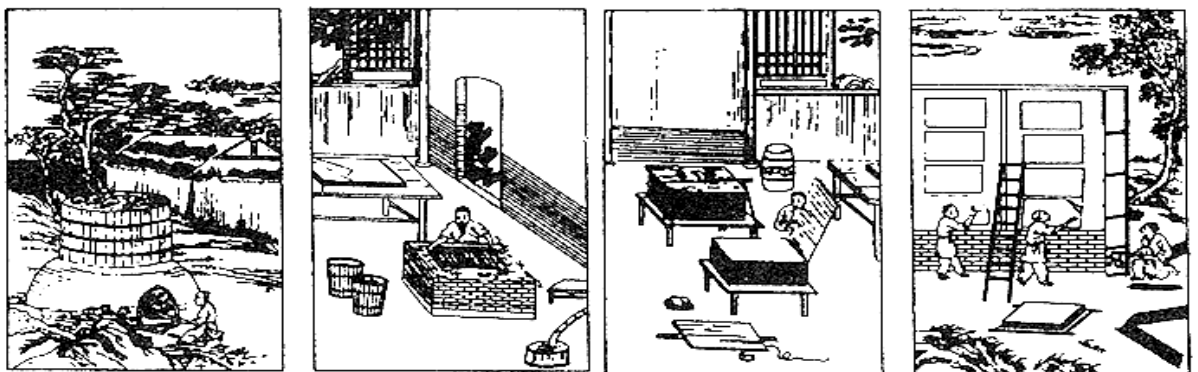


Рис.11.2. Основні стадії китайського виготовлення паперу, [26].

лькості. Бамбук розщеплювали на тонкі щепки, замочували у вапні, а отриману масу виварювали потім протягом декількох діб. Відціджену гущу витримували в спеціальних ямах, ретельно розмелювали спеціальними билами і розбавляли водою до утворення кашкоподібної маси. Цю масу зачерпували за допомогою спеціальної форми – бамбукового сита, укріпленого на підрамнику. Тонкий шар маси разом з формою клали під прес. Потім форма витягалася і під пресом залишався паперовий лист. Спресовані аркуші знімали із сита, сушили, розгладжували та різали за необхідним форматом. З часом китайці досягли найвищого мистецтва у виготовленні паперу.

Протягом декількох століть китайці зберігали секрети паперового виробництва. Лише 751 р. н.е. китайські майстри, що потрапили в полон до арабів видали секрет технології паперу. Араби навчилися самі робити папір і протягом п'яти століть дуже вигідно збували його в Європу. Європейці були останніми з цивілізованих народів, що навчилися самі виготовляти папір. Першими це ремесло на початку XII ст. перейняли від арабів іспанці, 1154 р. паперове виробництво було налагоджено й в Італії, 1228 р. – у Німеччині, 1309 р. – в Англії.

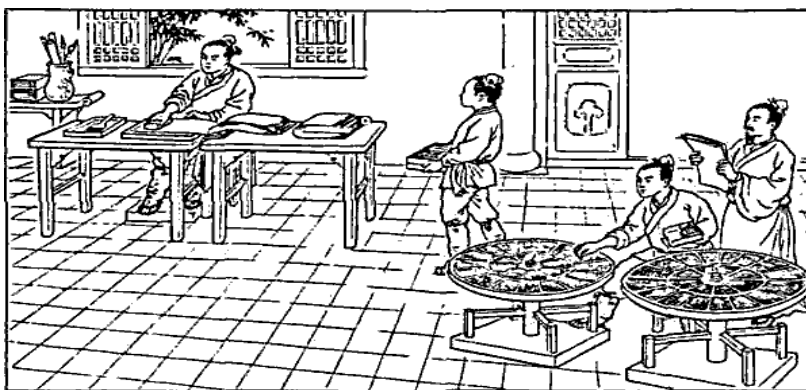
11.3 Зародження книгодруку

До винаходу друкарського верстата людство йшло декілька тисячоліть. Ідея друкарського відбитку закладена ще в таврі, яким скотарі мітили свою худобу, торговці – власний товар, а також в особистому клеймі, вождів якнайдавніших цивілізацій. Одним тавром можна було помітити тисячі голів худоби, величезну кількість

товарів. Наступний етап – карбування монет, яке вперше запровадив лідійський цар Гігос в VII ст. до н.е.

Винахідниками першого друкарського верстата є китайці. Початкова китайська писемність налічувала близько 40 тисяч знаків, кожний з яких позначав окреме слово. Тому розмножувати без помилок від руки філософські або літературні твори було надзвичайно складно. Китайцями був придуманий наступний спосіб: на дерев'яній дошці вирізувалися ієрогліфи, покривались фарбою, до дошки прикатувався лист паперу і текст переносився на папір. Таким чином можна було розмножувати один текст, але, щоб надрукувати інший, потрібно було вирізувати ієрогліфи на новій дошці.

1045 р. коваль *Бі Шен* винаходить книгодрук рухомим шрифтом – окремі ієрогліфи виготовляли з кераміки і друкували відразу



необхідну кількість екземплярів тексту. У XIII ст. в Кореї буквений шрифт почали відливати вже з металу.

Рис.11.3. Типографія з обертальними наборними касами (близько 1300 р., Китай), [13*].

11.4 Початок книгодрукування в Європі

У Європі спроби друку книг датуються кінцем XIV – початком XV ст. 1393 р. в Нюрнберзі Штромер побудував перший „паперовий млин“, 1418 р. датується перше відоме відтиснення з дерев'яної дошки, а 1446 р. був виконаний перший друк із мідних дощок.

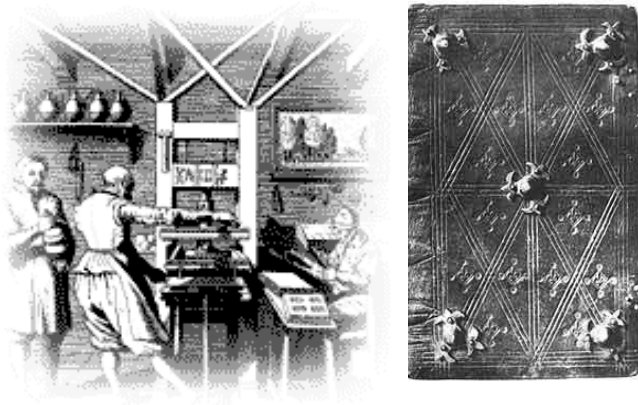


Рис.11.4. У друкарні І. Гутенберга та одна із перших книг, переплетена в готичному стилі, кінець XV ст., [8*,13*].

Повний цикл сучасного книгодрукування винайшов *Йоганн Гутенберг*. Він народився 1394 р. в м. Майнці. Закінчивши Ерфуртський університет, Гутенберг проводив перші дослідження книгодрукування, прагнучи тримати їх в таємниці.

Прийнято вважати, що *винахід книгодрукування* відбувся близько 1440 р.. Йоганн Гутенберг винайшов і здійснив повний цикл сучасного друкарського виробництва: об'єднав в одне ціле систему металевих літер; створив сплав з свинцю, цинку та сурми, а також устаткування для відливання літер з цього сплаву; придумав і виготовив набірну касу й пристосування для набору рядків із літер і стовпців з рядків; винайшов друкарську фарбу (сажа і лак), а також тампон для нанесення її на готовий набір; виготовив прес – друкарську машину, яка дозволяла отримувати прекрасні відтиски книжкових сторінок; створив систему фінансування та збуту книжкової продукції. Гутенберг першим здійснив друк сторінок у два стовпці з акуратними рівними полями. Він імітував кращі зразки рукописних шрифтів, зберігаючи архітектуру тексту, щоб сторінка сприймалася заповненою рівномірно.

У 1440-х р.р. Гутенберг надрукував перші набірні книги: це були так звані *Донати* (посібники з граматики) і календарі. Спільно зі своїм учнем *Петером Шеффером* Гутенберг у середині 1450-х р.р. надрукував найбільш відомі перші набірні видання: 42-рядкову

Біблію (на сторінці поміщалися 42 рядки) і Псалтир. Всього було надруковано понад 150 екземплярів Біблії, з яких збережено до нашого часу лише 49.

Протягом 350 років технологія й устаткування, винайдені Гутенбергом, були поза конкуренцією. А вже до кінця XV ст. друкарні з'явилися майже в кожній європейській державі.

11.5 Іван Федоров – засновник книгодрукування в Україні

Першим друкарем українських книжок був німець *Швайцполь Фіоль*, який 1491 р. надрукував кирилицею у Кракові «Октоїх» та «Часословець». 1525 р. у Вільні *Франциск Скорина* засновує першу руську друкарню, яка мала певний вплив на раннє українське друкарство. Початок постійному українському друкарству поклала друкарня, заснована 1572–1573 р.р. у Львові *Іваном Федоровим*.

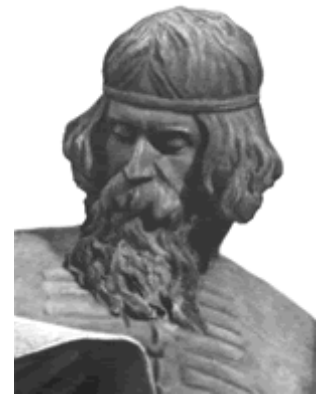


Рис.11.5. Іван Федоров (1525 – 1583), [35]

1551 р. московський цар Іван Грозний з метою уникнення помилок переписувачами у церковних книгах, вирішив запровадити їх друкування. 1552 р. в Москві дякон Іван Федоров, його підмайстри *Петро Мстиславець* та *Маруша Нефедьєв* розпочали друкарську справу. 1564 р. вийшла перша книга московського друку – «Апостол».

1572 р. Іван Федоров переїжджає до Львова, де з допомогою духівництва, міщан та ремісників закладає нову друкарню.

25.02.1573 р. Іван Федоров почав друкувати першу відому нам друковану книгу в Україні – «Апостол». 15.02.1574 р. «Апостол» побачив світ. Того року вийшов також «Буквар» – перший навчальний посібник з граматики старослов'янської мови. Через деякий час Івана Федорова запрошує до себе князь Костянтин Острозький і з 1575 р. він перебуває у нього на службі та готує до видання слов'янську Біблію. 12.07.1580 р. в Острозькій друкарні Іван Федоров надрукував «Острозьку біблію».

1583 р. Федоров повернувся до Львова, заклав нову друкарню, але за браком коштів так і не зміг почати роботи. Значні борги та судові справи з кредиторами вкрай підірвали здоров'я Івана Федорова. Помер він 15.12.1583 р. у Львові. У наш час у Львові діє Поліграфічна академія імені Івана Федорова, встановлено пам'ятник видатному українському та російському просвітителю.

11.6 Типографська машина Мергенталера

Однією з важливих подій в історії друкарської справи стала поява в кінці XIX ст. лінотипу — набірної машини. Дійсно, виготовлення літер і набір протягом чотирьох сторіч залишався ручним і мало змінився за своєю суттю з часів Гутенберга.

1822 р. англійський інженер *Черч* сконструював першу, ще недосконалу набірну машину. Цей винахід мав гучний резонанс, і газети помістили ґрунтовний опис механічного складача. Проте зі всіх ручних операцій, які доводилося виконувати складачеві, тут була механізована тільки одна — пошук і подача літери. Практичного застосування машина Черча не отримала, але її конструкція послужила прототипом для всіх подальших винахідників.

Пізніше було створено ще декілька набірних машин, але всі вони мали істотний недолік — в них не було продумано розбирання набору і розподіл літер за відділеннями каси, адже саме ця робота відбирала у складача найбільше часу. Поворотним пунктом у вирішенні цієї проблеми став винахід данського складальника *Христіана Зеренса*, якому вдалося сконструювати першу розбірну машину. 1849 р. винахідник отримав на неї патент, але впровадити у виробництво не зміг, хоч і демонстрував її на Всесвітній виставці в Лондоні 1851 р.. Друга машина Зеренса з'явилася 1855 р. на черговій виставці в Парижі, де вона — з продуктивністю в 50000 букв розбору і набору в день — викликала захоплення. Винахідник за машину отримав золоту медаль виставки і запропонував використовувати свій винахід у паризькій друкарні, але складачі, загрожуючи страйком, зірвали угоду.

З 60-х рр. XIX ст. до ідеї набірної машини була виявлена цікавість і в Росії. Перша і найбільш значна спроба в цій справі належить студентові Казанського університету *Петру Княгинському*. 1869 р. Княгинський узяв привілей на «Автоматичний складач». Того ж року свою ідею винахідник матеріалізував у Парижі, де на телеграфній фабриці виготовив модель машини, названої «Складач-автомат». Рік потому машина демонструвалася в Петербурзі на Всеросійській мануфактурній виставці. Пізніше Княгинський привіз машину до Москви, проте ніхто не підтримав подальше доопрацювання конструкції.

Матрицевибивальну машину розробив і 1878 р. запатентував *Йосип Лівчак*. У кінці 1882 р. про свій винахід він зробив повідомлення в Російському технічному товаристві, а 1895 р. експонував свій «Стереограф» у Петербурзі на виставці друкарської справи.

Перед усіма винахідниками набірних і словолитних машин стояла складна перешкода, що заважала повній механізації процесу набору, — добитися однакової довжини всіх рядків. Тільки 1872 р. винахідник *Мерріт Геллі* розробив і узяв американський патент на машину з автоматичним вирівнюванням рядків. Рішення, знайдене ним, виявилось геніальним за своєю простотою. У місце пропуску, що відокремлює слова, з каси машини подавався плоский клин, який ставився в ряд із матрицями, а коли набір рядка закінчувався, досить було натиснути на літери. При цьому клини пересувалися так, що відстані між словами збільшувалися і рядки отримували однакову довжину.

Одночасно з набірними машинами удосконалювалася техніка відливання літер. Ще 1838 р. американець *Давид Брес* винайшов літеролитну машину, яка пізніше увійшла у загальний вжиток. Машина мала невеликий плавильний тигель з розплавленим металом для літер і всі операції виконувала автоматично.

Довгий час словолитні та набірні машини розвивалися незалежно одна від іншої. Справжній переворот в набірній справі пов'язаний з ім'ям *Оттмара Мергенталера*, що об'єднав дві ці машини в одну.

Оттмар народився 1854 р. в Німеччині. 1870 р. Мергенталер виїхав до Америки та став працювати на фабриці Галя, біля Вашингтона, на якій збиралися електричні годинники, дзвінки й інструменти для сигнальної служби на залізницях.

1871 р. Оттмар дізнався про ідею винахідника *Клефана* – друкарську машинку з виготовлення оригіналу, який можна потім розмножити літографським способом. До цього часу попередники за-

патентували декілька сотень різних набірних машин і пристроїв, але в друкарнях продовжував панувати ручний набір.

Першу типографську машину Мергенталер сконструював 1877 р., але вона не дала задовільних результатів. Одного разу його осяяла думка: набрати штемпель з матриць, а отриманий потім матричний рядок відлити в самій машині. Ця ідея давала ключ до вирішення проблеми, над якою билися сотні винахідників.

1884 р. Мергенталер закінчив роботу над першою моделлю набірної машини, в якій значною мірою був використаний принцип дії матрицевибивальних машин: у картон одна за одною вдавлювалися відповідні літери, а отримана матриця використовувалася для відливання друкарської форми. Через два роки Мергенталер представив перший «Лінотип», установлений в друкарні «Нью-Йоркської трибуни». На

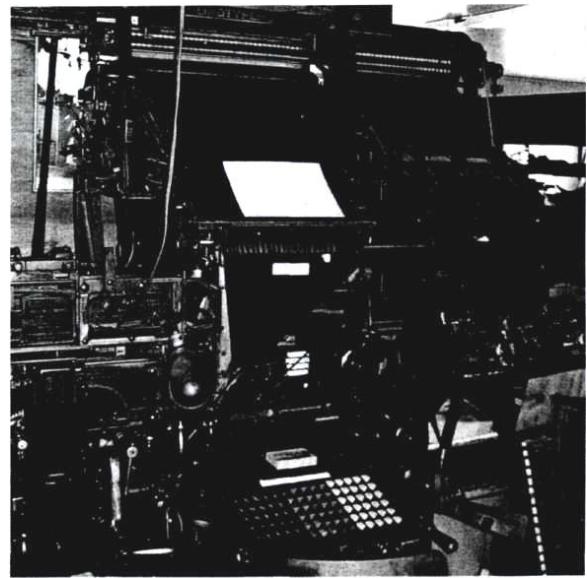


Рис.11.6. «Лінотип» Мергенталера, [22*].

всіх присутніх машина справила приголомшливе враження: у «Лінотипі» одночасно один рядок автоматично розбирався, другий знаходився у стадії відливання, а третій набирався. З цієї події почалося просування лінотипу в друкарні всіх країн світу.

Лінотипи набули значного поширення у всьому світі. Тільки 1892 р. їх було випущено більше 700 штук.

1891 р. Мергенталер запатентував свою машину в Росії, а на початку ХХ ст.. у Першій Державній друкарні був встановлений

«Лінотип» — перший в Росії. Виробництво вітчизняних лінотипів почали тільки 1932 р. на Ленінградському заводі поліграфічних машин.

Серце будь-якої друкарні — друкарські машини. Мергенталер створив найбільш довершену набірну машину — «Лінотип». Машина більше ста років надійно працювала на поліграфічних підприємствах всього світу.

11.7 Початки фотографії

З незапам'ятних часів було відмічено, що промінь сонця, проникаючи крізь невеликий отвір в темне приміщення, залишає на площині світловий малюнок предметів зовнішнього світу. Предмети зображаються в точних пропорціях і кольорах, але в зменшених розмірах. Ця властивість темної кімнати, або камери-обскури була відома ще старогрецькому мислителю Арістотелю (IV ст. до н.е.). Принцип роботи камери-обскури описав у своїх працях Леонардо да Вінчі.

Перша спроба отримати зображення за допомогою камери-обскури 1802 р. належить англійцям *Гемфрі Деві* та *Томасу Веджвуду*, які експонували в камері звичайний папір, просочений розчином азотнокислого срібла і кухонної солі. Між волокнами такого паперу утворювався хлорид срібла, який і візуалізував зображення різних фігур. Але незабаром експерименти були припинені, оскільки експонування тривало годинами, а зображення виходило мало-контрастним і при розгляді на світлі повністю зникало.

Одним з найбільш важливих внесків у створення реальних умов для винаходу способу перетворення оптичного зображення в світлочутливому шарі з використанням хімічного процесу послу-

жило відкриття молодого російського хіміка-любителя *А. П. Бестужева-Рюміна* (1693–1766) й німецького анатома та хірурга *І.Г. Шульце* (1687–1744). 1725 р., займаючись складанням рідких лікувальних сумішей, Бестужев-Рюмін виявив, що під впливом сонячного світла розчини солей заліза змінюють колір, а 1727 р. Шульце представив докази чутливості до світла солей бромю.

Цілеспрямований пошук хімічного закріплення світлового зображення, одержаного в камері-обскури, винахідники різних країн почали тільки на початку ХІХ ст. Найкращих результатів добилися тепер відомі всьому світу французи *Жозеф Ньєпс* (1765–1833), *Луї-Жак Дагер* (1787–1851) і англієць *Вільям Тальбот* (1800–1877), який і прийнято вважати винахідниками фотографії.

11.7.1 Роботи Ж. Ньєпса

1810 р. Жозеф Ньєпс, військовий інженер, вивчаючи світлочутливі речовини, виявив, що якщо чистий кристалічний йод піддати сублімації, а потім пари його десублімувати на срібну пластинку, то така пластинка стає світлочутливою. На жаль, Ньєпс не зрозумів, що в цьому випадку утворюється світлочутливе йодисте срібло – основа майбутньої фотографії. Враховуючи, що зображення виходило при експонуванні в камері-обскури слабкоконтрастним, Ньєпс прийшов висновку, що йод непридатний для отримання зображення.

З 1813 р. Ньєпс багато займається поліпшенням способу плоского друку — літографії, винайденої *А. Зенефельдером* 1796 р. асфальтовий лак, розчинений у тваринному маслі він наносив на пластину зі скла, міді або сплаву олова з свинцем і експонував її в камері-обскури декілька годин. При дії світла асфальт втрачав роз-

чинність і ставав твердим. У лавандовому маслі відбувалося розчинення тих ділянок асфальту, де не діяло світло. Потім пластина протравлювалась азотною кислотою на певну глибину і після цього залишки затверділої смоли відділялися з її поверхні.

Перше стійке зображення в камері-обскурі Ньєпс отримав 1822 р. Отримані на пластинці заглиблення заповнювалися друкарською фарбою за допомогою валка. Прикладаючи зверху лист паперу, можна було отримати одноколірне позитивне зображення. Не дивлячись на дуже низьку світлочутливість асфальту (витримка на прямому сонячному світлі досягала 6-8 год.), Ж. Ньєпс вважав, що запропонований процес може бути з успіхом застосований для виготовлення картин, малюнків, креслень. 1825 р. він публікує результати свого відкриття, назвавши його *геліографією*. Проте, запропонований процес як чисто фотографічний метод широкого розвитку не отримав.



Рис. 11.7. Оригінал цинкової пластини, покритої світлочутливим асфальтом, Ж. Н. Ньєпса. Музей Техаського університету (США), [6*].

11.7.2 Винаходи Луї Дагерра

Французький художник-декоратор *Луї Дагерр* (1789–1851) винайшов так звану діораму – ряд картин на довгій стрічці полотна, закріпленого на двох вертикальних валах. Перемотуючи стрічку з одного валу на інший, Дагерр демонстрував свої пейзажі гля-

дачам, застосовуючи при цьому різні прийоми освітлення. Це було улюблене видовище парижан.

Дагерр шукав спосіб, що дозволяє швидше малювати такі великі полотна. 1827 р. він зустрівся з Ньєпсом та запропонував йому співпрацю. Незабаром був підписаний 10-річний контракт з Дагерром для вдосконалення відкритого Ньєпсом методу «фіксації зображень природи, не звертаючись за допомогою художника». Ньєпс надав Дагерру детальний опис свого процесу геліографії, а також продемонстрував всю техніку виконання процесів. 1833 р. Ньєпс помирає, а Дагерр за умовами договору успадкував устаткування та всі щоденники експериментів.

Повторюючи досліди Ж. Ньєпса із сублімації йоду на срібну пластину, при випадкових обставинах Дагерр отримав виразне і добре видиме позитивне зображення об'єкту зйомки. 07.01.1839 р. на засідання Паризької академії наук, фізик і астроном *Домінік Араго* доповів про успіхи художника Дагерра, що отримав за допомогою світлового променя міцне зображення на срібній пластині в камері-обскурі. Згодом Французька палата депутатів схвалила закон про придбання винаходу Дагерра у власність держави та призначила довічну пенсію не тільки Дагерру, але і спадкоємцеві Ньєпса синові Ісідору

У серпні 1839 р. цей спосіб був детально описаний і названий *дагеротипом*. Цей видатний винахід ліг в основу всього подальшого розвитку фотографії. Суть його полягає в тому, що мідну пластину, покриту тонким шаром срібла та відполіровану до дзеркального блиску, приводять у контакт із парами йоду, котрий вступає в реакцію зі сріблом, і пластина покривається тонким шаром йодистого срібла, стаючи світлочутливою. Така чутлива пластина експо-

нувалася в камері-обскурі та оброблялась у парах ртуті. Атоми ртуті осідали на поверхні експонованої пластинки тільки в тих місцях, де подіяло світло, даючи при цьому виразне позитивне зображення об'єкту.

Заслуга Дагерра полягала в тому, що він вперше знайшов спосіб перетворення прихованого зображення у видиме внаслідок того, що йодисте срібло під дією світла розкладалося з виділенням дрібних частинок металевого срібла, на яких концентрувалися пари ртуті. Проявлена в парах ртуті пластинка потім оброблялась в розчині кухонної солі для видалення йодистого срібла, що залишилося на ділянках, де не діяло світло. Пізніше вдалося істотно скоротити процес видалення неекспонованого йодистого срібла за рахунок використання тіосульфату натрію.

Світлочутливі пластинки Дагерра насправді були малочутливими. Так, витримка при зйомці яскраво освітлених об'єктів складала близько 15 хв, що мало значні незручності. З'явилася потреба в розробці світлосильних оптичних систем, позбавлених аберації, а для підвищення світлочутливості срібної пластинки стали застосовувати не чистий йод, а суміш йоду з невеликою кількістю бромю.

11.7.3 Роботи Тальбота

Майже одночасно з Ньєпсом і абсолютно незалежно від нього в Англії над методами отримання фотозображення працював видний учений того часу *Вільям Тальбот* (1800–1877). Спочатку Тальбот відтворив експерименти Г. Деві і Т. Веджвуда та відкрив, що зміна послідовності занурення паперу у розчини азотнокислого срібла та кухонної солі істотно підвищує світлочутливість. Він впер-

ше запропонував обробляти просочений папір після тривалого експонування в розчині кухонної солі для видалення залишків хлористого срібла, що дозволило «закріплювати» отримане зображення на папері та зробити його стійким до подальшої дії світла. Розроблений 1835 р. Ф. Тальботом процес отримав назву *калотипія*.

Широке розповсюдження дагеротипа в кінці 30-х р.р. примусило Тальбота повернутися до досліджень калотипії. У 1842–1843 р.р. Тальбот розробив новий фотографічний процес, суть якого полягала в тому, що звичайний папір занурювався в розчині йодистого калію, а потім у розчин азотнокислого срібла. Світлочутливість такого паперу значно підвищилась, порівняно з

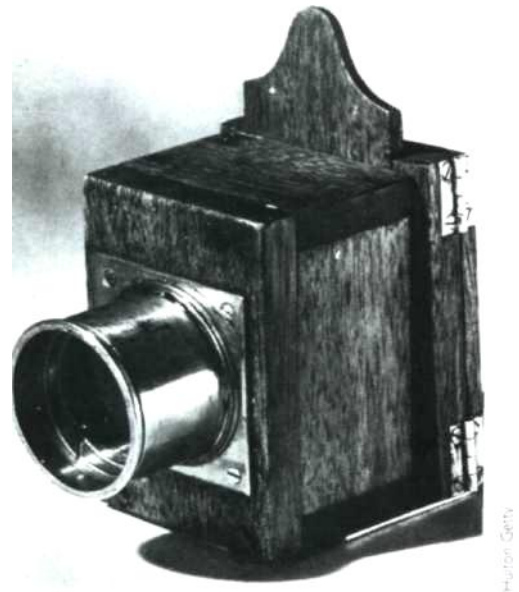


Рис. 11.8. Камера Тальбота, [6*].

пластинками Дагерра, а витримка при зйомці скорочувалася до однієї хвилини. Після експонування паперу в камері-обскурі виходило слабе видиме негативне зображення предмету, що знімався, яке істотно посилювалося обробкою в розчині галієвої кислоти. Негатив після повного циклу хіміко-фотографічної обробки занурювався в розплавлений віск, що робило його майже прозорим і давало можливість вести друк на такий же папір. Таким чином, завдяки відкриттю Тальбота вперше можна було здійснити отримання декількох позитивних копій з одного негативу. Цей винахід було названо *тальботипією*. Крім того, Тальбот створив так званий "чарівний ліхтар" – праобраз сучасного збільшувача, і застосував його для отримання збільшеного позитивного зображення.

Отже, заслуга Тальбота полягала в тому, що він вперше відкрив і застосував на практиці процес проявлення прихованого зображення, розділив фотографічний процес на дві стадії – негативну та позитивну, що дало можливість отримання декількох позитивних зображень з одного негативу за допомогою контактного або оптичного друку.

11.7.4 Відкриття Арчера

1852 р. дагеротип і тальботипія були повністю замінені новим методом, більш довершеним, який став наступним кроком в розвитку фотографії, що отримав назву мокрий колодійний процес, запропонований 1851 р. англійцем *Фредеріком Арчером*. Застосування цього процесу істотно підвищило світлочутливість і дозволило отримати зображення виключно високої якості, особливо за різкістю.

Суть цього процесу: на скляну пластинку наносять шар колоксиліну – особливого сорту нітроклітчатки в суміші спирту й ефіру, який втрачає текучість після випаровування ефіру. Висохла пластинка занурюється спочатку в розчин йодистого калію, а потім у розчин азотнокислого срібла — при цьому в шарі колоксиліну утворюються дрібні кристали йодистого срібла. Така пластинка експонується і поміщується в проявник, що містить солі сірчанокислого закисного заліза.

До переваг мокрого колодійного процесу слід віднести: високу чутливість (витримка при зйомці скоротилася до долей секунди); використання скляної підкладки істотно полегшило друк з негативу; хорошу якість негативного зображення; дешевизну. Проте даний метод володів і недоліками: виготовлення пластинок необхідно

було проводити безпосередньо перед зйомкою; а зйомку і хіміко-фотографічну обробку проводили на ще невисохлій пластинці; швидке висихання шару приводило до його непроникності.

Разом з мокрим колодійним процесом був запропонований сухий колодійний процес, який відрізнявся від першого тим, що у світлочутливий шар вводилися гігроскопічні речовини, – солі літію або магнію, які створювали можливість проникнення вологи у висохлий шар колодію. Сухий колодійний процес усунув деякі недоліки мокрого способу, але дещо зменшив світлочутливість шару і різкість зображення.

Мокрий колодійний спосіб витіснив всі попередні йому методи отримання фотографічного зображення і проіснував до 1871 р. Процес, відкритий Арчером, застосовується й нині в деяких спеціальних областях (поліграфія, виготовлення шкал і сіток тощо).

11.7.5 Винаходи Меддокса і Фогеля

1871 р. англійський лікар *Річард Меддокс* (1816–1902) вперше запропонував для приготування «світлочутливої рідини» використовувати желатиновий білок тваринного походження, що отримується з кісток і шкіри великої рогатої худоби, який добре набухає в холодній воді і стає проникним для водних розчинів. При нагріванні він плавиться, а при охолодженні знову переходить у твердий стан. При сушінні в м'якому режимі виходить плівка, що добре набухає у воді.

Меддокс випадково виявив, що коли у підігрітій желатиновій розчин спочатку ввести азотнокисле срібло, а потім додати бромистий або йодистий калій, то приготована таким чином «суспензія»,

володіє світлочутливістю у багато разів вищою, ніж відомі до цих пір світлочутливі системи. Причому, якщо розчин желатину з мікрочастинками галогеніду срібла, що утворилися в ньому, витримати якийсь час при підвищеній температурі, то світлочутливість емульсії зростає в сотні і тисячі разів. Ця випадково виявлена властивість желатину привела не тільки до того, що з моменту відкриття до теперішнього часу всі фотографічні емульсії готуються в основному на желатині. Використання желатину стало важливим кроком в подальшому розвитку фотографії та створило широкі передумови для промислового виготовлення фотоматеріалів.

Ще одним важливим кроком, що відкрив нові можливості у фотографії, був винахід німецького хіміка *Германа Фогеля* (1834–1896) який 1873 р. виявив, що введення в галогеносрібну емульсію деяких фарбників викликало розширення світлочутливості галогенідів срібла від синьо-фіолетової до довгохвильової частини видимого випромінювання. Це явище отримало назву оптична або спектральна сенсibiliзація та забезпечило прогрес в кольоровій фотографії. Паралельно з удосконаленням фотографічних емульсій велися роботи і з дослідження нових підкладок для світлочутливих шарів. До 80-х р.р. минулого сторіччя всі негативні матеріали готувалися тільки на скляній пластинці, що створювало у свою чергу значні труднощі, особливо при використанні фотографії в польових умовах.

Винахідником фотоплівки вважається американський фотолюбитель *Г. Гудвін* (1822–1900), котрий 1887 р. подав заявку на винахід "Фотографічна плівка і процес її виробництва", що зробило фотографію доступною масовому споживачеві як технічно, так і

економічно. Насправді ж першу фотоплівку запропонував російський винахідник І.В. Болдирєв.

11.7.6 Роботи вітчизняних вчених із вдосконалення фотографічного процесу

У Росії практичне використання фотографії почалося у перші місяці після обнародування його принципів. Ряд учених не тільки виявили живу цікавість до факту відкриття фотографічних процесів, але і взяли плідну участь в їх вивченні й удосконаленні.

Перші фотографічні зображення у Росії отримав видатний хімік і ботанік, академік *Юлій Федорович Фріцше* (1802–1871). Це були фотограми листя рослин, виконані за способом Тальбота.

23.05.1839 р. Фріцше на засіданні Петербурзької Академії наук виступив зі "Звітом про геліографічні дослідження", в якому дав виснажливий аналіз способу Тальбота. Фріцше знайшов калотипію придатною для виконання наукових знімків з плоских предметів. Одночасно Фріцше запропонував внести істотні зміни до цього способу – він рекомендував замінити тіосульфат натрію, що застосовувався, аміаком і на практиці довів, наскільки це покращує зображення.

Доповідь Фріцше на засіданні Петербурзької Академії наук є першою дослідницькою роботою з фотографії в нашій країні та однією з перших дослідницьких робіт з фотографії в світі.

11.7.6.1 Винаходи Болдирєва І.В.

Іван Васильович Болдирєв родом з бідних донецьких козаків, народився 1850 р. З 19 років захопився фотографією. Інтерес до «світлопису» привів його до Петербургу, де він поступив на службу у фотоательє Лоренца, а потім став відвідувати вільним слухачем заняття в Академії мистецтв, закінчити яку із-за матеріальних труд-

нощів йому не вдалося. Працюючи ретушером і помічником фотографа, Іван Болдирєв майже весь свій заробіток витрачав на дорогі фотоматеріали та експерименти із удосконалення фотографування і фототехніки.

У ту пору весь негативний матеріал виготовлявся на основі скла, яке мало два істотні недоліки: по-перше – скло важке, тому фотографи вимушені були вдаватися до допомоги всіляких асистентів, по-друге – воно крихке, що приводило до знищення відзнятого матеріалу із-за щонайменшої необережності в роботі. Спочатку Болдирєв намагався нанести емульсію на паперову стрічку, щоб потім вже в лабораторії переносити її на скло перед самим фотографуванням, але ця процедура виявилася дуже копіткою і трудомісткою, оскільки внаслідок деформування емульсії зображення спотворювалося. Потрібно було знайти легкий, гнучкий і прозорий матеріал для основи. 1878 р. І.В. Болдирєв запропонував новий тип фотоматеріалу – м'яку плівку. Довгі роки витратив він на відстоювання пріоритету запропонованого ним прототипу сучасної фотоплівки, яку не зміг не тільки упровадити в практику, але навіть отримати на неї привілей. Російському винахідникові не вдалося зібрати 150 рублів, які були потрібні для реєстрації його винаходу.

Через два роки, удачливий американський підприємець *Джордж Істмен* заснував підприємство, яке стало незабаром знаменитим на весь світ – «Eastman Kodak», що використало у фотоплівках матеріал, запропонований російським винахідником.

Окрім цього, Болдирєв 1889 р. сконструював точнодіючий моментальний фотозатвор для об'єктиву, який на засіданні Імператорського Російського технічного товариства був визнаний кращим зі всіх наявних того часу.

11.7.7 Кольорове фото

До появи фотоплівки для кольорової фотографії кольоровий процес був специфічним і трудомістким.

Теоретичні основи кольорової фотографії заклав англійський фізик *Томас Юнг*, який 1807 р. показав, що будь-який колір можна отримати, змішуючи у відповідних пропорціях три основні кольори. Довгий час кольорові знімки робили або трьома фотоапаратами з фільтрами різного кольору перед об'єктивом, або одним, в якому послідовно змінювали три пластинки і три фільтри. Потім отримані зображення суміщали. Але 1904 р. французи брати *Луї Жан* та *Огюст Люм'єр*, вже відомі на той час як винахідники кінематографа, запропонували вбудувати кольорові фільтри прямо у фотоемульсію. Так народився метод кольорової фотографії, названий "автохром".

Люм'єри узяли три порції крохмалю у вигляді порошку з прозорих кулястих зерен діаметром 8–20 мікрметрів, і фарбували кожен порцію своїм кольором – синьо-фіолетовим, зеленим і червоним. Підсушивши кольоровий крохмаль, вони змішали всі три порції і посипали цим порошком скляну пластинку, покриту тонким шаром прозорого клею. Щоб розплющити крохмальні кульки в плоскі фільтри, пластинку піддали тиску на межі міцності скла. Нанесли поверх крохмалю прозорий водостійкий лак і звичайним способом полили пластинку желатиноюю бромосрібною емульсією. Пластинку вставили в апарат склом до об'єктиву. Після експозиції та проявлення вийшов кольоровий діапозитив, зображення на якому складалося з кольорових точок різної щільності.

Насправді зображення виходило не досить якісне – було темнуватим і не достатньо різким, оскільки зерна крохмалю поглина-

ли багато світла та розмивали контури предметів. Для виправлення недоліків знімати доводилося через додатковий жовтий фільтр. Пластинки були складні у виготовленні, дорогі, не достатньо чутливі – навіть на сонці була потрібна витримка в декілька секунд, та все ж "автохром" став першим практичним і доступним навіть аматорам способом кольорової фотографії. Метод застосовувався аж до винаходу на початку 30-х р.р. ХХ ст. *Маннесом* і *Угодовські* багатошарових кольорових плівок.

11.8 Відкриття кінематографу

Перші письмові згадки про рухомі зображення на площині відомі людству вже з праць *Платона*, *Герона Александрійського* та *Клавдія Птолемея*. Але система для відтворення рухомих плоских зображень винайдена лише у ХІХ ст.. Сам термін *кінематограф* означає комплекс пристроїв і методів, необхідних для зйомок рухомих об'єктів на кіноплівку з наступним їх відтворенням шляхом проектування на екран. Часто вживається скорочений варіант – кіно, іноді застаріла форма – сінематограф. Увесь кінематограф ґрунтується на інерції зору, тобто короткочасному збереженні в оці об-



Рис. 11.9. Перші «чарівні ліхтарі», [28].

разу об'єкту після його зникнення. Експерименти з інерції зору детально вивчались ще 1824 р. британським фізиком *П. Роджетом* та привели до створення оптичних іграшок (диво-блокнот, зоотроп, фенакістоскоп), в яких при швидкому перегляді серії малюнків створювалась ілюзія руху одного зображення тривалістю декілька секунд. До попередників кінематографу відносять також «чарівний ліхтар» дещо подібний до простого діапроектора, який в комплексі з певними пристосуваннями дозволяв імітувати деякі види рухів. Проте зображення при цьому отримувались нечіткі та невиразні.

Наступним кроком до винайдення кіно було відкриття 1880 р. принципу переривчастого руху, коли обертовий затвор у «чарівному ліхтарі» перекривав світло під час зміни зображень.

Цей принцип у модернізованому вигляді дійшов до наших днів: сучасні кінокамери та кінопроектори мають у своєму складі механізм з обтюратором. Повноцінне ж зародження кінематографу крім технічного розуміння стало можливим при винайденні фотографії, чутливість якої дозволяла проводити зйомку при коротких витримках. Отже, поряд із механікою кіно розвивались та удосконалювались носії зображень.

В основі другої важливої складової кінематографу – кінострічки – винахід фотографії. Але тільки у 50-х р.р. XVIII ст. тривалість експозиції була зменшена до величин, які б дозволяли знімати рухи. Практичне ж використання фотографій, зроблених через рівні проміжки часу (хромофотографії) почалося лише у 1870-х р.р.: англійський фотограф *Ідверд Майбрідж* та французький фізіолог *Етьєн-Жуль Марей* розробили спеціальну фотоапаратуру для спостереження за рухомими об'єктами. Значним поштовхом до розвитку різних механічних систем запису рухів стало винайдення в кінці

1870-х р.р. бромсрібних желатинових емульсій – основи сучасних фото- та кінопроцесів. Таким чином, наступні 80-ті р.р. були присвячені розробці систем, де б об'єднувались два найважливіших елемента кінематографу: створення ілюзії руху за допомогою проєкції окремих зображень і фотографічний спосіб запису руху об'єктів.

В історії залишилось багато славетних імен винахідників, які працювали в різних країнах, але з різних причин (технічних, фінансових, інформаційних тощо) такі дослідження або не були завершені, або мали суттєві недоліки. Так, системи *Марея* та *Майбріджа* мали незадовільні умови для сприйняття, система француза *Еміля Рено* не використовувала в якості зображень фотографію.

Перша вдала спроба створення кінематографічної системи належить відомому американському винахіднику *Томасу Едісону* та його інженеру *Уільяму Діксону*, котрі 14.03.1893 р. отримали патент на винайдений кінетоскоп, а комерційна демонстрація сеансу відбулася через рік – 14.04.1894 р. В кінетоскопі – апараті для перегляду рухомих картинок, вже використовувалась гнучка прозора



Рис. 11.10. Кінетоскоп Едісона, [18*].

стрічка, що була розроблена для перших фотокамер «Кодак», а зображення спостерігалось глядачем індивідуально через віконце. Можливо саме через обмеження для одночасного перегляду на загал популярні деякий час кінокамери Едісона вийшли із широкого використання.

Винахідниками кінематографу ви-

знані французькі хіміки брати *Луї Жан* та *Огюст Люм'єр*. Своєю славою винахідники зобов'язані в першу чергу своєму батькові – *Антуану Люм'єру*, який, придбавши кінетоскоп, запропонував си-нам створити свій апарат, кращий за едісонівський. Завдячуючи Едісону, який не запатентував свій винахід у Європі, Люм'єри використали деякі його ідеї. Вони присвячували увесь вільний час винахідництву, але рішення прийшло за одну ніч. Винайдений апарат поєднав у собі три процеси: знімальний, копіювальний та проєкційний.

Саме пристрій Люм'єрів «сінематограф» дав сучасну назву кінематографу. Брати Люм'єри подали заявку на винахід 13.02.1895 р., але офіційним днем народження кінематографу вважається 28.12.1895 р.. В цей день у Парижі на Бульварі Капуцинів, 14 в індійському салоні «Гран-кафе» був проведений перший публічний платний показ «Сінематографа братів Люм'єрів». В комбінованому апараті світло, від установленної за напівпрозорою стрічкою, потужної лампи проєктує на великий екран ряд послідовних змінюваних зображень. Ефект рухомого зображення досягнуто шляхом демонстрації швидко змінюваних одна за одною, непомітно для ока, одиничних картинок. На екрані – розтягнутому білому полотні на короткий час оживають різні епізоди з місцевого життя. Враження приголомшливе: глядачі скрикують та зіскакують із місць при вигляді потягу, який стрімко наближається з глибини плоского екрана («Прибуття потягу»). Саме цей фільм швидко приніс популярність новому видовищу. З цього часу почалися регулярні покази фільмів братів Люм'єрів, а 1986 р. вони здійснили зі своїм винаходом світове турне.

За короткий час після винаходу та демонстрації брата Люм'єри почали активну зйомочну діяльність, виготовили тисячі фільмів, підготували та розіслали всім світом десятки операторів.

Окрім цього, 1935 р. *Луї Люм'єр* розробив систему стереокіно.

11.8.1 Подальше вдосконалення кіноапаратури

За період з 1894 до 1897 р.р. кіноапарати (хронофотограф, кінетограф, біоскоп, аніматограф, фотосценограф, мутоскоп, біограф) аналогічні до люм'єрівського створюються в Європі, США, Росії.

Світові відомі дослідники німецького винахідника *Макса Складановського*, який 1895 р. в Берліні демонстрував декілька коротких фільмів власного виробництва. Серед засновників кінематографа не можна не згадати винахідника целюлозної плівки *Ганнібала Гудвіна*; *Луї Лапренса*, який придумав перфорацію; *Вільяма Фріз-Гріна* — винахідника кінокамери; створювачів проєкційного апарату — *Бірта Акреса* та *Роберта Пола*; винахідника механізму переривчастого пересування стрічки — *Йосипа Тимченка*.

Йосип Андрійович Тимченко — син кріпака-селянина із с. Окоп, Харківської губернії. Закінчивши церковну-приходську школу, влаштувався до Харківського університету учнем механіка. В майстерні університету пропрацювавши сім років, здобув славу видатного спеціаліста. *Й.А. Тимченко* працював також на одеському заводі Російського товариства пароплавства та торгівлі, був механіком Імператорського Новоросійського університету.

09.01.1894 р. на з'їзді російських природознавців та лікарів у Москві Тимченко демонструє розроблений ним простий апарат для демонстрації проєкції зображення на екран. В апараті «для аналізу стробоскопічних явищ» унікальним був стрибкоподібний механізм

типу «равлик», який у кінопроекторах розпізнається за своїм специфічним «стрекотанням». На жаль, крім чисто наукового інтересу на той час, цей винахід не викликав ніякої зацікавленості.

С тих часів основні принципи будови кінокамери та кінопроектора не зазнали суттєвих змін. У ХХ ст. значущими досягненнями в розвитку кінематографу стали розробки способів відтворення звуку та кольору. Так, перший комерційний звуковий фільм із записаним окремо на диску звуці випущений 1926 р.. Поява на основній плівці звукової доріжки із системою зчитування фотодіодом ознаменувала наступний виток розвитку, а винайдення технології магнітного запису звуку — вважалось вже революційним.

Перші спроби кольорового кінопоказу полягали в розфарбуванні кадрів вручну, пізніше – шляхом проекції через кольорові обертові диски (1911 р.). Сучасні ж кольорові кінофільми мають кольорові зображення, які безпосередньо формуються на плівці.

Принцип сучасного кінематографа залишається незмінним: протягувана за допомогою механічних пристроїв плівка розташована перед спрямованим на екран джерелом світла. Сучасні кіноапарати є певною мірою універсальними, для них не важливий колір плівки, спосіб запису звукової фонограми, формат та довжина стрічки. Кінець ХХ початок ХХІ ст. характеризується новими принци-



Рис.11.11. Сучасний лазерний проектор.

пами запису та відтворення відеозображення та звуку на основі мікросхем і високих технологій сьогодення. Так, все більше розповсюдження набувають лазерні проектори, де зображення створюється на

екрані трьома лазерними променями – червоним, зеленим та синім, відхилення яких забезпечується спеціальними дзеркалами.

Винахід кіно є одним із найвидатніших досягнень людства, яке створило виразні можливості для відображення навколишнього світу.

12 Розвиток засобів зв'язку

12.1 Засоби зв'язку стародавнього світу

Основним засобом передачі повідомлень в стародавню та античну епоху була пошта з допомогою піших і кінних вістових. Використовувалася також і голубина пошта. Проте такі засоби зв'язку не дозволяли встановити регулярне спілкування між людьми.

Разом з цим в античну епоху практикувалася передача повідомлень за допомогою сигнальних вогнів — рання попередниця *оптичного телеграфу*. Винахідником вогненних сигналів вважається *Паламед*. Ця примітивна телеграфія була налагоджена у персів. З цією метою на певних відстанях на підвищеннях встановлювалися майданчики, на яких запалювалися багаття або факели, і звістка швидко передавалася від одного сигнального пункту до іншого. Проте за допомогою такого телеграфу можна було передати лише наперед обумовлене повідомлення, наприклад, інформацію про напад ворога.

У II ст. до н.е. *Полібій* дав опис вдосконаленого оптичного телеграфу, винайденого александрійськими механіками *Клеоксеном* і *Демоклетом*. Згідно проекту на кожному сигнальному майданчику встановлювалися дві башти із зубцями. Між зубцями – 5 проміжків, де запалювалися вогні. Грецький алфавіт ділився на 5 груп по 5 букв. Кожна буква позначалася двома номерами – групи та місця букви усередині групи. Кількість багать або факелів на першій башті позначала номер групи, на другій – номер букви. Телеграф *Полібія* міг працювати тільки вночі.

Є також відомості про використання римлянами в III ст. до н.е. *телеграфу балками*, які піднімалися або опускалися на баштах. Ви-

нахід полягав в тому, що за допомогою декількох балок, що встановлюються на високій щоглі в різних положеннях, передавалися депеші.

12.2 Механічні й оптичні телеграфи XVIII ст..

1791 р. *Клод Чапп* (1763–1805), французький механік, і його брат *Ігнейс* вважаються винахідниками *семафорного телеграфу*, проте, скоріше вони відродили римський балочний телеграф. Їх телеграф – це Т-подібна конструкція з

плечима, що повертаються на різні кути. Вже 1794 р. була побудована перша телеграфна лінія Чаппа між Парижем і Ліоном. Високі башти з жердинами та рухомою шаблinoю будувалися на відстані прямої види-



Рис.12.1. Винахід Чаппа [52].

мости, а взаємне розташування щаблин позначало букву, склад або навіть ціле слово. На станції, що передає, повідомлення кодувалося, і щаблини по чергово встановлювалися в потрібні положення. Телеграфісти подальших станцій дублювали ці положення. Надалі ця семафорна система охопила Францію мережею з 556 станцій із загальною протяжністю 4800 км. Семафор дозволяв вести передачу з середньою швидкістю 3 коди за хвилину. Склалися спеціальні збірки кодів, що дозволяли представляти цілі речення декількома кодовими комбінаціями. Остання подібна семафорна система припинила свою роботу 1860 р. в Алжирі.

Іван Петрович Кулібін (1735-1804) створивши «дзеркальний ліхтар» (прототип прожектора), що давав при слабкому джерелі потужний світловий пучок, 1794 р. запропонував конструкцію *оптич-*

ного телеграфу для передачі умовних сигналів на відстань з допомогою прожекторів. Проте його ідея залишилась непоміченою в Росії.

Менше, ніж за рік, 1795 р. *Джордж Муррей* (1761–1803) в Англії розробив *візуальний телеграф*, аналог Кулібінського. У вересні британське Адміралтейство прийняло проект Муррея і створило першу лінію з 15 станцій. У пристрої кодові комбінації формувалися відкриттям/закриттям шести ступок на спеціальній рамі. Ця система отримала величезну популярність в Англії та США, де використовувалася до 1816 р.

1801 р. *С. Депіллон* розробив семафор для зв'язку корабля з берегом, що використовує переміщення трьох щаблин, піднятих на щоглі – простіший за використанням, ніж семафор Чаппа. Свій винахід він назвав «семафор». Система мала «словник» з 301-го сигналу. «Семафори Депіллона» були розповсюджені у Франції й Голландії та встановлювались вздовж берегової лінії для зв'язку з судами в морі.

1839 р. у Росії була введена в експлуатацію лінія семафорного телеграфу між С.-Петербургом і Варшавою. Надалі вона стала однією з найпротяжніших у світі (1200 км) та діяла до 1854 р.. Сигнал передався із кінця в кінець цієї лінії за 15 хв.

Хоча такі телеграфи і послужили людству більше півстоліття, вони не задовольняли потреби суспільства в швидкому зв'язку. На передачу однієї депеші витрачався значний час. Неминучими були

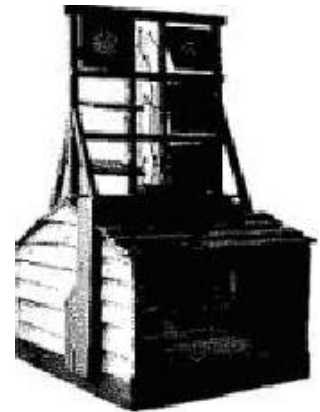


Рис.12.2. Візуальний телеграф Муррея, [21].

й перерви у зв'язку зі складними метеорологічними умовами. Природно, що йшли пошуки більш довершених засобів зв'язку.

12.3 Електростатичні телеграфи

Ідеї про можливість передачі електричних зарядів на відстань і про здійснення таким шляхом телеграфного зв'язку висловлювалися з середини XVIII ст. Так, професор Лейпцігського університету *Іоган Вінклер* удосконалив електростатичну машину, запропонувавши натирати скляний диск не руками, а подушечками з шовку і шкіри та 1744 р. досліджував за допомогою ізольованого підвішеного провідника можливість «передачі електрики на край світу зі швидкістю польоту кулі».

1753 р. шотландець *Чарльз Морісон* вперше пропонує *систему електрозв'язку* між двома пунктами за рахунок прокладання між ними такої кількості ізольованих дротів, скільки букв в алфавіті. Дроти в обох пунктах слід прикріпити до скляних стійок, щоб кінці їх звисали і закінчувалися б бузиновими кульками, під якими на відстані 3-4 мм розташувались букви, написані на папірцях. При торканні в пункті передачі кондуктором електростатичної машини кінця дротини, що відповідає необхідній букві, в пункті прийому наелектризована бузинова кулька притягала б папірець з цією буквою.

1772 р. женевський фізик *Жорж Лесаг* описав проект лінії електричного зв'язку у вигляді 24 мідних дротів, прокладених у глиняній трубці, усередині якої через кожні 1,5–2 м встановлювалися б перегородки-шайби з глазурованої глини або скла з отворами для дротів. Останні, таким чином, зберігали б паралельне розташування, не торкаючись між собою. Лесаг 1774 р. в домашніх умовах провів декілька вдалих дослідів телеграфування за ідеєю Морісона

– з електризацією бузинових кульок, що притягають букви. Передача одного слова займала 10–15 хв.

Англійський фізик і астроном *Френсис Рональдс* 1816 р. почав проводити дослід з *електростатичним телеграфом*. У своєму саду, в передмісті Лондона, він спорудив 13-ти кілометрову лінію з 39 дротів, які підвішувалися за допомогою шовкових ниток

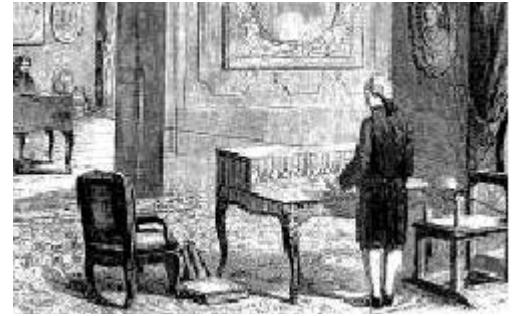


Рис. 12.3. Електростатичний телеграф Лесага, [20].

на дерев'яних рамах, встановлених через кожні 20 м. Частина лінії була підземною – в траншею завдовжки 150 м був укладений дерев'яний просмолений жолоб, на дні якого були розташовані скляні трубки з пропущеними в них мідними дротами. 1823 р. *Рональдс* опублікував брошуру з викладом отриманих результатів – це була перша в світі друкована праця в області електричного зв'язку.

Насправді ж роботи Рональдса відстали від «життя», оскільки ще 1800 р. сталася історична подія: *Алесандро Вольта* (1745–1827), італійський учений, один з основоположників вчення про електрику, отримав безперервний електричний струм. Вольта винайшов перше хімічне джерело струму на мідно-цинковій парі («вольтів стовп») і почалися обширні дослідження постійного електричного струму.

12.4 Винайдення та вдосконалення електромеханічного телеграфа

1820 р. *Ганс Ерстед* (1777–1851), данський фізик, відкрив магнітну дію електричного струму. Під час лекції в Копенгагенському університеті він виявив зв'язок між електричним струмом і

магнетизмом: коли дріт від гальванічної батареї випадково впав на компас, стрілка його відхилилася від «північного» положення.

Буквально через декілька місяців після відкриття Ерстеда знаменитий французький фізик *Андре Ампер* в одному з своїх повідомлень в Академії наук в жовтні 1820 р. першим висунув ідею електромагнітного телеграфу на основі намагніченої стрілки та з допомогою довгого дроту зі струмом.

Не приймаючи новаторську ідею, відомий англійський фізик *П. Барлоу* 1824 р. писав: "У найранішій стадії експериментів з електромагнетизмом Ампер запропонував створити телеграф миттєвої дії за допомогою дротів і компасів. Проте сумнівним є твердження, що можливо здійснити вказаний проект з дротом довжиною хоча б чотири милі. Проведені мною досліди виявили помітне ослаблення дії, що відбувається вже при довжині дроту 200 футів, і це мене переконало в нездійсненності подібного проекту" [20]. Проте, Барлоу помилявся.



Рис. 12.4. Електромагнітний сигналізатор Дж. Генрі, [16].

Через рік *Вільям Стержен* (1783–1850), англійський інженер-електрик, створює перший електромагніт, а *Джозеф Генрі* (1797–1878), американський фізик – удосконалює електромагніт, на основі притягання та відштовхування електромагніту створює коливальний електродвигун (1831 р.) з частотою 75 коливань за хвилину. Того ж 1831 р. демонструє

праобраз електромагнітного телеграфу. Пристрій складався з батареї й електромагніту, сполучених мідним дротом завдовжки в милю (1,85 км), протягнутого стінами лекційної зали. Між полюсами під-

ковоподібного електромагніту був поміщений постійний магніт. Коли на електромагніт подавали напругу, постійний магніт відштовхувався від одного полюса та притягувався до іншого. Після зміни полярності батареї постійний магніт повертався в початкове положення. За допомогою перемикача полярності живлення, Генрі примусив постійний магніт стукати по маленькому дзвінку. Пристрій – *електромагнітний сигналізатор* – демонструвався на лекціях протягом 1831–32 р.р. Тому деякими істориками Генрі вважається винахідником *електромеханічного телеграфу*.

Утілював ідею Ампера в реальну конструкцію, створивши клавішний телеграфний апарат, 1832 р. член-кореспондент Російської академії наук *Павло Львович Шилінг*. На основі цього апарату він створює систему електромагнітного телеграфу, в якій передача електричних сигналів велася особливим 6-значним кодом (розробленим ним же) 8-ми дротяною лінією. Пізніше П. Шилінг побудував систему, в якій використовувався апарат з однією індикаторною стрілкою, а сигнали передавались дводротяною лінією. Свої винаходи в області телеграфії Шилінг з успіхом демонстрував 1835 р. в Бонні на з'їзді німецького товариства природодослідників і лікарів.

Винахідник електромагнітного телеграфу П. Л. Шиллінг першим зрозумів складність виготовлення на зорі електротехніки надійних підземних кабелів і запропонував наземну частину проєктованої 1835-1836 р.р. телеграфної лінії зробити повітряною, підвісивши неізолюваний дріт на стовпах уздовж Петергофської дороги. Це був перший у світі проєкт повітряної лінії зв'язку. Але члени урядового "Комітету з розгляду електромагнетичного телеграфу" відкинули проєкт Шиллінга, що здався їм фантастичним.

1837 р. *Чарльз Уїтстон* (1802–1875), англійський фізик і винахідник, спільно з англійським інженером-електриком *Вільямом Куком* запатентували перший британський *електричний телеграф*, який з 1840 р. став стандартним в Англії. Цей 6-дротовий, 5-стрілочний телеграф, був названий ім'ям Уїтстона. Перша експериментальна телеграфна лінія була запущена в Англії 1840 р. для залізничної компанії «Great Western Railway Company» завдовжки 2,4 км. (Окрім телеграфу Уїтстон сконструював акордеон (1829 р.), запропонував реєстрацію об'ємних зображень – стереоскопію (1838 р.), винайшов перфострічку (1858 р.), відкрив принцип самозбудження електричних машин (1867 р.), запропонував мостовий метод електричних вимірювань (1844 р.)). Через рік Ч.Уїтстон і В. Кук запатентували двострілочний телеграф. Система була економічніша, оскільки вимагала меншу кількість дротів. Наступним удосконаленням став однострілковий телеграф (1845 р.), для передачі повідомлення в якому відправник обертав колесо до тих пір, поки покажчик не зупинявся на потрібному символі. Під час обертання апарат формував відповідне число електричних імпульсів, які посилалися дротами на приймач. Покажчик приймача обертався



Рис.12.5. Вдосконалений телеграф Уїтсона-Кука [41*].

синхронно з покажчиком передавача. Для передачі повідомлень не був потрібний оператор, отже, відправник міг посилати конфіденційні повідомлення. Подібний телеграф використовувався в Англії майже 80 років.

Найбільш успішними в розробці електромеханічного телеграфа були роботи *Семюела Морзе* (1791–1872), американського художника та

винахідника, який 1837 р. запатентував електромеханічний телеграфний апарат. Відомо, що впродовж 1839–42 р.р. сприяв розвитку телеграфу Морзе технічними порадами і суспільною підтримкою Дж. Генрі. Проте, у подальшому Морзе «забув» внесок Генрі в свій винахід, як нерідко трапляється у відносинах між ученим і підприємцем – Морзе й Генрі стали супротивниками. Судова тяжба з порушення авторських прав тривала між ними близько 10 років.

У січні 1838 р. С. Морзе й *Альфред Вейл* публічно продемон-



Рис.12.6. Телеграфний апарат С. Морзе [41*].

стрували практично придатну *телеграфну систему*. Електричні імпульси, передані дротами на відстань 2 миль, привели в дію електромагніт і на паперовій стрічці крапками та рисками (кодом Морзе) чорнилом були надруковані символи першого телеграфного повідомлення. 24.05.1844 р. С. Морзе та А. Вейл закінчили спорудження першої експериментальної телеграфної лінії між

Вашінгтоном і Балтімором (США). Морзе послав перше повідомлення: «What hath God wrought!». 1845 р. у США за ініціативою Вейла були прокладені перші підводні кабелі для телеграфного зв'язку через річку Гудзон і Нью-Йоркську гавань. На жаль, кабелі не забезпечували потрібної якості, оскільки ізоляційним матеріалом був асфальт, віск або шелак. Ці діелектрики не годилися для підводного застосування. Тільки відкриття каучуку (1843 р.) дозволило створювати надійну підводну ізоляцію.

Ернст фон Сіменс (1816-1892), німецький інженер-електрик, ознайомився з електричним телеграфом Чарльза Уїтстона та відзначив його можливості для міжнародного зв'язку. 1847 р. він здій-

снів ряд удосконалень системи і проклав підземну телеграфну лінію для пруської армії. У тому ж році Сіменс переконав молодого механіка й підприємця *Й. Хальське* організувати телеграфну фабрику. 01.10.1847 р. в Берліні була заснована компанія «Telegraphenbauanstalt Siemens & Halske», яка швидко розвивалася, виконуючи значні телеграфні проекти та розширюючи діяльність в інших напрямках електротехніки. Упродовж 1850–53 р.р. компанія збудувала декілька додаткових заводів в Лондоні, С.-Петербурзі, Відні та Парижі. Дослідження Сіменса в електротехніці привели до розробки багатьох нових виробів: 1847 р. він почав використовувати каучук для ізоляції телеграфних кабелів, а це, у свою чергу, дозволило підвищити стійкість кабелів до пошкоджень і вологи, а також понизити їх вагу. Під керівництвом Сіменса, компанія проклала кабелі через Середземне море і між Європою та Індією. В даний час «Siemens AG» – одна з найбільших світових компаній з виробництва електронного, енергосилового, електротехнічного, медичного і військового обладнання.

1847 р. *Робінсон*, американський підприємець, почав просування телеграфу Морзе в Європі. Англія та Франція не прийняли нововведення. У Німеччині компанія «Hannoversche Staatsbahn» зацікавилася винаходом і вже наступного року була відкрита телеграфна лінія між Гамбургом і Куксхевеном. Керівник мережі *Фредерік Герке* поліпшив код Морзе: американська версія коду містила символи трьох різних довжин. Герке запропонував нову систему кодування, що містить тільки дві довжини (крапку і тире). Цей алфавіт відомий до теперішнього часу, як міжнародний код Морзе.

1853 р. *Вільгельм Гінтл*, австрійський фізик, запропонував двосторонній телеграфний зв'язок, що дозволяв одночасну переда-

чу сигналів у протилежних напрямках і реалізував ідею за допомогою двох батарей. Метод отримав назву – «метод компенсації». За цей винахід Гінтл був удостоєний Золотої медалі на промисловій виставці в Парижі 1855 р.

Значний внесок у розвиток телеграфу й *Девіда Едварда Х'ю* (1831-1900), американця англійського походження, професора музики. 1855 р. Х'ю запатентував букводрукувальний телеграф, що набув поширення в Північній Америці та з 1857 р. почав використовуватися в Європі. У пристрої використовувалася клавіатура, кожна клавіша якої забезпечувала друк відповідного символу на віддаленому телеграфному апараті сферичною друкувальною головою. Принцип розташування літер на клавіатурі цього апарату в подальшому використано в друкарських машинках, телекських апаратах і клавіатурі комп'ютерів.

1854 р. багатий нью-йоркський торговець *Цирус Файлд* виступив ініціатором будівництва трансатлантичної лінії зв'язку. Після двох невдалих спроб, 07.08.1858 р., закінчилося прокладання першого трансатлантичного телеграфного кабелю, який функціонував протягом всього 4 тижнів. 1864 р. Файлд почав готувати нову спробу – потрібно вісім місяців, щоб завантажити на корабель кабель, який був виготовлений одним відрізком завдовжки 2700 миль. 15.07.1865 р., кабель був піднятий на борт найбільшого в світі судна «Great Eastern» та почалося його укладання. Залишалося біля 600 миль прокладки, коли кабель зірвався і занурився на дно океану. Роботи з його підйому з глибини 2,5 миль – були марні. Наступна спроба була почата 1866 р. і 27 липня через Атлантичний океан з Канади до Ірландії Файлд послав першу телеграму: «Ми прибули сюди в 9 годин ранку. Все добре. Слава богу, кабель пок-

ладений і знаходиться в робочому стані» [38]. «Great Eastern» знову вийшов в море і 12 серпня почав роботи з підйому кабелю, що обірвався роком раніше. 1 вересня кабель був вдало піднятий і сполучений з новим відрізком кабелю, що знаходився на борту. Вже 17 вересня кабель був підведений до Канади, ставши другою, паралельною, лінією трансатлантичного телеграфного кабелю.

Найбільш вдалий *друкарський телеграф* 1859 р. створив американський винахідник *Джорж Фелпс*. У пристрої використовувалася клавіатура подібна фортепіанній, яка містила 28 клавіш. Пристрій був створений на концепціях розроблених Х'ю. У пристрої використовувався електромагнітний регулятор для роботи на високих швидкостях і реалізована можливість вибору джерела енергії (стисле повітря, пара, пізніше електричний двигун). Пристрій використовувався майже 20 років на багатьох важливих телеграфних лініях США. 1875 р. Фелпс створює друкарський телеграф з використанням електродвигуна. Двигун забезпечував швидкість передачі до 60 символів/хв. (телеграфні апарати Морзе до 30). Пристрій застосовувався на найбільш завантажених лініях.

Еміль Бодо (1845-1903), французький інженер, отримав патент на винахід телеграфного коду, який до середини ХХ ст. витіснив код Морзе в телеграфії. У коді Бодо кожен символ представлявся п'ятизначним (п'ятирозрядним) кодом, сформованим комбінацією сигналів «вкл. – викл.» (струм є – струму немає) рівної тривалості. Це забезпечувало істотну економію часу передачі, в порівнянні з кодом Морзе. 32 комбінації дозволяли кодувати латинський алфавіт, знаки пунктуації і символи управління механічними функціями апарату. 1894 р. Бодо винайшов систему для одночасної передачі

декількох повідомлень одним телеграфним каналом (*мультиплексування*).

12.5 Факсимільні системи зв'язку

Александр Баїн (1810–1877), шотландський фізик і винахідник електричного маятника й електричного годинника, 1843 р. розробляє та патентує першу примітивну *машину-факсиміле*. У «пишучому телеграфі» Баїна використовувався перо, приєднане до маятника. «Документ», що підлягав відправленню, формувався на металевій поверхні. При попаданні пера на провідну (металеву) поверхню формувався сигнал, еквівалентний світлій ділянці. Коли поверхня була не провідною, то це позначалось темною ділянкою. Електричні сигнали передавалися телеграфними лініями на приймач, який фіксував проходження струму та з допомогою маятника зафарбовував папір, оброблений спеціальним чином.

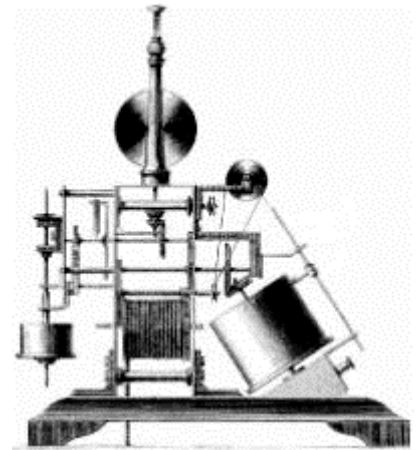


Рис.12.7. Перша факсимільна система А. Баїна, [38].

Новим кроком була розроблена *Фредеріком Бейквелом*, англійським фізиком, *система факсиміле* з використанням покритих фольгою, барабанів, що обертаються, як на стороні, що передає, так і на приймальній. Система була вперше продемонстрована 1851 р. на міжнародному ярмарку в Лондоні (перша практична передача факсиміле). Система Бейквела відрізнялася від системи Баїна тим, що зображення передавалися і одержувались на циліндрах. Зображення наносилося лаком або іншим непровідним покриттям на фо-

льгу, обернуту навколо циліндра передавача. Циліндр обертався з постійною швидкістю завдяки годинниковому механізму. Зображення порядково сканувалося пером, прикріпленим до маятника. Провідні ділянки фольги відповідали білому кольору, непровідні – чорному. Отримані електричні сигнали передавалися телеграфними лініями до приймача. На приймальній стороні зображення синхронно відновлювалося на хімічно обробленому папері аналогічним методом.

Значно вдосконалив систему Баїна *Джованні Каселлі*, італійський професор фізики, винайшовши систему передачі повідомлень факсиміле «Pantelegraphe». Відправник повідомлення записував його на олов'яному листі чорнилом, яке не проводило струм. Далі



a



б

лист кріпився до вигнутої металевої пластини і сканувався маятниковим пером з роздільною здатністю три рядки на мм. На приймальній стороні зображення відтворювалося спеціальним чорнилом, яке вступало в хімічну реакцію з папером, просоченим залізно-ціаністим калієм. Для забезпечення синхронної передачі та відтворення зображення маятники управлялися високоточними годинниковими механізмами. 1863 р. Каселлі заснував першу комерційну службу факсиміле між Парижем і Ліоном. У перший же рік експлуатації системи було передано біля 5 000 факс-повідомлень.

Рис.12.8.«Pant e-telegraphe» Каселлі (*a*) та фрагмент відтвореного зображення (*б*) [30*]

Британський фізик *Шелфорд Бідвелл* винайшов «скануючий фототелеграф» широкого ви-

користання: для передачі зображень діаграм, карт, фотографій тощо, а *Еліш Грей*, на його основі, – пристрій передачі повідомлень факсиміле «Telautograph» (1888 р.). Для просування винаходу на ринок він засновує компанію «Gray National Telautograph Company». Згідно патенту, пристрій дозволяв «передавати підписи (почерк) у віддалені пункти двопровідною лінією. «Телеавтограф»



Рис.12.9. «Телеавтограф» Грея, [30*].

Грея був першим пристроєм факсиміле, що дозволяв фіксувати зображення на стабільному папері. 1893 р. була здійснена перша демонстрація пристрою – передача факсиміле в поліцейський офіс. Пристрій зібрав рекордне число глядачів на Міжнародному ярмарку в Чикаго (1893 р.). 1894 р. *Джордж Тіффані* на основі винаходу Грея розробив швидкісну модель факс-апарата – «Еуека», який отримав національне визнання 1895 р., коли редакція бюро

«Чикаго–новин» засвідчила факсом підписи делегатів з'їзду Республіканської партії в Клівленді, передані на відстань більше 431 милі.

12.6 Винахід телефону та поява радіомовлення

Німецький фізик *Герман Гельмгольц* (1821-1894) звернув увагу, що струни фортепіано вібрують, коли він співав. У своїх експериментах (кінець 50-х р.р. XIX ст.) він примусив камертон вібрувати та видавати звук, при вмиканні та вимиканні живлення електромагніту. Вважається, що цей принцип покладений в основу роботи звукового гучномовця і став основою ідей у винаході телефону.

Шарль Борсеу (1829-1912), французький інженер, фахівець в області телеграфного зв'язку, 1854 р. провів дослідження можливості передачі голосу. Його конструкція (прототип мікрофону) дозволяла перетворювати мову в електричні сигнали, але всі спроби розробити пристрій для зворотного перетворення потерпіли невдачу. Борсеу не зміг започаткувати радіотелефонію.

Перший телефон був винайдений *Антоніо Меучі* (1808-1896), італійцем за походженням, який з 1835 р. жив на Кубі. Талановитий винахідник без підприємницьких здібностей, який володів лише італійською мовою, удосконалив процес гальванізації та винайшов телефонний зв'язок (1849 р.). Через відсутність засобів на реєстрацію, Меучі не зміг запатентувати пристрій (хоч і подав заявку з описом). 1855 р. він організовує у власному будинку телефонний зв'язок, а 1860 р. проводить демонстрацію пристрою для передачі голосу дротами, під час якої голос співака передавався телефонними дротами на відстань декількох миль. 1870 р. Меучі опублікував малюнки свого винаходу (на 6 років раніше Белла). Постраждавши від вибуху на кораблі, Меучі попав до лікарні, а дружина через брак коштів на лікування продала багато з його винаходів (включаючи «телефонний апарат») скупникові потриманих речей. Коли згодом Меучі спробував викупити ці «дорогоцінні» предмети, йому повідомили, що вони перепродані «невідомій молодій людині». Особа покупця так і залишилася загадкою. Неспроможний виплатити суму в 250 американських доларів за реєстрацію патенту, він все одно подавав заявки на «телеграф, що говорив» у 1871, 1872 і 1873 р.р.. 1872 р. Меучі звертається до віце-президента філіалу компанії «Western Union Telegraph Company» із пропозицією продемонструвати можливості свого винаходу надавши технічний

опис, проте не одержує ніякої підтримки. Після двох років очікування, Меучі зажадав від компанії повернення своїх матеріалів, на що одержав відповідь, що документи загублені.

1876 р. А. Белл патентує принцип телефонії, а Меучі вивчивши його патент, звертається до патентного бюро США з проханням повернути заявки на його власний винахід «телеграфу, що говорив». Виявилось, що документи також «загублені». Позов, поданий Меучі проти Белла, розглядався судом 1886 р. Меучі міг пояснити кожна деталь винаходу в найдрібніших подробицях, що не залишало сумнівів щодо авторства винаходу. Але Меучі не зміг виграти процес проти «дорогих» адвокатів Белла, а судові слухання затягувалися та відкладалися з року в рік до самої смерті винахідника.

1861 р. Йоган Рейз (1834-1874), шкільний вчитель з Німеччини, також добився успіху в передачі мови та музики дротами. Пристрій був названий «Telephon», який зовні був схожим на велике дерев'яне вухо. Винахід не знайшов практичного застосування, хоча ще довгий час використовувався багатьма вченими Європи для демонстрацій і лабораторних експериментів.



Рис.12.10. Телефон Белла (1877) та настінний апарат з номеронабирачем Стоугера (1899) [87].

Нарешті, шотланець за походженням *Александр Белл* (1847-1922), котрий з 1871 р. проживав у США і викладав в школі глухонімих, зайнявся розробкою пристроїв, що допомогли б глухим навчитися говорити. В процесі експериментів Белл винайшов телефон (патент від 17.03. 1876 р.). Через багато років Белл ска-

зав: «Тепер я розумію, що ніколи б не винайшов телефон, якби був електротехніком. Який ненормальний електрик пробуватиме те, що спробував я? Моєю перевагою було те, що метою моїх робіт завжди було вивчення звуку» [87].

Протягом наступних 11 років від різних винахідників було подано більше 600 позовів про порушення Беллом авторських прав, але всі вони були вирішені на користь Белла. Один із позовів був від досить відомого вже на той час американського винахідника *Еліша Грея* (1835-1901), який того ж 14.02.1876 р., але на 3 години пізніше Белла подав заявку в американське Патентне бюро на винахід телефону.

У всіх дослідах Белла з телефоном йому асистував *Томас Ватсон*, з яким вперше 09.10.1876 р. був здійснений зв'язок на відстань 2 милі. Белл, заручившись підтримкою підприємця *Мессера Хуббарда*, запропонував свій винахід компанії «*Telegraph Company*», на що експерти дали відповідь: «...ми встановили, що голос дуже слабкий і неясний. Технічно, ми не бачимо перспектив, що цей пристрій зможе коли-небудь посилати розбірливу мову на відстань декількох миль. ... Хуббард і Белл хочуть встановити «телефонні пристрої» в кожному місті. Це ідіотська ідея. Крім того, навряд чи знайдеться хоч би одна людина, яка захоче використовувати цей незручний і непрактичний пристрій, коли він може з будь-якого телеграфного офісу послати зрозуміле повідомлення в будь-яке крупне місто Сполучених Штатів. ... Електрики нашої компанії провели істотні вдосконалення телеграфу. Ми не бачимо ніяких причин, для чого нам слід догоджати витребенькам групи сторонніх винахідників з екстравагантними та непрактичними ідеями, причому за наявності недоліків технічних і економічних чинників даної

ситуації. ... Пристрій є досить обмеженим, хіба що може бути іграшкою... Зважаючи на приведені факти, ми заявляємо, що купівля цього патенту ... украй нерозсудлива, оскільки цей пристрій даремний для нас. Ми не рекомендуємо його ...» [81]. Після цього рішення Белл з Хуббардом створюють власну компанію «Bell Telephone Company».

Еміль Берлінер (1851-1929), американський винахідник німецького походження, зробив важливий внесок до розвитку телефонії та звукозапису. Так, 1877 р. він винайшов вугільний мікрофон і продав патент компанії «Bell Telephone Company», тим самим сприявши становленню однієї з найбільших світових корпорацій в області комунікацій. Через рік *Девід Х'ю* створив мікрофон, що надалі став прототипом вугільних мікрофонів, використовуваних до теперішнього часу. Х'ю відмовився патентувати свій винахід. 08.05.1878 р. продемонстрував пристрій Королівському товариству в Лондоні, а 9 червня – широкій публіці.

Французький винахідник *Клемент Адер* (1841-1925) будує першу в світі систему передачі звуку дротами «theatrophone» (прототип дротяного віщання). Для цього він створив чутливий мікрофон і з його допомогою виявив стереоефект, хоча в той час на стереофонію не звернули належної уваги. 1881 р., використавши 12 таких мікрофонів, було вперше здійснено передачу звуку з Паризької опери телефонною лінією в зал Промислової паризької виставки. 48 слухачів могли слухати оперу, використовуючи по два навушники. Пристрій привернув найбільшу увагу відвідувачів виставки. Створена 1890 р. в Парижі компанія «Compagnie du Theatrophone» за 180 франків у рік пропонувала послуги з передачі «живої» музики з різних театрів на спеціальні телефони, встановлені в готелях,

кафе тощо, а також звичайним телефонним абонентам. Служба мала успіх і працювала до 1932 р.. Були створені лінії дротяного віщання з Парижу до Брюсселя (1887 р.) та з Парижу до Лондона (1891 р.). 1892 р. в Будапешті почала роботу друга в Європі система дротяного радіовіщання. Телефонними дротами завдовжки 354 км обслуговувалося біля 6000 абонентів, які мали можливість слухати регулярні передачі музики, новин, цін фондового ринку, поезії та лекцій.

Американець *Алмон Стругер* 1889 р. винаходить комутаційний автоматичний вузол та для просування винаходу на ринок, засновує 1891 р. компанію «*Strowger Automatic Exchange*» (пізніше «*General Telephone and Electronics*»). Спочатку потрібний абонент вибирався набором комбінації з трьох кнопок. Надалі були запропоновані різні удосконалення, в т.ч. прототип дискового номеронабирача (1897 р.), який використовується до теперішнього часу. У дисковому номеронабирачі телефону Стругера не було отворів, а були виїмки подібні до зубів великої шестерні. Перша автоматична система запущена в комерційне використання 1892 р. в Ла-Порту (США). Система дозволяла автоматично з'єднуватися 99 абонентам. Компанія Стругера прогресивно займалась вдосконаленням моделей телефонів: 1901 р. – з'являється настільний апарат з дисковим номеронабирачем; 1905 р. – дисковий номеронабирач зі звичними сьогодні отворами.

1906 р. компанія «*Bell Telephone Laboratories*» почала встановлювати перші автоматичні телефонні станції (АТС) і розгортати систему автоматичного телефонного зв'язку на території США .

Після 1914 р. патент Стругера втратив силу, тому ім'я винахідника не згадувалося в подальших зведеннях технічних видань.

Дисковий принцип набору номера набув поширення в світі з 1922 р., і до 1961 р. (поява тонального набору) залишався стандартним методом виклику в світовій телефонії.

У Росії піонером телефонної техніки був *П. М. Голубицький* (1845–1911), котрий вніс ряд значних удосконалень до телефону і 1882 р. побудував серію багатополюсних вітчизняних телефонів високої чутливості.

1881 р. російський військовий інженер *Г. Г. Ігнат'єв* (1846–1898) розробив систему телефонування телеграфними дротами, а наступного року на цю ж систему отримав французький патент бельгійський електротехнік *ван Ріссельберге*.

Інженер *К. О. Мосцицький* 1887 р. сконструював «самодіючий телефонний комутатор», що проводив з'єднання невеликої групи абонентів без телефоністок (на два роки раніше *Алмона Брауна*), а 1895 р. винахідник *Апостолов* розробив автоматичну телефонну станцію, що забезпечувала з'єднання групі абонентів в 10 000 номерів.

12.7 Винайдення радіотелеграфа та радіотелефона

Ще 1752 р. *Бенджамін Франклін* (1706–1790), американський просвітитель, державний діяч та вчений, експериментально довів, що блискавка має електричну природу. На підставі власних експериментів з повітряними зміями він прийшов висновку, що «... як тільки грозова хмара опиниться над змієм, загострений дрід прикріплений до його верхньої хрестовини стане витягувати з хмари електричний вогонь і змії наелектризується. А коли дощ змочить змії разом з вірьовкою, зробивши їх тим самим здатними вільно проводити електричний вогонь, ви побачите як він рясно стікає з кінця

вірьовки при наближенні вашого пальця» [38]. Після цих експериментів, Франклін встановлює громовідводи на своєму будинку та на двох громадських будівлях.

1866 р. американський дантист *Махлон Луміс* (1826-1886) провів досліди з передачі сигналів між двома горбами в штаті Західна Вірджинія (США) на відстань 14 миль, використавши антени, підвішені до повітряних зміїв. Коли він розривав і відновлював контакт однієї з антен із землею, в ланцюзі іншої антени виникав струм, що фіксувався гальванометром. Луміс висловив думку про можливість використання атмосферної електрики. 1872 р. він отримав патент США на метод бездротового зв'язку, але брак коштів не дозволив Лумісу продовжити експерименти.

Німецький фізик *Герц* (1857-1894), один з основоположників електродинаміки 1887 р. експериментально довів існування електромагнітних хвиль, підтвердивши гіпотезу Максвелла, експериментально встановив тотожність основних властивостей електромагнітних і світлових хвиль. Герц вперше сконструював генератор і приймач електричних коливань для вивчення індукційної дії коливального контура генератора на коливальний контур приймача при відстані між ними біля 3 м.

Г. Герц лише повторив у лабораторних умовах те, що вже було зроблено М. Лумісом, проте це був надзвичайно важливий крок, який здійснив реальний поштовх до подальших досліджень. Багато винахідників у різних країнах зайнялися питанням використання електромагнітних хвиль для бездротової передачі сигналів. Чималий внесок зробили французький фізик *Еміль Бранлі*, англійський учений *Олівер Лодж*, російський винахідник *Олександр Попов* та італійський – *Гульєльмо Марконі*.

Проблемою бездротової передачі сигналів багато займався американський учений югославського походження *Н. Тесла*. У 1890–1891 р.р. він створив спеціальний високовольтний високочастотний резонансний трансформатор, що відіграв виняткову роль у подальшому розвитку радіотехніки. 1896 р. з його допомогою Тесла передав радіосигнали на відстань 32 км на судна, що рухалися річкою Гудзон.

Величезне значення для подальшого розвитку електрозв'язку мало винайдення на початку ХХ ст. електронних ламп. 1883 р. *Т. Едісон* виявив, що скляна колба вакуумної лампи розжарювання темніє із-за розпилювання матеріалу нитки. Згодом було встановлено, що причиною цього є випускання електронів розжареною ниткою лампи – *явище термоелектронної емісії*. 1904 р. англійський учений *Дж. Флемінг* винайшов вакуумний діод і застосував його як детектор – перетворювач частот електромагнітних коливань в радіотелеграфних приймачах. 1906 р. американський конструктор *де Форест* створив трьохелектродну вакуумну лампу – тріод, а 1913 р. *А. Мейснер* відкрив здатність тріода підсилювати та генерувати електромагнітні коливання. Завдяки цим роботам був побудований перший ламповий радіопередавач. Передавач Мейснера передавав як телефонні так і телеграфні сигнали. У розробці приймально-підсилювальних і генераторних ламп значна роль належить російському фізику *М.Д. Папалексі*, який заклав основи теорії перетворювальних схем в електроніці. У 1914 -1916 р.р. Папалексі керував розробкою перших зразків вітчизняних радіоламп. З 1916 р. при активній участі ученого-радіотехніка *М.А. Бонч-Бруєвича* в Росії було налагоджено власне виробництво електронних ламп.

12.7.1 Роботи О.С. Попова

Перша радіопередача в Росії була здійснена знаменитим винахідником і вченим *Олександром Степановичем Поповим* (1859–1905). 1888 р. учений дізнався про відкриття Герца та негайно при-



Рис. 12.11.
О.С. Попов, [33].

ступив до їх відтворення. 1889 р. в одній зі своїх лекцій, Попов вперше вказав на можливість використання електромагнітних хвиль для передачі сигналів на відстань без дротів. Ознайомившись з роботами Бранлі і Лоджа, Попов продовжував удосконалювати деталі передавача і приймача вводячи нові елементи, як, наприклад, дріт, приєднаний до схеми,

тобто праобраз приймальної антени. 1894 р. в своїх дослідях О.С. Попов почав використовувати як індикатор електромагнітних випромінювань когерер французького ученого *Е. Бранлі* (скляну трубку, заповнену металевими ошурками). Олександр Степанович наполегливо працював над підвищенням чутливості когерера до хвиль Герца і відновленням його здатності реєструвати нові імпульси електромагнітного випромінювання після дії попереднього електромагнітного сигналу. В результаті він прийшов до оригінальної конструкції пристрою для прийому електромагнітних коливань, тим самим, зробивши вирішальний крок до створення системи для передачі та прийому сигналів на відстань. Виявивши, що прилад реагує на грозові розряди, Попов створив „грозовідмітник”, практично використаний для прийому сигналів про наближення грози в метеорологічній обсерваторії столичного Лісового інституту.

07.05.1895 р. на засіданні Російського фізико-хімічного товариства Попов продемонстрував свій апарат, що став родоначальником всіх приймальних пристроїв світової іскрової „бездротової телеграфії”. 24.03.1896 р. був організований прийом першої в світі радіограми у Фізичному кабінеті Петербурзького університету. Станція відправлення знаходилася на відстані 250 м у Хімічному інституті. До приймального пристрою був приєднаний телеграфний апарат, що передавав сигнали Морзе. Перший у світі радіоприймач чутливо реагував електричним дзвінком на послілки електромагнітних коливань, які генерувалися вібратором Герца. Газета "Кронштадський вісник" від 12 травня 1895 р. із цього приводу написала: «...шановний викладач О.С. Попов ... продемонстрував особливий переносний прилад, що відповідає на електричні коливання звичайним електричним дзвінком і є чутливим до герцівських хвиль на відкритому повітрі на відстані до 30 сажень» [80].

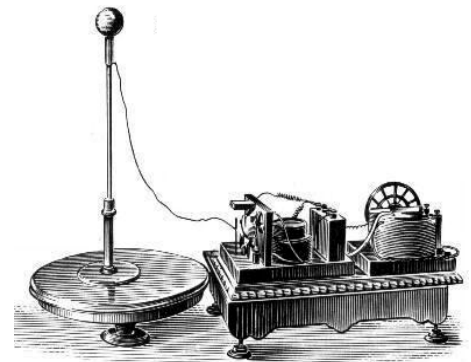


Рис.12.12. Радіоприймач О.С.Попова, [85].

Навесні 1897 р. Попов встановив радіозв'язок на відстань біля 600 м, а потім влітку того ж року – до 5 км між кораблями в Кронштадтській гавані. Під час дослідів виявив, що металеві кораблі впливають на розповсюдження хвиль. Запропонував спосіб визначення напрямку на працюючий передавач. Проте, досить швидко інтерес до винаходу Попова в Росії втатився.

Улітку 1896 р. у пресі з'являється повідомлення про те, що італієць *Гульєльмо Марконі* відкрив спосіб „бездротового телеграфування”. *Г. Марконі* не мав спеціальної освіти, але володів енергійною комерційною та технічною завзятливістю. Ретельно вивчи-

вши все, що було опубліковане з питання про передачу випромінювань без дротів, він сам сконструював відповідні прилади та відправився до Англії, де за підтримки поштового відомства організував приватну фірму "Торгова компанія бездротового телеграфу та сигналів". Перша радіограма була передана в червні 1898 р., 1899 р. Марконі здійснив передачу через Ла-Манш, а 1901 р. – через Атлантику.

Попов та Марконі могли б стати конкурентами у розвитку та впровадженні власних винаходів, але Попов через брак коштів і незрозуміння влади щодо важливості відкриття не міг змагатися з підприємницьким характером Марконі.

Що ж зміг досягти О.С. Попов? Перше практичне використання винаходу Попова в Росії сталося 1900 р., коли броненосець берегової охорони «Генерал-адмірал Апраксін» налетів на камені у південного краю о. Гогланд. Для забезпечення керівництва роботами із зняття броненосця з мілини Попов запропонував організувати радіозв'язок. Під час рятувальних робіт зв'язок між берегом, островом і броненосцем підтримувався бездротовим телеграфом. На берегах острова та материка були споруджені щогли, підвішені антени і встановлена апаратура. При цьому дальність зв'язку досягала 45 км.

1900 р. *П.М. Рибкін* і *Д.С. Троїцький* – помічники Попова – виявили детекторний ефект когерера, на основі якого Попов побудував «телефонний приймач депеш» для прийому та прослуховування радіосигналів на головні телефони (навушники) і запатентував його. Приймачі цього типу випускалися впродовж 1900–1904 р.р. у Росії й Франції та широко використовувалися для радіозв'язку.

1901 р. О.С. Попов на Чорному морі досяг дальності радіозв'язку між кораблями на відстані 150 км. І лише 1904 р., після початку всесвітнього резонансу щодо робіт Марконі, російське морське командування звертає певну увагу на винахід О.С. Попова. Радіотелеграфною апаратурою починають оснащуватись всі кораблі.

15.04.1904 р. бездротовий телеграф знаходить ще одне нове бойове застосування. Станція арсеналу «Золота гора» і броненосець «Перемога» створюють перешкоди телеграфному обміну японських кораблів і тим самим різко знижують ефективність артилерійського обстрілу фортеці Порт-Артур. 1904 р. можна назвати роком народження Російської радіорозвідки.

12.7.2 Внесок Г. Марконі в розвиток радіозв'язку

Гульєльмо Марконі (1874–1937), італійський підприємець, який з 1896 р. у Великобританії проводив перші дослідження з практичного використання електромагнітних хвиль. Г. Марконі – світова визнана фігура в історії розвитку та становлення радіо як засобу зв'язку, за що спільно із К. Браном одержав Нобелівську премію 1909 р.. Ще 1894 р. Марконі почав експерименти з передачі радіосигналів в околицях свого будинку в Болоньї (Італія). 1895 р. розробив апарат, за допомогою якого здійснив передачу сигналів на відстань декількох кілометрів. У своїх дослідженнях розміщував приймач і випромінювач з різних сторін пагорба на відстані близько 2 миль. 02.06.1896 р. Г. Марконі отримав патент Великобританії на винахід бездротового телеграфування. Суть патенту, зокрема, полягала в тому, що для істотного збільшення дальності зв'язку, необхідно використовувати вищу антену. 20.07.1897 р. Г. Марконі зареєстрував в Лондоні компанію «Wireless Telegraph Trading Signal

Company, Ltd.», а вже 27 липня відбулися офіційні демонстрації радіозв'язку на Брістольському каналі (Лондон) і на рівнині Солсбері. На запрошення італійського уряду, Марконі продемонстрував зв'язок між береговим арсеналом Ла-Спезії (Італія) і лінкором «Сан-Мартіно», що знаходився в морі, на відстань 18 км.

У листопаді 1897 р. була відкрита перша стаціонарна станція Марконі в м. Нідлесі (Великобританія) і були проведені сеанси зв'язку з м. Борнмутом (23 км).

На початку 1898 р. Марконі організовує першу в історії радіотехнічну фабрику, на якій працювало близько 50 чоловік. 03.03.1898 р. була вперше, використовуючи радіотелеграфний зв'язок, проведена операція з порятунку теплохода «Mathens», що зазнав аварії.

У липні 1898 р. Марконі здійснив журналістське радіотелеграфне забезпечення для газети «Дейлі Експрес» під час регати Королівського яхт-клубу. Повідомлення з палуби яхти передавалися в Кінгстоун, а звідти телефоном до Дубліна. 26 серпня з допомогою радіотелеграфу був вперше посланий сигнал лиха «SOS» з плавального маяка.

27.03.1899 р. Марконі здійснив телеграфний зв'язок через Ламанш між Англією та Францією на відстань біля 60 км, а у вересні в США – демонстраційний телеграфний радіозв'язок між крейсерами американського флоту «Нью-Йорк» і «Массачусетс».

26.04.1900 р. Марконі у Великобританії отримує історичний патент №7777 на пристрій перебудови частоти. У жовтні Марконі закінчив спорудження найпотужнішої на ті часи телеграфної радіостанції в м. Полду (Великобританія). На радіостанції було встановлено 20 щогл висотою 61 м розміщених колом діаметром 61 м.

Щогли підтримували конічну антенну систему з 400 дротів, ізолюваних вгорі і сполучених в основі, формуючи, таким чином, перевернутий конус. Високочастотний іскровий генератор забезпечував потужність 25 кВт. На початку 1901 р. повідомлення радіостанції Полду приймалися морськими суднами на відстані 1300 км в денний час і до 4000 км вночі.

12.12.1901 р. в Канаді Марконі, разом з асистентом *Дж. Кемпом*, на приймач з дротяною антеною, прикріпленою до повітряної кулі, прийняли сигнали радіостанції Полду – вперше радіоповідомлення перетнуло океан (близько 3500 км). Експеримент показав, що радіосигнали можуть розповсюджуватися далеко за межі горизонту. Цього ж року Марконі створив першу «автомобільну радіостанцію» – апаратура була встановлена всередині спеціально обладнаного автомобільного фургона.

25.06.1902 р. Марконі запатентував «магнітний детектор» – новий вигляд приймального датчика, більш довершений, ніж когерер. Вперше датчик використовувався на борту італійського лінкора «Carlo Alberto», переданого в розпорядження Марконі за наказом італійського уряду. Під час радіотелеграфної кампанії проводився

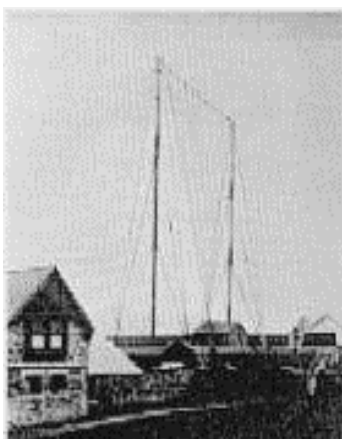


Рис.12.13. Радіостанція Марконі в Полду та перша автомобільна радіостанція (1901), [92].

зв'язок між Неаполем (Італія) і Кронштадтом (Росія), при цьому підтримувався постійний зв'язок з радіостанцією Полду (Великобританія). Магнітний детектор виявився набагато надійнішим, ніж

когерер.

У вересні 1903 р. Марконі, під час плавання з Англії в США на борту пароплава «Луїзіана», організував журналістське обслуговування між Європою й Америкою, запустивши регулярний друк газет на борту судна. 1905 р. винахідник розробив і запатентував горизонтальну направлену антену. Концепція направлених антен виявилася особливо важливою під час Першої Світової війни, оскільки послужила розвитку *методів пеленгації* (визначення напрямку на радіопередавач).

1912 р. Марконі закінчив будівництво нової фабрики у Великобританії та запатентував систему генерування незгасаючих коливань – «timed spark». 1914 р. Марконі створив «кристало-збалансований» приймач: два кристалічні детектори увімкнено так, щоб один приймав сигнали коду Морзе, а інший ослабляв атмосферні перешкоди. Це дозволяло морським судам приймати повідомлення навіть під час грози. 1922 р. Марконі розробив основні принципи використання відбитих радіохвиль для виявлення цілей (ідея радару), а 1924 р. – закінчив спорудження короткохвильової радіостанції на 30–60 МГц для британського уряду та організував пряму радіолінію з м. Корнуолла (Великобританія) до м. Кейптауна (Південна Африка). 30.05.1924 р. Марконі здійснив перший голосовий зв'язок між радіостанціями в Полду (Англія) і Сіднеї (Австралія).

26.07.1934 р. Марконі в Італії продемонстрував устаткування для морської навігаційної системи за допомогою якого судно в тумані або в темноті могло знаходити вхід у гавань. У березні 1935 р. в Італії Марконі провів першу практичну демонстрацію принципів радару.

На початку 30-х р.р. ХХ ст. шотландський інженер *Джон Берд* працював над створенням механічної системи сканування зображення, Гульєльмо Марконі проводив роботи зі створення сканувальної системи за допомогою електроніки. 1936 р. було випробувано обидві системи Берда і Марконі. Система італійського інженера довела свою перевагу в багатьох аспектах: електроніка виявилася надійнішою, ніж механіка Берда, а телевізійники, що приступили до зйомок фільмів, знайшли електронну систему зручнішою, оскільки вона не вимагала такого потужного освітлення, як механічна система Берда. До того ж система Берда мала роздільну здатність 240 строчок, тоді як у Марконі – 405, що забезпечувало вищу якість отриманого зображення.

Цими роботами завершився творчий та життєвий шлях видатного Гульєльмо Марконі.

12.7.3 Дослідження в області радіотелефонії

Ще 1899 р. американський інженер-електрик *Грінліф Пікард* (1877–1956) продемонстрував бездротову передачу мови за допомогою радіохвиль на відстань 10 миль. Для відновлення звукового сигналу з високочастотної складової в приймачі використовувався вугільно-сталевий детектор. Ім'я Пікарда в радіотехніці відоме ще й винаходом кристалічного детектора (1906 р.).

Винахідником принципу амплітудної модуляції вважається *Реджінальд Фессенден* (1866–1932) американський інженер, який 1900 р. розробив принцип накладання хвиль звукової частоти, на постійну радіочастоту для модулювання її амплітуди у форму звукової хвилі. Принцип був названий *амплітудною модуляцією*. Фессенден провів і перші експерименти з передачі голосу по радіо за

допомогою винайденого принципу. З 1902 р., працюючи в «National Electric Signalling Company», проводив дослідження в області радіотелефонії, розробив принцип гетеродина, винайшов радіокомпас, акустичний глибиномір і ін.

24.12.1906 р. *Реджінальд Фессенден* (1866–1932) здійснив першу в США офіційну передачу голосу та музики через радіоефір. Передача велася для суден в Атлантичному океані, на частоті 80 кГц з використанням генератора змінного струму потужністю 1 кВт, розробленого Фессенденом та Александерсоном. Передачу приймали на судах компанії «United Fruit Company», на яких були встановлені «кристалічні» приймачі. Дальність прийому складала більше 100 миль. Ця дата вважається початком використання для передачі сигналів незгасаючих високочастотних коливань.

Унікальні роботи з пошуку матеріалів для кристалічних детекторів, вивчення поляризації радіохвиль і розвитку пристроїв радіопеленгації були проведені американським інженером-електриком *Грінліфом Пікардом* (1877–1956), який був утримувачем понад 100 патентів. Так, 1906 р. він запатентував кристалічний детектор: «...контакт між тонким металевим провідником і поверхнею деяких кристалічних матеріалів (кремній, галеніт, пірит і ін.) випрямляє і демодулює високочастотний змінний струм, що виникає в антені при прийомі радіохвиль» [91]. Пікард зробив безліч пристосувань і конструкцій, щоб полегшити пошук найбільш чутливої точки на кристалі. Кращі з подібних кристалічних детекторів були практично еквівалентні за чутливістю ранішим рідинним детекторам, але із-за більшої технологічності і невибагливості практично повністю витіснили останні. Кристалічні детектори Пікарда стали основою приймачів з так званих кристалічних наборів, які

були найбільш популярні перші десятиліття ХХ ст., поки кристалічний детектор не був замінений електронною лампою. Точково-контактний кристалічний детектор був попередником транзистора. Пікард досліджував також впливи Сонця і сонячних плям на радіозв'язок.

Унікальним, але не на часі, був винахід Александра Белла, який 1897 р. отримав американський патент на винахід «фотофону» («*photophone*») – системи, для передачі мови за допомогою світла. Пристрій переда-



Рис.12.14. Фотофон Белла, [87] .

вав голос світловим променем. Голос людини, «проектувався» через скляну трубку на тонке дзеркало, яке діяло як передавач. Акустичні коливання викликали коливання дзеркала, на яке фокусувалося сонячне світло. На приймальній стороні системи світло потрапляло на параболічне дзеркало, яке направляло його на світлочутливий селеновий елемент (фотоелемент), увімкнений в ланцюг з телефоном. Електричний опір селену, змінювався відповідно до рівня отриманого світла, змінюючи струм, що протікав у колі. Телефон перетворював струм у мову. Це був далекий попередник сучасного волоконно-оптичного зв'язку. У той час пристрій не мав практичного значення.

Значний інтерес до розвитку радіотелефонії був і в Європі. На початок 70-х років ХІХ ст. припадає винахідницька діяльність *Карла Брауна* (1850-1918), німецького фізика, електро- і радіотехніка, якому належать фундаментальні теоретичні дослідження принципів радіозв'язку, що дозволили істотно удосконалити пристрої радіозв'язку. Ще 1874 р. К. Браун виявив односторонню провідність

у кристалів сульфідів металів та відзначив, що кристал у точці контакту з провідником володіє високим опором для струму, що проходив, в одному напрямку та низьким – у зворотному. Надалі винахід поклав початок розробкам різних типів «кристалічних детекторів», що застосовувалися в перших радіоприймачах. К. Браун розробив уперше в історії розвитку радіозв'язку *теорію антен* (зокрема першим запропонував рамкову антену). 1899 р. одержав патент на індуктивний зв'язок між антеною й іскровим розрядником.

1904 р. англійський фізик *Джон Флемінг* (1849–1945) запатентував двохелектродну електронну лампу – «діод Флемінга». Пристрій почали застосовувати в приймачах як детектор радіохвиль. У перший період ламповий діод не міг конкурувати за чутливістю з іншими видами детекторів, що і зумовило його мале розповсюдження. Але через декілька років вдосконалення, лампові пристрої витіснили інші типи детекторів.

1906 р. німецький учений *Георг фон Арко* в Європі здійснив за допомогою радіо передачу голосу на відстань біля 40 км

Майже все свідоме життя присвятив розвитку радіозв'язку американський винахідник *Ал Гросс* (1918–2000). З 1934 р. Гросс розпочав роботи зі створення легкої портативної двосторонньої радіостанції. Результатом яких, став винахід «walkie-talkie» – портативної радіостанції для ведення переговорів в русі. Радіостанції збиралися на мініатюрних електронних лампах і працювали в діапазоні частот 200–300 Мгц. 1941 р. він розробив комплект устаткування для зв'язку між літаками і землею. Наземна радіостанція «Joan» і бортова – «Eleanor», дозволяли підтримувати кодований радіозв'язок між собою так, що переговори практично неможливо було перехоплювати. Ці системи ефективно використовувалися під

час Другої Світової війни для зв'язку американських агентів у Німеччині з американськими літаками. В кінці 1943 р. Гросс зустрівся з *Армстронгом* і ознайомився з принципом регенерації. Надалі Гросс застосував принцип регенерації в своїх розробках, як в передавачах, так і в приймачах. Унікальні розробки Гросса отримали гриф «цілком таємно» та були розсекречені тільки 1976 р.. Після війни Гросс став ініціатором створення радіостанцій персонального використання «для особистого зв'язку». Для цього була створена компанія «Citizens Radio Corporation», яка приступила до розробки трансивера для цивільного зв'язку, а 1946 р. була організована компанія «Gross Electronics Inc.» для розробок в області комунікацій. 1948 р. компанія уклала контракт на постачання комунікаційного устаткування для американської берегової охорони. Для використання в надзвичайних ситуаціях флотом США цією компанією було спроектовано і налагоджено виробництво портативної радіостанції на діапазон понад 400 МГц. 1950 р. Гросс продемонстрував можливість використання переносної радіостанції як «бездротовий видалений телефон», який став прототипом системи персонального виклику (пейджинг). 1959 р. компанія «Gross Electronics Inc.» розробила та побудувала радіостанцію для метеорологічних баз із батарейним живленням без обслуговуючого персоналу. Роботи винахідника в області двостороннього індивідуального радіозв'язку проклали шлях до бездротових і стільникових телефонів, а також пейджерів.

12.7.4 Внесок вітчизняних вчених в розвиток радіозв'язку

Пильчиков Микола Дмитрович народився в Полтаві 1857 р. 1878 р. студент-другокурсник Харківського університету Микола Пильчиков винайшов електричний фонавтограф, на кілька десятиріч випередивши зарубіжних дослідників, серед них і Т. Едісона, фонограф якого був механічним приладом. Після завершення університетського курсу (1880 р.) М.Д. Пильчикова було залишено на кафедрі фізики для підготовки до професорського звання. За 1881–1887 р.р. він готує 18 наукових праць, винаходить і будує дев'ять власних фізичних та фізично-хімічних приладів, з-поміж яких рефрактометр для рідин здобув визнання в Росії та за кордоном. У ці ж роки М.Д. Пильчиков здійснив піонерську за своїм значенням роботу: дослідив район магнітних аномалій у Курській губернії, за що відзначений срібною медаллю Російського географічного товариства. На зібраному матеріалі Пильчиков захистив навесні 1888 р. у Петербурзькому університеті магістерську дисертацію, в якій заклав основи теорії аномалій геомагнетизму та вперше обгрунтував наявність «багатих покладів залізної руди» в межах Курської магнітної аномалії.



Рис.12.17. Микола Пильчиков (1857-1908), [53]

У 1888–1889 р.р. М.Д. Пильчиков перебував у науковому відрядженні за кордоном, де працював у лабораторіях видатних французьких фізиків *Г. Липмана, А. Корню, Н. Маскара*. Тут він здійснив ряд важливих досліджень з електрохімії, зокрема розробив ефективний оптико-гальванічний засіб вивчення процесу електролізу.

Його було обрано членом Французького фізичного товариства та Міжнародного товариства електриків.

Після повернення на батьківщину М.Д. Пильчиков стає професором Харківського університету, читає курси з фізики й метеорології та провадить дослідження з поляризації світла й атмосферної оптики. 1891 р. він заснував магнітно-метеорологічне відділення фізичного кабінету та університетську метеорологічну станцію. Вчений відстоював необхідність вивчення високих шарів атмосфери за допомогою спеціальних стратостатів і з цією метою запропонував конструкцію герметизованої кабіни – провісника сучасних космічних скафандрів. Цей харківський період творчості позначений також низкою блискучих експериментів, створенням нових методів досліджень, конструюванням дотепних приладів – інклінометра, однопиткового сейсмографа та інших.

З 1894 р. М.Д. Пильчиков працює професором фізики Новоросійського університету (м. Одеса). Тут після появи звісток про досліди В. Рентгена він першим в Україні й одним з перших у Росії здійснив вдалі експерименти з X-променями, відкривши низку ще невідомих їхніх властивостей. 1896 р. на основі застосування власного оптично-гальванічного засобу дослідження електролізу М.Д. Пильчиков встановив можливість фіксувати зображення предметів нарощуванням рельєфу на металевих пластинках. Так уперше у світі було відкрито та застосовано на практиці *явище електрофотографування*, назване вченим фотогальванографією.

В Одесі М.Д. Пильчиков провів немало віртуозних експериментів із радіозв'язку. Він прийшов ще до одного видатного досягнення – *винайдення способу керування різними механізмами й пристроями за допомогою радіо*. 05.04.1898 р. Пильчиков уперше про-

демонстрував це своє досягнення, поклавши відлік подальшому розвитку *радіотелемеханіки*. У 1899–1900 р.р. М.Д. Пильчиков здійснив експериментальні й теоретичні дослідження з радіоактивності. В Одесі він заснував перший у Росії за часом спорудження фізичний інститут при університеті, а також вимірювальну лабораторію – одну з найбагатших у тогочасних університетах.

1902 р. М.Д. Пильчиков повернувся до Харкова, де очолив кафедру фізики та фізичну лабораторію у Технологічному інституті. Він збудував першу в місті радіостанцію, де продовжив дослідження з радіозв'язку, зокрема створив модель радіокерованого протимінного захисту для військових кораблів, обладнав радіостанцію на автомобілі тощо. На цей час припадає й завершення його роботи над проблемою захисту радіопередач від перехоплення. Вчений сконструював для цього так званий радіопротектор, випробуваний на бойових кораблях Чорноморського флоту в серпні 1903 р. Унаслідок енергійних зусиль М.Д. Пильчикова фізична лабораторія інституту за п'ять років перетворилася на найбагатшу і найкраще обладнану з-поміж інших вищих технічних закладів тогочасної Росії.

Однак тим планам не судилося здійснитися: виснажений напруженою боротьбою за демократизацію інститутського життя протягом 1905–1907 р.р. проти реакціонерів-чорносотенців, М.Д. Пильчиков 19.05.1908 р. покінчив життя самогубством. Творча спадщина вченого — це близько 100 праць, понад 25 оригінальних приладів та установок, кілька нових експериментальних методів досліджень.

Семен Мойсейович Айзенштейн (1884–1962) народився 25.01.1884 р. у м. Києві. Захопившись ще в юнацькі роки роботами О.С. Попова в області бездротової телеграфії, він 1901 р. відтворив удома систему радіозв'язку Попова, що складалася з іскрового передавача та когерентного приймача й провів перші сеанси радіозв'язку в Києві.

Будучи студентом Київського університету 1904 р. отримує свій перший патент "Система одночасного телеграфування та телефонування без дротів". Завдяки своїм здібностям і фінансовій допомозі батька, Айзенштейн, після закінчення Київського університету, продовжив освіту в Берлінському університеті. 1905 р. в Києві Айзенштейн організовує невелику лабораторію для досліджень в області бездротової телеграфії. Київський генерал-губернатор Сухомлинов, дізнавшись про експерименти молодого ученого в області бездротової телеграфії, надав йому підтримку, добившись від військового відомства фінансування для проведення наукових досліджень і виділення ділянок землі в Києві та Жмеринці, під будівництво потужних експериментальних радіостанцій, які незабаром увійшли до ладу. У той час, ці дві радіостанції були найпотужнішими в Росії. Через деякий час Військове відомство викупило ці станції за 70000 рублів.

С.М. Айзенштейн – один з перших вітчизняних дослідників проводив дослідження з використання незгасаючих коливань, що отримуються за допомогою дугових ламп. 1910 р. у м. Севастополі С.М. Айзенштейном була збудована потужна дугова радіостанція, замість іскрової станції, яка працювала там з 1904 р.

1907 р. Військове відомство Росії вирішило розширити виробництво вітчизняної радіоапаратури та запропонувало С. Айзенш-

тейну закрити свою київську лабораторію, а устаткування перевезти до С.-Петербургу. Незабаром на берегах Неви було створено "Товариство бездротової телеграфії та телефонів системи Айзенштейна". У основі апаратури, що випускалася товариством лежали розробки самого Айзенштейна, який мав близько 20 патентів. У 1908-1909 р.р. були побудовані управлінські і заводські корпуси, а 1910 р. товариство було перетворене в акціонерне під назвою "Російське товариство бездротової телеграфії і телефонів". До складу правління увійшов й Г. Марконі, який мав на той час свою компанію в Росії.

Завод товариства розробляв та випускав різноманітну радіоапаратуру достатньо високого технічного рівня. 1910 р. пройшли успішні польові випробування військових радіостанцій конструкції фірми Айзенштейна. До складу радіостанції, окрім іскрового передавача, входив детекторний приймач з кристалічним детектором, резонансний хвилемір і випробувач струму передавача. Наступного року ці радіостанції поступили в російську армію і замінили застарілі радіостанції конструкції "Marconi" і "Telefunken".

Перед першою світовою війною фірмою Айзенштейна були розроблені, а під час війни виготовлені потужні радіостанції і пеленгатори. Були проведені дослідження щодо зв'язку з підводними човнами і здійснені розробки "електронних реле" (радіоламп). У цей період С.М. Айзенштейн запрошує до наукових досліджень із радіозв'язку на дальні відстані радіотехніка *Карла Брауна* та приватдоцента *М.Д. Папалексі*. У лабораторії ведуться різні науково-дослідницькі роботи пов'язані з радіопеленгацією, з підсилювальними і генераторними електронними лампами, а також займалися розробкою нових лампових схем радіоприймачів і радіопередавачів.

За порівняно короткий термін 1914 р. у лабораторії була виготовлена перша в Росії підсилювальна трьохелектродна лампа, що отримала назву "лампа Папалексі". Особливістю лампи була наявність двох ниток розжарення – робочої і резервної, що збільшувало надійність її роботи. До комплекту лампи входив спеціальний пристрій для підтримки заданого тиску газу в балоні (перші електронні лампи до моменту появи високовакуумного насоса *І. Ленгюра* (1916), були газонаповненими, тобто в розрідженому об'ємі повітря балона містилися пари ртуті або інертного газу). Роботи із конструювання різних типів ламп йшли успішно. Незабаром були створені потужні генераторні лампи (100, 150 і 250 Вт) для передавачів. А вже в грудні 1914 р. С. Айзенштейн провів разом з М.Д. Папалексі перші в Росії досліди з радіотелефонії за допомогою лампових передавачів. Радіотелефонний зв'язок був встановлений на відстані 25 км між С.-Петербургом і Царським Селом. 1914 р. на основі розробок С.М. Айзенштейна були збудовані найпотужніші в Європі іскрові радіостанції – Ходинська в Москві і Царськосільська під С.-Петербургом потужністю по 300 кВт, а також приймальна радіостанція в Твері. Радіостанції використовувалися для зв'язку із столицями країн Антанти. За ці розробки Франція нагородила С. Айзенштейна орденом Почесного легіону і надала статус французького підданого.

На заводі товариства було налагоджено виробництво радіоприймачів, підсилювачів і передавачів на електронних лампах, а для цілей радіорозвідки – радіопеленгаторів. Ці пристрої дозволяли проводити пеленгацію радіостанцій противника та визначати місцерозташування його штабів. До середини війни армія та флот були достатньо укомплектовані засобами радіозв'язку, у чому була чима-

ла заслуга Айзенштейна. У Петербурзі С. Айзенштейн заснував і став редактором першого в Росії радіотехнічного журналу "Вісник телеграфії без дротів".

Після Жовтневого перевороту 1917 р. у С.М. Айзенштейна забрали всю його власність – завод був націоналізований і законсервований на тривалий час. Проте, вже в кінці 1917 р. у Нижньогородській лабораторії відбулося урядове засідання, на якому С.М. Айзенштейн був призначений науковим фахівцем при Вищій радіотехнічній раді з устрою радіомережі Радянської республіки Москва–Владивосток. Через рік він стає керівником будівництва дугової передавальної станції потужністю 100 кВт на Шаболовці в Москві.

На жаль, 1921 р. Айзенштейн зазнає репресій з боку особливо-го відділу ЧК, де йому пред'являється звинувачення в саботажі, через два місяці – у спробі отримати закордонний паспорт, а згодом – у злочинному веденні робіт при будівництві Шабалівської вежі. Не дивлячись на ці проблеми, С. Айзенштейн проводить науково-дослідні роботи із радіозв'язку для транссибірської магістралі, бере участь у конференціях, виступає з доповідями, друкується в радіотехнічних журналах.

Для людини з широким потенціалом підприємця й ученого, яким був С.М. Айзенштейн, така форма життя його не влаштовувала, тому 1922 р. він приймає непросте рішення про еміграцію до Англії, до свого колишнього колеги та друга Г. Марконі й залишається там на завжди.

С.М. Айзенштейн, працюючи в компанії Марконі, керує будівництвом радіозаводів спочатку в Польщі, а потім у Чехії. Під час другої світової війни Айзенштейн займався розробкою електрова-

куумних приладів у фірмі "Marconi", а через два роки після закінчення війни створює власну фірму "English Electric Valve Company Limited", яку очолював до 1955 р., поки не вийшов на пенсію.



Рис.12.15. Папалексі М.Д., [63].

Микола Дмитрович Папалексі (1880–1947) – російський фізик, член-кореспондент АН СРСР (1931 р.), академік (1939 р.). Після закінчення Страсбургського університету працював там же під керівництвом Брауна. У 1911–1912 р.р. під керівництвом Папалексі була розроблена *перша приймально-передавальна радіостанція*, для зв'язку літаків із землею. У 1914–1916 р.р. провів серію робіт із направленої радіотелеграфії, досліди із радіозв'язку з підводними човнами і телекерування, керував розробкою та виробництвом перших вітчизняних радіоламп. У 1923–1935 р.р. разом з Л.І. Мандельштамом керував науковим відділом Центральної радіолабораторії в Ленінграді. За допомогою запропонованого ними інтерференційного методу досліджували розповсюдження радіохвиль над земною поверхнею та здійснили точне вимірювання їх швидкості.

Значних успіхів досяг довгохвильовий радіотелеграф завдяки роботам російського вченого **Валентина Петровича Вологдіна** (1881–1953). 1912 р. Вологдін збудував першу російську машину високої частоти – високочастотний генератор потужністю 2 кВт; 1925 р. побудував потужні генератори, які дозволили здійснити довгохвильовий радіотелеграфний зв'язок між Москвою та Нью-Йорком. Вологдін був одним із засновників Нижньогородської ра-

діолабораторії (1918 р.), де розроблялись потужні машинні високо-частотні генератори його системи. 1919 р. він сконструював перші в світі високовольтні ртутні випрямлячі з рідким катодом, а 1930–1948 р.р. – розробляв теорію їх роботи.



Рис.12.16. Бонч-Бруевич М.О., [69].

Учений-радіотехнік *Михайло Олександрович Бонч-Бруевич* (1888–1940) – професор Московського вищого технічного училища та Ленінградського інституту інженерів зв'язку. Займався створенням електронних ламп і вперше організував у 1916–1919 р.р. їх вітчизняне виробництво, керував Нижньгородською радіолабораторією. 1919 р. розробив і створив першу в світі потужну генераторну радіолампу

з мідним анодом, виведеним назовні для водяного охолодження, 1922 р. спроектував і побудував радіомовну станцію ім. Комінтерну в Москві потужністю 12 кВт, розробляв різні конструкції генераторних ламп і схеми радіотелефонних станцій (1919–1925 р.р.). 1923 р. створив генераторну лампу потужністю 25 кВт, а в 1924–1925 р.р. – потужністю 40 кВт. Під керівництвом Бонч-Бруевича вивчалися особливості розповсюдження коротких хвиль, розроблені перші в світі короткохвильові направлені антени та побудовані короткохвильові лінії дальнього радіозв'язку. Займався питаннями фізики верхніх шарів атмосфери, дослідженнями іоносфери методом відбивання ультракоротких хвиль, автор першого в Росії курсу «Основи радіотехніки» (1936 р.).

1923 р. в Росії створена перша гучномовна приймальна установка «Радіоліна», що складалася з підсилювача високої частоти,

детектора, підсилювача низької частоти й електромагнітного гучномовця, а у вересні 1924 р. в Росії вперше випущено промисловий детекторний радіоприймач для населення «ЛДВ» виробництва Тресту заводів слабого струму в Москві.

12.8 Перші звукозаписувальні пристрої

Томас Едісон (1847-1931), американський винахідник і підприємець, 1877 р. винайшов фонограф – механічний пристрій, здатний відтворювати звук, записаний на барабані, покритому олов'яною фольгою. Фонограф складався з латунного валу з гвинтовою канавкою на зовнішній поверхні, покритого олов'яною фольгою, а



Рис.12.18. Фонограф Едісона, [38].

також тонкого диска (мембрани) із сталеву голкою в центрі. Вал обертався вручну, голка переміщала на прямої різьбі, при цьому звук примушував мембрану вібрувати, а голка залишала у фользі вм'ятини різної глибини. Утворена таким чином канавка була записом звукових коливань. Цей же пристрій служив і для відтворення запису: із-за неоднорідності заглиблень на звуковій доріжці голка стрибала вгору-вниз, примушуючи мембрану коливатися і відтворювати початкове звучання. У наступних моделях використовувався вал, покритий воском, що забезпечило вищу якість звуку.

Через 10 років *Еміль Берлінер* винайшов плоский диск фонографа для запису якого перо рухалося горизонтально, а не вертикально, як на існуючих раніше циліндрах. Цей винахід дозволив мінімувати спотворення, викликані силою тяжіння при звукозаписі.

До речі, Берлінер має багато винаходів: 1908 р. розробляє легкий двигун внутрішнього згорання, який став прототипом подальших моделей двигунів для літаків; 1919 р. разом із сином Генрі розробив вертоліт, який зробив успішний політ; 1925 р. винайшов звукопоглинальну плитку для використання в аудиторіях і концертних залах.

01.12.1898 р. *Вальдемар Поулсен* (1869–1942) данський інженер-електрик розробив і запатентував перший практичний апарат для магнітного запису та відтворення звуку – «telegraphone». Як носій використовувався сталевий дріт, який намагнічувався під дією змінного магнітного поля, що формувалося звуком. Пристрій привернув підвищену увагу на Міжнародній виставці в Парижі 1900 р. Декілька слів, промовлених австрійським імператором Ф. Джозефом, при відвідинах ним виставки були записані на дріт телеграфона. Очевидно – це найраніший з магнітних записів, що збереглися.

Тільки 1927 р. німецький інженер *Фріц Пфлеумер* (1881–1945) отримав німецький патент на магнітну стрічку: «паперова стрічка, покрита залізним порошком, здатним до намагнічення». Надалі, після лабораторних експериментів з дротами та стрічками на основі заліза, Пфлеумер запропонував як альтернативну основу для стрічки – пластмасу. Первинна концепція магнітної стрічки на основі патенту Пфлеумера була розроблена хіміками з об'єднаної компанії «BASF/AEG», яка представила придатну продукцію 1932 р.



Рис.12.19. Перший магнітофон фірми «BASF», [18*]

1936 р. на Берлінській радіовиставці демонструвався перший магнітофон моделі «К-1», розроблений німецькою компанією «BASF» у співпраці з компанією «AEG». Перший магнітофонний запис на плівку здійснено 19.11.1936 р. на концерті Томаса Бічема. Разом з комерційним застосуванням, магнітофон отримав розвиток у військових цілях. Досконалыми були наступні моделі магнітофонів цієї компанії: «Tonschreiber A», який використовували головним чином для запису телефонних переговорів, він мав діапазон відтворюваних частот 50–10 000 Гц; «Tonschreiber B» – застосовувався для швидкого телеграфного зв'язку та голосової радіопередачі з використанням прискореного запису і відтворення (прискорений запис було неможливо приймати на слух, а аналогічних пристроїв в інших країнах не існувало); була розроблена полегшена модифікація з пружинним моторним диском для військових кореспондентів – «Tonschreiber C»; модифікація «Tonschreiber D» – для використання в рамках пропагандистської компанії націонал-соціалістів та «Tonschreiber E», який був попередником «чорного ящика» літаків – дозволяв за записаними даними розбирати причини загибелі літаків.

12.9 Зародження телебачення

Сучасне електронне телебачення зародилося в С.-Петербурзі у проекті викладача Технологічного інституту *Бориса Львовича Розінга* (1869–1933). 1907 р. він оформив патентні заявки в Росії, Німеччині й Англії на винахід телевізійного пристрою з електронно-променевою трубкою (прототипом кінескопа), а 09.05.1911 р. продемонстрував зображення на екрані кінескопа. "...Профессор Розінг, – писав згодом В.К. Зворикін, який асистував Розінгу, а 1918 р.

емігрував в США, ставши знаменитим ученим в області телебачення і медичної електроніки, – відкрив принципово новий підхід до телебачення, за допомогою якого він сподівався подолати обмеження систем механічної розгортки..." [89].

12.9.1 Роботи Дж.Берда

Перші спроби щодо передачі зображення належать шотландському винахідникові *Джону Берду*. Винахід Берда був набором дисків, що оберталися, і жмуту дротів. Воно було механічним, на відміну від сучасного телебачення, заснованого на складній електроніці. Берд запозичив ідею обертальних дисків у німецького студента *Пауля Ніпкова* (1860-1940), який ще 1884 р. розробив їх при конструюванні оптико-механічного пристрою «електронний телескоп». У диску Ніпкова отвори розташовувались спірально, кожен з яких при обертанні сканував окрему частину об'єкту. Це перетворювало зображення об'єкту на ряд строчок – яскравість кожної залежала від яскравості об'єкту. Ніпков просто передавав серію пучків світла на другий диск, який перетворював їх знову в зображення. Берд удосконалив цю ідею та 1923 р. використав фотоелементи для перетворення пучків світла різної яскравості в електричні сигнали. Ці сигнали потім передавалися (спочатку дротами, а згодом і



Рис.12.20. Телевізійна система Дж. Берда, [69].

за допомогою радіохвиль) у приймач. У приймачі неонові лампи мерехтіли відповідно до інтенсивності отриманого електричного імпульсу. Пропускаючи мерехтіння лампи через другий диск Ніпкова,

ідентичний тому, що знаходився в передавачі, він міг спроектувати зображення на екран.

Перше устаткування Берда було справді унікальним: у нього входили консервна банка, голка для шиття, низьковольтна лампочка і картонний пакувальний диск. Увесь прилад був обвитий кільцями дротів. Проте до 1926 р. Берд удосконалив свій винахід: хоча зображення й мало роздільну здатність лише 30 строчок різної яскравості, але було достатньо чітким. Першу демонстрацію Берд провів у своїй маленькій лабораторії в Сохо (Лондон). 1928 р. Берду вдалося передати зображення через Атлантику з Лондона до Нью-Йорка. Того ж року Берд продемонстрував систему, що розділяла кольорове зображення на його складові за допомогою червоно-оранжевих і синьо-зелених фільтрів в отворах диска Ніпкова при скануванні, а потім сполучала їх в проєктоване зображення. Іншим його винаходом, використовуваним і сьогодні, є стереоскопічне телезображення – схоже з віртуальною реальністю комп'ютерних ігор. Для цього зображення сканувалося з різних боків, що створювало тривимірний ефект для глядача.

12.9.2 Перша електронна система дальнобачення Бориса Грабовського

Над ідеєю дальнобачення (так називалося телебачення) працювало багато учених і радіоентузіастів з усіх країн світу. Створити ж повністю електронну систему передачі на відстань рухомого зображення та здійснити практичну трансляцію за цією схемою вперше в світі пощастило *Борису Павловичу Грабовському* –



Рис.12.21. Грабовський Б.П., [70]

сину видатного українського поета Павла Грабовського. Народився Борис Грабовський 26.05.1901 р. у Тобольську, де в царському засланні перебував його батько. 1902 р. після смерті Павла Грабовського сім'я переїхала до Одеси, потім – до Харкова, а на початку 1917 р. Грабовські оселилися в киргизькому селищі Токмак. У 20-х роках Борис навчався у дворічній спеціальній школі в Ташкенті, а згодом поступив на підготовчий курс Середньоазіатського університету. У цьому закладі Борис Грабовський одночасно працював лаборантом, займався дослідженнями з фізики. В його науковій бібліотеці були праці Бориса Розінга з електронної телескопії. Ідея передачі зображення на відстань надзвичайно захопила Бориса. 1924 р. він винайшов катодний комутатор, що став основою побудови передавальної телевізійної трубки. Подальша робота над винайденням електронного телебачення показала, що Б. Грабовському бракує знань. Він поїхав до Саратова, де мешкала його тітка. Вона познайомила винахідника з викладачами математики М. Піскуновим і фізики В. Поповим. Результатом їхньої спільної роботи став проект телеустановки, яку Б. Грабовський назвав "радіотелефот".

26.07.1928 р. у Ташкенті комісія під керівництвом професора Златоврацького приймала експеримент, який здійснювали Грабовський і Белянський. І сталося диво: на маленькому екранчику всі побачили обличчя Белянського. Це вперше у світі в природних умовах за допомогою електронного методу транслювалося рухоме зображення. Борисові Грабовському було запропоновано продемонструвати апаратуру в Москві, але після її пересилки виявилось, що вся вона розтрощена. Новий удар нанесли ідеологи механічної системи телебачення, які назвали "телефот" Б. Грабовського без-

перспективним. 1931 р. Борис Грабовський намагався ще раз переконати всіх у доцільності свого винаходу, але безрезультатно. Після таких ударів долі Борис Павлович тяжко захворів, а одужавши, переїхав з родиною до Бішкеку, де мешкала його мати. Працював, закінчив університет, продовжував займатися винахідництвом. Побудував малолітражний гелікоптер, трикрилий планер, сконструював прилад для орієнтації сліпих, апарат для глухонімих.

І все-таки визнання Бориса Грабовського як винахідника електронного телебачення сталося. 23.12.1963 р. Борис Грабовський одержав листа з Державного комітету з радіоелектроніки, в якому було визнано пріоритет на одержання рухомого зображення за допомогою "Апарата для електронної телескопії". Згодом прийшло і міжнародне визнання. Помер автор одного з найбільших відкриттів ХХ ст. 1966 р. Його поховали у столиці Киргизії – Бішкеку.

12.9.3 Становлення телебачення

На початку 30-х р.р. на закордонних виставках, а потім і в магазинах почали з'являтися телевізори на кінескопах. Проте чіткість зображення залишалася низькою, оскільки передавальна сторона, як і раніше використовувала механічні пристрої для розгортання зображення.



Рис.12.22. Звorkin В.К., [70].

У 1928-1930 р.р. в США і у деяких європейських країн почалися телевізійні передачі з допомогою механічних систем, що дозволяли передавати лише елементарні зображення з чіткістю 30-48 рядків. Регулярні передачі з Москви за стандартом 30 рядків велися на середніх хвилях з 01.10.1931 р. Апаратура розробля-

лася у Всесоюзному електротехнічному інституті *П.В. Шмаковим* і *В.І. Архангельським*.

Величезний внесок у розвиток телебачення й *Володимира Кузьмовича Зворикіна* (1888–1982). З 1923 р. він працював в компанії «Westinghouse» (США), розробляв фотоелементи, фотоелектронні помножувачі, електронні мікроскопи та ін. Отримав патент на *іконоскоп* – першу передавальну телевізійну трубку. У ній зображення фокусувалося зовнішнім об'єктивом усередині іконоскопа. Високошвидкісний електронний промінь послідовно сканував зображення по горизонталі при цьому фотоелементи прочитувального пристрою освітлюються з різною яскравістю і формують імпульси, залежно від кількості світла, що падає на них. Далі інформація перетворюється в електричний відеосигнал і передається на приймальний пристрій, на якому відбувається процес відновлення зображення, подібний до прочитування. На початку компанія «Westinghouse» не оцінила важливість винаходу Зворикіна, але 1929 р. він вразив керівництво компанії при демонстрації вдосконаленої системи. Роботи Зворикіна з передачі відеоінформації дозволили йому заслужити титул «батька телебачення». Уже 1933 р. вдосконалена версія системи Зворикіна використовувалася для передачі відеорепортажу з історичного будівництва хмарочоса в Нью-Йорку «Empire State Building» з роздільною здатністю зображення – 230 рядків!

Одночасно з Бердом і Зворикіним над створенням складнішої системи, скануючого зображення за допомогою електроніки, а не механіки, працював італійський винахідник *Гульєльмо Марконі*. 1936 р. система італійського інженера довела свою перевагу над електро-механічною.

Вже до початку Другої Світової війни близько 20 тис. сімей Великої Британії мали удома чорно-білі телевізори. В ті роки з Палацу Олександра на півночі Лондона велися прямі телепередачі. Решта країн також незабаром підхопила цю новинку, а після війни активний розвиток телевізійних технологій привів до появи кольорових телепередач, уперше здійснених в США 1953 р.

Ще 1925 р. наш співвітчизник *І.А. Адамян* запропонував систему кольорового телебачення з послідовною передачею трьох кольорів: червоного, синього і жовтого. 1954 р. Московським телевізійним центром на Шаболовці були здійснені перші досконалі передачі з почерговою передачею кольорових складових. Спеціальна антена, призначена для передачі сигналів кольорового зображення і звукового супроводу, була встановлена на металевій вежі, спорудженій поряд з Шухівською баштою. Прийом кольорового телебачення проводився на телевізори «Веселка» з світлофільтром, що обертався. Проте така система вимагала значного розширення спектру відеочастот і була не сумісна з існуючою системою чорно-білого телебачення.

1956 р. у лабораторії Ленінградського електротехнічного інституту зв'язку розробили та виготовили під керівництвом *П.В. Шмакова* установку кольорового телебачення з одночасною передачею кольорів. У січні 1960 р. відбулася перша передача кольорового телебачення в Ленінграді з дослідної станції Ленінградського електротехнічного інституту зв'язку. Для прийому передач кольорового телебачення були виготовлені експериментальні телевізори. Впродовж ряду років у Радянському Союзі і в інших країнах проводилися випробування різних систем кольорового телебачення. У березні 1965 р. було підписано угоду між СРСР і Францією про співпрацю

в області кольорового телебачення на основі системи СЕКАМ. Перші передачі у спільній радянсько-французькій системі почалися в Москві з 01.10.1967 р., до цього ж часу був приурочений випуск першої партії кольорових телевізорів. 07.11.1967 р. відбулася перша кольорова телепередача з Червоної площі військового параду та демонстрації трудящих. Впровадження кольорового телебачення відкрило широку можливість для підвищення якості передач, дозволило значно підвищити емоційність сприйняття телепередач і побачити зображення в природних кольорах.

13 Історія розвитку літальних апаратів

13.1 Перші проекти та спроби літати

Серед стародавніх розкопок археологи часто знаходять маленькі фігурки богів і демонів з крилами. Крилаті люди зображені на стінах печер, в яких мешкали стародавні племена. Стародавні єгиптяни свого бога сонця Ра зображали неодмінно крилатим. Крилаті боги були й у багатьох інших народів.

Природно, що приклад птахів, ширяючих у вишині довгі тисячоліття примушував перших авіаторів, наслідуючи їм, майструвати собі крила на зразок пташиних. Літописи повідомляють, що в середньовіччі англійський чернець *Олів'є* з Мальмсбері, італієць, професор математики *Данте* з міста Перуджі та «смерд *Никітка*, боярського сина Лупатова холоп», виготовляли крила та випробували їх на здатність літати.

Збереглися ескізи крил Леонардо да Вінчі, схожі на крила кажана. Леонардо да Вінчі першим зрозумів, що політ з махаючими крилами людині непосильний. Це видно з того, що в пізніших малюнках він зображує нерухомі крила, сполучені з основою літального апарату без усіляких важелів. Він першим запропонував використовувати для літання повітрям винахід старогрецького вченого Архімеда – так званий «архімедів гвинт». І, нарешті, Леонардо да Вінчі замислився над безпекою літання – він виконує ескіз парашута, на зразок пірамідоподі-

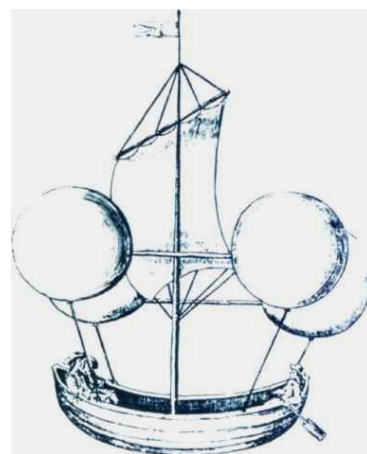


Рис.13.1. Літальний човен Франческо ді Лана, 1670 р., [28*].

бного намету з мотузками по кутах, тримаючись за які, людина могла б безпечно спускатися з висоти.

Італійський чернець *Франческо ді Лана* ще 1670 р. пропонував збудувати легкий човник, а на його бортах підвісити чотири величезні кулі, виготовлені з тонкої міді, викачавши повітря з яких можна піднятися в небо.

Чернець *Бартоломеї Лоренцо Гусмао* з Бразилії запропонував свій проект: величезна куля зі щільної матерії, надута гарячим повітрям. До нас не дійшло ніяких достовірних документів, що підтвердили б, що саме Гусмао винайшов повітряну кулю. Але в свідченнях тих далеких часів мовиться, що ніби то 08.08.1709 р. Б. Гусмао здійснив успішний політ на кулі.

13.2 Аеростати

13.2.1 Винайдення аеростата

1766 р. *Кавендіш* відкрив водень – газ, легший від повітря, а 1781 р. італійський фізик *Кавелло* провів досліди з мильними кульками, наповненими воднем, які легко піднімались. Таким чином,

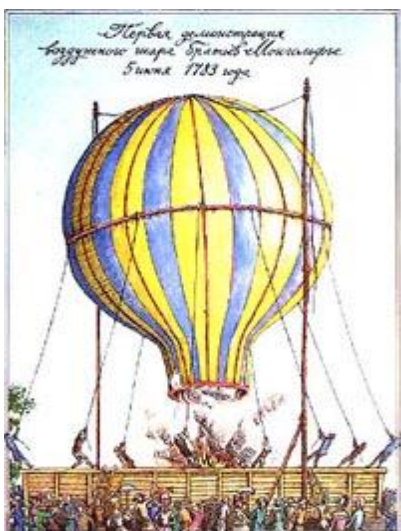


Рис.13.2. Політ першого могольф'єра, 1783 р., [19*].

фактично був розроблений принцип аеростата. Залишалось знайти матеріал для його оболонки. Задачу вдалося розв'язати паризькому професорові *Жаку Шарлю*, що встиг приступити до будівництва аеростата.

Однак, у цей же час свою повітряну кулю запустили брати *Етьєн* та *Жозеф Монгольф'є*, сини паперового фабриканта з міста Аноне. Брати Монгольф'є не мали

тих наукових пізнань, якими володів Шарль, але в них був ентузіазм, наполегливість і гроші. Спочатку вони намагалися наповнити паперову кулю паром, потім димом. Вони думали, що з рубаної суміші соломи і вовни повинна утворитися при горінні особлива електрична пара, що володіє великою підйимальною силою. Незважаючи на абсурдність цього припущення, досліди з нагрітим повітрям дали необхідний результат: куля, об'ємом трохи більше 1 м^3 , після наповнення гарячим повітрям піднялася на висоту 300 м. Натхненні цим успіхом, брати приступили до виготовлення великого аеростата об'ємом 600 м^3 і діаметром 11 м. Його шовкову оболонку зсередини оклеїли папером. Над нижнім його отвором були укріплені грати з виноградної лози, на яких розміщалася жаровня. 05.06.1783 р. відбувся випробувальний політ цього аеростата, який зміг досягти висоти близько 2000 м.

Шарль довідавшись про успішний політ Монгольф'єрів, з подвоєю енергією взявся за будівництво свого аеростата. Механіки брати *Робери* допомагали йому. Оболонку діаметром 3,6 м виготовили з шовку просоченого латексом. Унизу вона закінчувалася шлангою із клапаном, через який можна її наповнювати воднем. Для одержання водню Шарль придумав прилад: у бочку поклали залізні ошурки і налили на них води. На кришці бочки просвердлили два отвори. В один вмонтували шкіряний рукав, з'єднаний з повітряною кулею, а в інший залили сірчану кислоту. При цьому виявилось, що реакція йде досить бурхливо, вода розігрівається й у вигляді пари захоплюється разом з воднем усередину кулі – це призводило до роз'їдання оболонки. Щоб уникнути цього, Шарль придумав пропускати водень через посудину з холодною водою. У та-

кий спосіб газ охолоджувався й одночасно очищався. На четвертий день роботи установки куля була заповнена воднем.

27.08.1783 р. на Марсовому полі відбувся запуск першого шарльєра (так стали називати кулі, наповнені воднем). Куля стрімко злетіла і через кілька хвилин була вже вище хмар, але на висоті близько 1 км, його оболонка лопнула від водню, що розширився.

Одним із глядачів, що були присутніми при запуску 27 серпня, був Етьєн Монгольф'є. Він прийняв своєрідний виклик Шарля і 19 вересня того ж року у Версалі перед очима короля Людовіка XVI, королеви Марії-Антуанетти та незліченної юрби глядачів підняв у повітря кулю діаметром 12,3 м з *першими у світі повітроплавцями*: бараном, півнем і качкою.

21.11.1783 р. величезний монгольф'єр висотою 21 м із двома сміливцями – директором Паризького музею науки *Піларом де Розьє* і армійським офіцером, маркізом *Франсуа Д'арланд*, піднявся з замка Ла-Мюет в околицях Парижа і досяг висоти 1000 м, відкривши нову сторінку в історії людства. Обидва аеронавти підтримували вогонь на ґратах у нижній частині оболонки. Політ продовжувався близько 25 хвилин і закінчився плавним спуском за містом на відстані 9 км від місця старту.

Професор Шарль і брати Робери при конструюванні свого другого аеростата придумали майже все спорядження, яким користуються повітроплавці донині. Оболонку діаметром 8 м за три дні наповнили воднем, і 01.12.1783 р. Шарль з одним із бра-

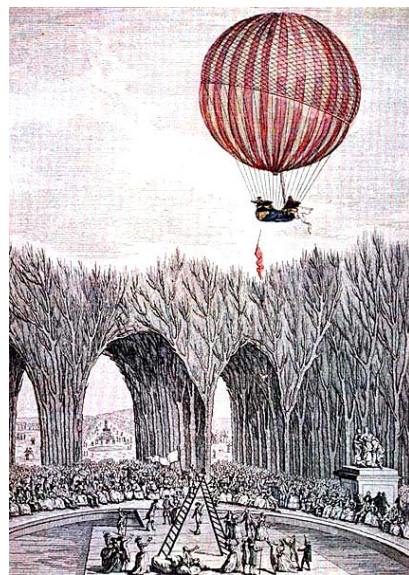


Рис.13.3. Вільний політ Шарля та Робера, [34*].

тів Роберів, увійшли в підвішену під кулею гондолу та попросили Етьєна Монгольф'є перерізати мотузку, що утримує кулю. Політ продовжувався 2 години 5 хвилин на висоті 400 м. Після приземлення Шарль вирішив продовжувати політ один. Полегшена (без Робера) куля злетіла на висоту 3000 м. Через півгодини польоту, випустивши частину водню, Шарль здійснив м'яку посадку.

У багатьох країнах Європи ентузіасти стали з захопленням будувати аеростати і відважно підніматися на них у повітря. У січні 1785 р. знаменитий згодом аеронавт *Жан Блانشар* перелетів через Ла-Манш з Англії у Францію, відкривши в такий спосіб епоху повітряних подорожей. Усі пізніші повітряні кулі дуже мало відрізнялися від тих, що придумали Монгольф'є та Шарль. Узагалі, хоча брати Монгольф'є першими виготовили аеростат, його творцем варто вважати все-таки Шарля, тому що саме його конструкція виявилася найбільш практичною та зручною. Крім того, Шарль винайшов мотузкову мережу, що охоплює кулю і передає на нього вагові навантаження, винайшов клапан і повітряний якір, перший застосував пісок як баласт і пристосував барометр для визначення висоти. Наступні аеронавти не додали нічого істотного у моделі аеростатів.

13.2.2 Зародження вітчизняного повітроплавання

У Росії перший політ на повітряній кулі здійснили в околицях С.-Петербургу 02.07.1803 р. французький повітроплавець *Андре Гарнерен* з дружиною *Елізою*. Першим російським повітроплавцем, що самостійно здійснив польоти 06.10. і 13.10.1805 р. на повітряній кулі-монгольф'єрі, був штабс-лікар *Кашинський*.

31.08.1828 р. у Москві на аеростаті власної конструкції піднялася на висоту 650 м перша російська жінка-повітроплавець пані *Льїнська*, але оскільки вона була міщанкою, а не корінною дворянкою, історичні документи не зберегли її ім'я, не збережена й її біографія. Особливою популярністю в Росії користувався російський повітроплавець *О. Леде*. У польоті 12.09.1847 р. повітряна куля об'ємом близько 610 м³ під управлінням Леде була понесена в Ладозьке озеро, повітроплавець загинув. Це була перша жертва повітроплавання в Росії.

У липні 1897 р. шведський повітроплавець *Соломон Андре*, фізик *Нільс Стрінберг* та інженер *Кнут Френкель* здійснили першу спробу досягти Північного полюса на повітряній кулі, яка закінчилася смертю всіх учасників експедиції.

З 1903 р. в Росії почав видаватися журнал "Повітроплавець", а 1908 р. заснований Всеросійський аероклуб. За ініціативою аероклубу в Петербурзі у вересні-жовтні 1910 р. проводилося перше Всеросійське свято повітроплавання, під час якого учені *В.В. Кузнецов* і *М.О. Ринін* досягли висоти 6400 м та здійснили політ, що тривав більше доби. 12.10.1924 р. Товариство Друзів Повітряного Флоту провело перші Всесоюзні повітроплавні змагання, в яких брало участь 8 аеростатів. У ХХ ст. радянськими повітроплавцями було поставлено безліч рекордів з висоти, дальності та тривалості польотів.

Перший вдалий переліт через Атлантичний океан на повітряній кулі належить американцям *Бену Аbruццо*, *Максу Андерсону* та *Ларрі Ньюмену* (1976 р.). Політ продовжувався п'ять днів і проходив на висотах 5-6 км. Тихий же океан був покорений лише в лис-

топаді 1981 р. японцем *Аські* й американцями *Андерсоном*, *Кларком* і *Ньюменом*.

21.03.1999 р. *Бертранд Піккард* і *Брайан Джонс* здійснили перший вдалий безпосадочний політ навколо Землі.

Аеростат уперше дав людям можливість відірватися від землі і злетіти під хмари, здійснилась багатовікова мрія людини про політ. Тому його створення не даремно поставлене в ряд найбільших людських винаходів. Проте, постала нова проблема – *керований політ*, адже аеростат летів лише за напрямком вітру.

13.3 Перший дирижабль

Французький годинникар *Жюльєн* будує легку модель з триметровою витягнутою оболонкою, усередині якої поміщує годинниковий механізм із пружиною, що швидко обертає два невеликих, вихідних з боків гвинти. 1850 р. *Жюльєн* наповнив свій винахід воднем, завів годинниковий механізм, повітряні гвинти швидко завертілися, і повітряне «веретено», що підганялося гвинтами, полетіло під стелею майстерні.

У Парижі того часу жив паровозний машиніст *Анрі Жиффар*, який з великою любов'ю ставився до техніки та винахідництва. З дитинства *Жиффар* мріяв про повітроплавання. Він навіть познайомився з відомим французьким аеронавтом *Годаром*, і той кілька разів брав його із собою в нетривалі польоти на повітряній кулі. Польоти *Жиффара* дуже сподобалися, однак куля летіла лише за напрямком вітру, і паровозному машиністові це було не по душі. Познайомившись із винаходом годинникаря *Жюльєна*, *Жиффар* був вражений. Модель літала під стелею в будь-якому напрямку,

слухалася керма. Жиффар зрозумів, що проблема тільки за легкою і потужною паровою машиною, за конструювання якої він відразу ж береться. Дирижабль конструкції Жиффара – це оболонка довжиною 44 м, загострена з обох кінців. На неї накидалася сітка, кінці якої кріпилися внизу під оболонкою до довгої дерев'яної балки. А вже до балки посередині підвішувалася площадка з паровою машиною і трилопатеvim гвинтом, що Жиффар назвав пропелером (в перекладі означає «штовхальник»). Парова машина Жиффара разом з котлом важила 160 кг і розвивала потужність у 3 к.с. Пам'ятаючи про сумні випадки вибуху водню, Жиффар вивів трубу від топки котла не нагору, а вниз, подалі від оболонки.

У вересні 1852 р. Жиффар піднявся на своєму дирижаблі з паризького іподрому. День був тихий, машина працювала добре, пропелер почав обертатися зі швидкістю 120 об./хв. Винахід з волі Жиффара полетів у потрібному напрямку, а трикутне вітрило на кінці дирижабля, що служило повітряним кермом, змушувало апарат повертати вправо і вліво, куди хотів Жиффар.

Жиффар був задоволений, але як тільки довелось піднятися вище, де з'явився вітерець, – дирижабль зупинився. Власна його швидкість була біля 10 км/год. Навіть проти слабенького вітру дирижабль стояв на місці, а при вітрі ледве сильніше – рухався хвостом назад.

Жиффар продовжував мріяти про повітроплавання та створює проект гігантського дирижабля, довжиною біля півкілометра. А на Всесвітній виставці в Парижі 1878 р. величезною популярністю у відвідувачів користувався його керований аеростат, на якому піднімався і Менделєєв.

13.3.1 Дирижаблі як засоби повітряного транспорту

13.3.1.1 Дирижаблі нежорсткої конструкції

На початку ХХ ст. дирижаблі стали основним засобом повітряного транспорту. З перших дирижаблів нежорсткої конструкції найбільш відомими були дирижаблі *Сантоса-Дюмона* у Франції, *Парсеваля* в Німеччині та *Болдуїна* в США. Під час Першої і Другої світових воєн збройні сили Великобританії й США застосовували невеликі дирижаблі м'якої конструкції завдовжки ~ 45 м і об'ємом ~ 5400 м³ для несення берегової патрульної служби, супроводу суден і боротьби з підводними човнами противника.

Після Першої світової війни фірмою «Гудьїр» (США) під керівництвом *П. Літчфілда* була побудована серія дирижаблів м'якої конструкції з гелієм, які знайшли широке застосування в різних областях. Для них були розроблені спеціалізовані пристрої, такі, як причальна щогла, пристосування для огорожі баластної води, неонові сигнальні вогні та кормові вітрила. Ці дирижаблі здійснили безліч польотів над територією США і перевезли величезне число пасажирів, доставляли поштову кореспонденцію, здійснювали аварійно-рятувальні роботи. Найменший з них – одномоторний «Пілігрим» – мав об'єм 1400 м³.

Для ВМС США були збудовані дирижаблі об'ємом близько 20 000 м³. Останній з них мав розділену на відсіки гондолу, що складалася з кабіни управління, відсіку з двигуном середньої потужності, що обертав два гвинти, винесені на кронштейнах з двох боків гондоли, кабіну для розміщення спостерігачів і хвостовий відсік для зберігання палива, продуктів та устаткування. Два двигуни потужністю 405 кВт кожен надавали йому швидкості польоту

понад 120 км/год. Матеріалом для оболонок більшості дирижаблів нежорсткої конструкції, зазвичай, служила прогумована тканина.

1929 р. фірма «Меткалф ершип» (США) збудувала дирижабль з тонким металевим корпусом конструкції *P. Ансона*. Він мав сигароподібну форму та вісім стабілізаторів. Форма дирижабля у польоті зберігалася за допомогою внутрішнього тиску газу.

13.3.1.2 Дирижаблі напівжорсткої та жорсткої конструкції

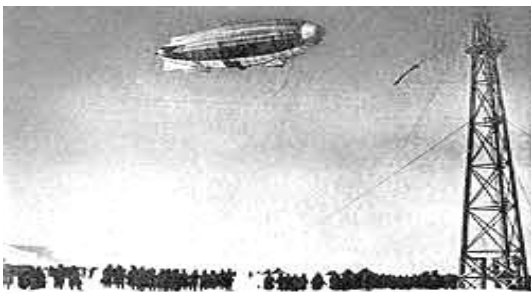


Рис. 13.4. Прибуття «Італії» на о. Шпіцберген, 08.05.1928 р., [46].

Бажання більш рівномірно розподілити вагу гондоли, силової установки, палива та корисного вантажу всією довжиною дирижабля спонукало конструкторів створити

кильову конструкцію, яка в кінці 1910-х років утілилася в дирижаб-

лях напівжорсткої конструкції. Це новий напрям в дирижаблебудуванні одержав найбільше прихильників у Франції (брати *Лебоді*) й особливо в Італії, де *Умберто Нобіле* побудував декілька дирижаблів, найвідоміші: «Рома» (1919 р.), «Норвегія» (1923 р.) та «Італія» (1928 р.). Саме на дирижаблі «Норвегія» 1926 р. норвезько-американсько-італійська експедиція у складі 16 чоловік під керівництвом Р. Амундсена, Л. Елсуорта і У. Нобіле здійснила перший трансарктичний безпосадочний переліт за маршрутом Рим – Північний полюс – Аляска, подолавши 13000 км (з них більше 4000 км над Арктикою). Експедиція довела, що в центральній Арктиці немає ніякого континенту, існування якого тоді все ще вважали за можливе. На жаль, трансарктичний політ експедиції на «Італії» 1928 р. завершився катастрофічно.

Після Другої світової війни фірмою «Меткалф ершип» були створені перші дирижаблі нежорсткої конструкції об'ємом 27 000 м³ з двома двигунами, що розташовувалися всередині гондоли, потужністю 515 кВт кожен. Для приводу гвинтів, розташованих поза гондолю, використовувалися трансмісії та редуктори. Ці дирижаблі продемонстрували високі льотні якості. У березні 1957 р. один з них здійснив політ, що тривав 264 год. без дозаправки паливом. Він вилетів з Бостона та, пролетівши уздовж берегів Португалії, Африки і над островами Зеленого Мису, повернувся до узбережжя США й провів посадку у Флориді.

Великий дирижабль жорсткої конструкції, зовнішня обшивка якого зберігає свою форму незмінною незалежно від тиску наповнювального газу завдяки балочному каркасу відповідної форми, вперше був збудований в Німеччині за ініціативи та наполегливості графа *Фердинанда фон Цепеліна*. У період з 1900–1937 р.р. фірма «Цепелін» побудувала близько 130 дирижаблів.

Перші цепеліни широко використовувалися для перевезення пасажирів, брали участь у військових діях на суші та несли патрульну службу на морі. Каркас дирижабля набирался з кільцевих поперечних силових елементів, які сполучали поздовжніми алюмінієвими балками, стягнутими сталевими струнами. На каркас натягалася оболонка, усередині якої розміщувалося декілька газових резервуарів, покритих позолотою і розділених дротяними перегородками. Після Першої світової війни роботи із створення цивільних транспортних цепелінів були продовжені *Г. Екнером*. Першими післявоєнними дирижаблями для повітряних подорожей були «Бодензеє» і «Нордштерн», що мали об'єм понад 20 тис. м³ і розвивали швидкість до 128 км/год. Дирижабль «Граф Цепелін» об'ємом 100

тис. м³, заповнений воднем, мав у своїй конструкції 17 відсіків, п'ять двигунів потужністю 390 кВт кожен, які могли працювати як на бензині, так і на газовому паливі, що дозволило використовувати робочий газ, який зазвичай доводиться випускати через клапани для компенсації ваги палива, витраченого у польоті.

Побудований 1936 р. «Гінденбург» об'ємом 190 000 м³ із 16 відсіками з синтетичної тканини, заповнювався воднем, був неперевершеним засобом для транспортування пасажирів повітрям. Цей сигароподібний апарат завдовжки 253 м і діаметром 41 м мав 4 двигуни Дизеля потужністю 780 кВт кожен, обладнаних механізмом реверсу. Він міг перевезти вантаж вагою 90 т на відстань 12 800 км. На жаль, 06.05.1937 р. при посадці в Лейкхерсті (США) він потерпів аварію та був знищений полум'ям повністю, загинуло 36 чоловік.

У період з 1915–1930 р.р. у Великобританії теж було збудовано декілька серій дирижаблів жорсткої конструкції. Англійський



Рис.13.5. Дирижабль «Zeppelin LZ-127», 1928 р., [45].

дирижабль R-34 об'ємом 55 300 м³, що мав п'ять двигунів потужністю 200 кВт кожен, здійснив 1919 р. *перший трансатлантичний переліт*. Дирижабль R-101 об'ємом 135 000 м³, завдовжки 212 м і діаметром 44 м мав силову установку з п'яти двигунів Дизеля потужністю 480 кВт кожен. Його каркас

було виготовлено з нержавіючої сталі. У Великобританії була розроблена техніка швартування дирижаблів жорсткої конструкції до високих причальних щогл.

У США першим дирижаблем жорсткої конструкції був дирижабль ВМС США «Шенандоа» з металевим корпусом, який мав таку ж форму, як німецькі цепеліни періоду Першої світової війни. Потім з'явилися «Акрон» (1931 р.) і «Макон» (1933 р.), побудовані корпорацією «Гудьїр – Цепелін», об'ємом 175 000 м³ кожен, діаметром 40 м і завдовжки 240 м. Як підйомний газ у них використовували гелій та було введено деякі вдосконалення до конструкції. Вісім двигунів Майбаха з пристроями реверсу потужністю 420 кВт кожен встановлювалися в окремих відсіках по чотири двигуни з кожного боку дирижабля. Головна кабіна управління розміщувалася під корпусом у передній частині дирижабля. Крім того, була допоміжна кабіна управління, що розташовувалася в нижньому стабілізаторі.

Ці дирижаблі могли швартуватися до стаціонарної або пересувної щогли. Дирижабль «Макон» мав крейсерську швидкість 136 км/год при дальності польоту 16 000 км. Загальна вага дирижабля складала 200 т при корисному вантажі 90 т. В запасі ще залишалось 15 т динамічної підйомної сили, яку можна було використовувати для компенсації ваги крижаної кірки або інших непередбачених навантажень. Ці дирижаблі мали відмінну маневреність і могли здійснити розворот з радіусом, який лише в чотири рази перевищував їх довжину.

У Радянському Союзі перший дирижабль був побудований 1923 р. Пізніше була створена спеціальна організація "Дирижабльстрой" яка в 1927–1937 р.р. побудувала та здала в експлуатацію декілька потужних дирижаблів. 1937 р. радянський дирижабль "СССР-В-6" встановив *світовий рекорд тривалості польоту* – провів у польоті 130 годин 27 хвилин. Офіційна доставка пошти на ди-

рижаблях Радянського Союзу здійснена 1932 р. під час першого польоту дирижабля «УК-1 імені 1-го Травня».

Катастрофи дирижаблів, що проте почалися, серйозно підірвали віру про надійний транспортний засіб. 06.05.1937 р. потерпів катастрофу "Гінденбург", загинули в катастрофах американські "Шенандок", "Акрон" і "Макон", французький "Діксмюде" й англійський "Р-101". Поки розбиралися з причинами цих катастроф, прогрес авіації практично завершив еру дирижаблів.

13.4 Роботи в області створення літального апарата

13.4.1 Планери Лілієнталя

Першим пілотом-дослідником справедливо вважають *Отто Лілієнталя*, роботи якого отримали загальне визнання та мали безліч послідовників.

З юнацьких років Отто зі своїм молодшим братом Густавом майстрували моделі планерів, займались експериментами з «махольотом» біпланової конструкції, де поворотно-поступальний хід на крила передавався велосипедним механізмом. Після серії дослідів Лілієнталь переконався, що зусилля людини не вистачить, щоб підняти її в повітря.

Улітку 1870 р. Отто завершив навчання в Королівській ремісничій академії та після нетривалого перебування в армії, вийшовши в запас, продовжив експерименти. Через фінансові труднощі експерименти доводилось відкладати на невизначений час.

Тільки 1889 р. Лілієнталь будує перший планер-моноплан та проводить перші льотні випробування. 1890 р. з'являється другий планер, а його випробування надають необхідний досвід балансування апарату власним тілом. 1891 р. Лілієнталь виготовляє з вер-

бових гілок, обтягнутих батистом, просоченим воском, третій планер, оснастивши його хвостовим стабілізатором і кілем. На ньому 43-річний Лілієнталь здійснив поблизу Берліна, перший справжній політ на дистанцію 25 м, почавши тим самим відлік ери практичної авіації.

1893 р. брати спорудили новий стартовий майданчик – башту з похилим дахом, усередині якого тримали готові планери. На шостому апараті з крилом площею 14 м^2 і вагою 20 кг Лілієнталь вперше подолав відстань більше 200 м.

Отто Лілієнталь виготовив 18 моделей планерів і здійснив понад 2 000 польотів на них. Він прийшов висновку, що, оснастивши планер двигуном, можна не просто планувати з висоти, а літати посправжньому. Для цього випробував двигун, що працював на природному газі й обертаючий шестилопатеви́й пропелер, але він виявився важким та недостатньо потужним. Аналогічною невдачею завершився дослід з двоциліндровим двигуном, що працював на парах вуглекислоти за принципом парової машини. Інших компактних і потужних силових установок у той час ще не існувало.

Починаючи з дев'ятого, Лілієнталь оснащував апарати «парашутами». Так він охрестив прямі, еластичні рейки, що були вбудовані в носову частину планера та оберігали пілота при пікіруванні. На одинадцятому апараті винахідник встановив кермо висоти, яким управляв за допомогою троса.

З 1895 р. Лілієнталь став займатися виключно біпланами, оскільки така схема дозволила скоротити розмах крила, зберігши його підймальні властивості. Відкриттям німецького ученого стали дві штанги, якими пілот змінював у польоті кривизну крила – балансування старим способом ставало непотрібним.

1895 р. познайомитися з Отто приїхав М. Жуковський, з яким німецький дослідник вже переписувався, обмінюючись результатами наукових досліджень. Лілієнталь продемонстрував політ і благополучно приземлився. Під час цієї зустрічі Лілієнталь подарував Жуковському планер, який нині виставлений в меморіальному музеї М.Є. Жуковського в Москві.

13.4.2 Проекти винахідників кінця XIX ст.

Особливе місце серед ідей XIX ст. займають два видатні проекти, які принаймні на три чверті століття випередили свій час: літак із крилом трикутної форми та повітряно-реактивний двигун до нього. Автором цих проектів був відставний артилерійський офіцер *Микола Панасович Телешов*. 1864 р. він розробив проект, названий “Системою повітроплавання”, – проект пасажирського літака на 120 чоловік з паровою машиною та повітряним гвинтом. Цей проект не одержавши визнання, був перероблений у проект літака з назвою “Дельта”. Для нього проектувався і повітряно-реактивний пульсуючий двигун, названий “теплородним духометом”, – прототип сучасних реактивних двигунів. У проекті літака “Дельта” уперше передбачалося крило трикутної форми з кутом стріловидності

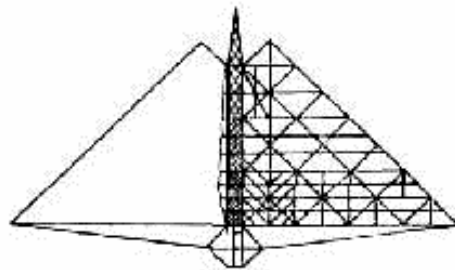


Рис.13.6. Телешов М.П.[21] та проект літака “Дельта” [33].

45°, що мав тонкий профіль, десять лонжеронів вздовж розмаху й елементи поздовжнього та поперечного наборів. Фюзеляж – цилінд-

ричний з гострою конічною носовою частиною.

Видатні роботи російського винахідника не одержали визнання. М. Телешов не зміг одержати “Привілей” на свої винаходи в Росії: його заявки були лише зареєстровані. Патенти були видані йому Міністерством торгівлі Франції 31.08.1864 р. на літак “Система повітроплавання” і 17.08.1867 р. на літак “Дельта” і двигун. Однак його надії на реалізацію своїх проєктів за кордоном не виправдалися.

Відомий російський винахідник і вчений, інженер-електрик *Олександр Миколайович Лодигін* (1847–1923 р.) розробив проєкт оригінального літального апарата, названого ним “електролетом”. Це був вертоліт з електричним двигуном, який являв собою вертикальний циліндр, з конусом зверху, що замикається знизу півсферою. Над конусом був двохлопастний гвинт із механізмом, що дозволяв змінювати кут установки лопатей для регулювання тяги. Другий гвинт, теж двохлопастевий, розташовувався в нижній частині корпусу та служив для керування апаратом.

Гвинти і механізми повинні були приводитися в рух електродвигуном потужністю 300 к.с., який живиться дротами від акумуляторів, що знаходилися на землі. Електроліт проєктувався як військовий апарат для ведення повітряної розвідки і навіть бомбометання. Висота польоту повинна була змінюватися в залежності від кута установки лопатей. Польотна вага 8200 кг, основний матеріал – залізо.

Проєкт розглядався Головним інженерним управлінням 1869 р., але у підтримці Лодигіну було відмовлено. Він поїхав у Францію, де одержав належні кошти для здійснення проєкту, але поразка Франції у війні з Прусією перервала цю роботу.

Протягом 40 років після електролета Лодигін питаннями літання не займався, але 1904 р. він знову звернувся до російського уряду з проектом нового літального апарата типу цикложира, близького за схемою до майбутнього “Літака” *Є.П. Сверчкова*, побудованому 1909 р. Проект Лодигіна теж не був реалізований .

13.4.3 Створення О.Ф. Можайским першого у світі літака

Талановитий вітчизняний винахідник *Олександр Федорович Можайський* (1825–1890) першим у світі збудував літак у натуральну величину, здатний підняти в повітря людину. Він вивчив праці своїх попередників, розвинув і доповнив їх, використовуючи свої теоретичні пізнання й практичний досвід. Можайський зробив, мабуть, усе, що було можливо в той час, незважаючи на вкрай несприятливі для цього обставини: обмеженість матеріальних і технічних можливостей, недовіру до його робіт з боку військово-бюрократичного апарату Росії.

Ідея створення літального апарата виникла у Можайського ще 1856 р., тому в наступні 20 років винахідник багато займався вивченням польоту птахів, досліджував їхні крила та визначав питомі навантаження на них. У 60–70-х роках він робив численні аеродинамічні дослідження з моделями крил птахів, визначаючи їхній лобовий опір, підіймальну силу в залежності від кута атаки. Виконано було також дослід з моделями гвинтів та з повітряними зміями. Улітку 1876 р. він кілька разів піднімався в повітря на великому повітряному змії. Безсумнівно, що такий змій став прототипом літака-моноплана.



Рис.13.7. О.Ф.Можайський, [45].

За цією схемою О.Ф. Можайський став будувати літаки-моделі з повітряними гвинтами, що обертаються годинниковою пружиною або ж гумовим шнуром. Так, 1876 р. була побудована його модель “Летунья”, конструкція якої виявилася досить вдалою: модель при зльоті розбігалася на своїх колесах, подібно сучасному літакові, відривалася від землі та підіймалася в повітря. На початку 1877 р. Можайський удаło демонстрував її польоти військовим морякам та інженерам.

20.06.1881 р. О.Ф. Можайський подав міністрові Царського Двору доповідну записку з клопотанням про відпуск йому 5000 крб. на будівництво літака. Прохання було відхилено, що спонукало винахідника почати будівництво літака власними силами. З документів відомо, що літак був збудований вже 1882 р., однак у його силовій установці, особливо в гвинтах, мали місце сильні вібрації. Узагалі гвинти, як найменш вивчена та відносно складна частина конструкції літака, заподіювали О.Ф. Можайському найбільші неприємності.

Необхідні були кошти для продовження досліджень, але усі відомства, до яких звертався Можайський, відмовляли у фінансуванні робіт.

Документальні матеріали, що збереглися, не дозволяють дати детальний опис літака Можайського. Проте, зберігся кош-

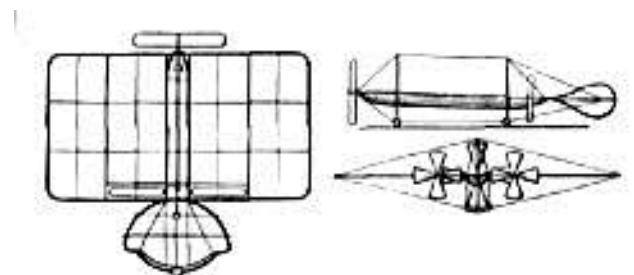


Рис.13.8. Проект літака Можайського, [16].

торис на будівництво літака (на суму 18 895 крб. 45 коп.), прикладений до його доповідної записки від 23.03.1878 р., з якого видно, як він уявляв собі конструкцію літака і його розміри. З “Кошторису” видно, що основним конструкційним матеріалом для літака передбачалося використовувати сталеві кутові профілі загальною масою в 410 кг і частково – дерево. Для обшивання крил, хвостового оперення та палуби літака – шовкова матерія – щільний фая; обшивання лопатей гвинтів, нижньої частини човна та киля – з грубого полотна. Далі перераховані мотузки, сталевий трос, осі, колеса, ресори, штурвал, дрібні речі – ролики, лак, цинкові баки, прилади, якоря тощо. Виявлено також рисунок літака на зворотній стороні опису двигуна.

У виданні “Повітроплавання за 100 років” під редакцією М.А. Рикачева (1884 р.), містяться повні тексти доповідей, зроблених на урочистому об'єднаному засіданні Російського технічного, Російського географічного і Фізико-хімічного товариств 09.11.1883 р.. У доповіді В. Д. Спіцина, сказано: “Снаряд капітана І рангу Можайского в даний час вже закінчений у натуральну величину і приводитиметься в рух за допомогою двох парових машин” [93]. Збереглися також “Привілей”, виданий Можайському від 03.11.1881 р. на “Воздухолетательный снаряд” і рішення комісії Головного інженерного управління від 15.06.1878 р., в якому сказано, що “обширна площина” снаряда Можайского складає 3800 кв. футів з гвинтами діаметром до 4 сажнів і що він має “кермо у вигляді широкого хвоста”. Ці дані співпадають з кошторисом, “Привілеєм” і розрахунками повітряних гвинтів.

Хоча сам літак не дійшов до наших днів, немає навіть його фотографії, більшість істориків вважають, що реально літак Мо-

жайським був збудований, але у нього не вистачило коштів, щоб виправити помилки, неминучі у такій новій справі.

13.4.4 Найвагоміші дослідження вітчизняних науковців кінця XIX початку XX ст.

Микола Єгорович Жуковський (1847–1921) правомірно вважається «батьком вітчизняної авіації». Наукова спадщина М.Є. Жуковського вкрай різноманітна: тут і дослідження хвостів комет, і загальна теорія стійкості руху, і теорія регулювання машин, і розподіл тиску на нарізках гвинта та гайки, і міцність велосипедного колеса, і безліч інших питань. Але особливо наполегливо проводилися дослідження в областях гідромеханіки й аеромеханіки. Аеромеханіку Микола Єгорович заснував як самостійну науку.

М.Є. Жуковський почав цікавитися теорією авіації з 90-х років XIX ст.. Вже з 1889 р. проводилися дослідження з різних питань повітроплавання: випробовувалися різні моделі літальних машин і будувалися невеликі аеродинамічні апарати. У першій роботі Жуковського з аеродинаміки (1892 р.) досліджено питання про планувальний політ, де він теоретично описав політ птаха, як рух пластинки під постійним кутом атаки. Підйомну силу пластинки та її опір М.Є. Жуковський запозичує з експериментів. Склавши рівняння руху центру тяжіння птаха, він знаходить його траєкторії за різних умов руху повітря. Серед можливих траєкторій ним була знайдена траєкторія у вигляді «мертвої петлі» – задовго до того, як перший літак піднявся в повітря.

1906 р. з'явилася робота Жуковського, що дозволяла теоретично визначати підйомну силу крила аероплана, а 1911 р. – нова аеродинамічна робота Жуковського, в якій він встановив два класи

профілів крила аероплана та довів, чому зігнута форма профілю доцільніша порівняно з плоскою пластинкою.

З 1912 р. починають з'являтися роботи М.Є. Жуковського із вихрової теорії гребного гвинта — пропелера. Докладний аналіз вихрової схеми гвинта, проведений Жуковським, дозволив не тільки знайти підйомну силу та лобовий опір елементів лопатей гвинта, але й вказати найвигіднішу геометричну форму лопаті гвинта.

М.Є. Жуковський був засновником експериментальної аеродинаміки в Росії. 1902 р. при механічному кабінеті Московського університету була побудована перша в Росії та друга в світі аеродинамічна труба довжиною 7 м квадратного перетину 0,75х0,75 м із закритою робочою частиною. Швидкість потоку повітря в трубі могла змінюватися в межах від 1,5 до 20 м/с. За вказівкою Жуковського був спроектований і побудований прилад для випробування пропелерів для літаків і гелікоптерів до 5 метрів у діаметрі. 1909 р. в університеті була збудована нова кругла аеродинамічна труба, що мала 1,6 м в діаметрі та довжину 10 м.

З 1904 до 1906 р. М.Є. Жуковський керує організацією нової аеролабораторії в с. Кучино під Москвою. Навесні 1909 р. повітроплавний гурток Вищого технічного училища організовує, при безпосередній участі Миколи Єгоровича, ще одну аеродинамічну лабораторію в Росії.

Під час війни 1914-1918 р.р. гурток Жуковського при



Рис. 13.9. М.Є. Жуковський (1847-1921) та С.К. Джевецький, (1843–1938), [33].

МВТУ перетворився за ініціативою свого керівника в розрахунково-випробувальне бюро для перевірки аеродинамічних властивостей літаків, до будівництва яких почала приступати Росія.

15.12.1918 р. був створений Центральний аерогідродинамічний інститут (ЦАГІ), що носить тепер ім'я Жуковського. Першим головою наукової колегії Інституту був М.Є. Жуковський.

Костянтин Данилевський, харківський винахідник 20.08.1897 р. подав заявку на винайдений ним «літальний снаряд». У цьому проекті винахідник спробував поєднати аеростат та літак. Ще 1894 р. він виготовив модель свого «літального снаряда», яка була досить вдалою, а вже 1897 р. механіком-аеронавтом *Петром Косяковим* було проведено перші випробування зі справжнім «літальним снарядом». 1898 р. після серії випробувань, Данилевський із захопленням писав «... справжній літальний снаряд, важчий за повітря, чудово піднімається в повітря та лавірує» [22]. Вдосконалення «снаряда» проводилось упродовж 1898–1899 р.р., при цьому

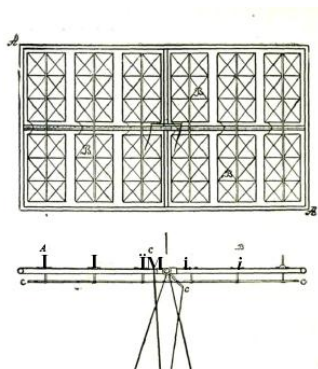


Рис.13.10. Проект «літального снаряда» К.Данилевського, 1894 р., [22].

здійснено близько 200 випробувальних польотів, а біля станції Рогань під Харковом влаштована *перша в Росії повітроплавна станція*.

1894 р. М.Є. Жуковський визнав «літальний снаряд» Данилевського – «життєздатним зародком». На жаль, К. Данилевський не одержав фінансової підтримки з боку російського уряду та змушений був 1900 р. припинити свої роботи.

Степан Карлович Дзевецький зробив важливий внесок у розвиток практичної авіації. 1882 р. Дзевецький проводить декілька місяців в Парижі, де займається питаннями

повітроплавання, вступає в Паризьке повітроплавне товариство та бере активну участь в його роботах. Тут він здійснює свій перший політ на аеростаті, під час якого у якості експерименту, було скинуто штучного птаха, виготовленого з тканини. Вже восени 1882 р. С. К. Джевецький повертається в Росію та обирається головою Повітроплавного відділу Російського технічного товариства. К. Джевецький почав свою роботу з вивчення пташиного польоту.

В результаті він прийшов до наступних висновків [19] :

- птах представляє поверхнею своїх крил, хвоста та тіла «одушевлений» аероплан;
- величина несучої поверхні, кут атаки та робота м'язів птахів змінюються у польоті в строгій залежності від законів опору повітря – відповідно цьому змінюється і швидкість польоту;
- для того, щоб аероплан міг піднятися із землі, йому необхідна певна швидкість, якої птах досягає розбігаючись;
- повороти, підняття та опускання при польоті відбуваються унаслідок зміщення відносно центру тяжіння.

Джевецький цілком правильно передбачав, що майбутнє авіації належить не аеростатам, а літакам. 1910 р. С.К. Джевецький опублікував роботу «Повітряні гвинти». Це була перша в історії авіації теорія розрахунку пропелера. С.К. Джевецький відомий і як творець літака оригінальної конструкції з двома площинами – передньою та задньою. Таке розташування площин він вибрав виходячи з умови забезпечення стійкості. Стиль роботи С. К. Джевецького при створенні цього літака – строго науковий вибір профілів площин, користуючись даними аеродинамічних продувань лабораторії Г. Ейфеля. Потім, зробивши аеродинамічний розрахунок літака, побудував його модель в 1/10 натуральної величини, яку ви-

пробовував в лабораторії, причому вона показала повну автоматичну стійкість. Крім того, дослідним шляхом визначалися величини підйомної сили та лобового опору. С. К. Джевецький побудував діаграму для визначення розрахункових елементів горизонтального польоту аероплана при різних кутах атаки: положення центру тяжіння, швидкості польоту, тяги гвинта та потужності двигуна.

Літак був побудований і експонований на 4-й Міжнародній повітроплавній виставці в Парижі 1912 р. Звіти про цю виставку одноголосно відзначають, що «цвяхом» її був аероплан Джевецького. Подальша доля цього цікавого літака, на жаль, не відома.

1892 р. він остаточно переїхав до Парижа та прожив там до своєї смерті. Живучи далеко від батьківщина, Джевецький усі свої праці публікував у Росії, свої винаходи передавав до Росії, він першим переклав французькою мовою твори Жуковського.

Гюстав Ейфель (1832–1923) – перший та найвидатніший фахівець із застосування металу у цивільному будівництві також займався питаннями аеродинаміки, де йому стала в нагоді його вежа. Це захоплення привело до створення першої сучасної лабораторії аеродинаміки (1908 р., Марсове поле), а згодом другої (1912 р., Отеє), оснащеної на той час найсучаснішим обладнанням та аеродинамічною трубою. Ейфель тут вивчав аеродинамічні характеристики поверхонь та тіл різної форми, різних моделей літаків та теорію літальних апаратів, важчих за повітря, дослідження яких були опубліковані окремими книгами. Йому належить також методика розрахунку характеристик літака й переносу результатів модельних випробувань в аеродинамічній трубі на реальні конструкції. 1920 р. видатний конструктор подарував свою лабораторію уряду Франції.

13.4.5 Перший керований політ

1901 р. двигун внутрішнього згоряння вперше встановлюється на літак. *Вільгельм Кресс* замовляє фірмі «Daimler» двигун потужністю 30 к.с. і 03.10.1901 р. здійснює спробу зльоту з поверхні озера Тулнербахер, що закінчилася аварією літака його конструкції.

Після Кресса ближче всіх до успіху був американець *Семюел Ленглі*. Він створив невелику модель з бензиновим двигуном, яка успішно літала. Це дозволило йому збудувати великий літак «Aerodrome A» з двигуном у 50 к.с. Запускали літак з катапульти, проте недосконалість у конструкції призвели до того, що обидва зльоти – 07.10. і 08.12.1903 р. закінчилися невдало. Після цього уряд США припинив фінансування робіт Ленглі, і йому не довелося стати піонером авіації.

Американці *Уілбур* і *Орвілл Райти* в 1902-1903 р.р. створюють літак «Flyer I» з двигуном



Рис.13.11. Перший літак братів Райт, 1903 р. (сучасне фото), [31*].

власної конструкції потужністю 12 к.с., та 17.12.1903 р. здійснюють *перший у світі політ пілотованого літака*.

Першим літаком братів

Райт був планер-біплан: бен-

зиновий двигун, потужністю в 12 к.с. і вагою близько 100 кг, встановлювався на нижньому крилі. Поряд знаходилася люлька для пілота з кермом управління. Двигун розвивав 1400 об/хв і за допомогою ланцюгових передач обертав два штовхаючі гвинти діаметром 2,6 метра, розташованих симетрично позаду крил. Двигун був ще далекий від досконалості та досить важкий, але все таки кращим за парову машину з її величезною вагою і малою потужністю. Немало

довелося потрудитися над пропелерами, поки, нарешті, вдалося підібрати для них відповідні розміри. Вони зробили дуже важливі висновки, якими конструктори літаків користуються й зараз, а саме – для кожного літака та двигуна пропелер треба розраховувати індивідуально.

Злітна смуга була парою дерев'яних рейок, завдовжки близько сорока метрів, на які було закріплено двоколісний візок на велосипедних втулках, а вже на нього і було встановлено аероплан. Все це пристосування нагадувало катапульта, необхідну для зльоту: адже у літака не було коліс, а для посадки, як і у планерах, знизу були пристосовані всього лише дерев'яні рейки.

Орвілл Райт здійснив перший офіційно зареєстрований політ тривалістю 3,5 с та дальністю 32 м, а вже в четвертому польоті, який здійснив Вільбур літак протримався у повітрі 59 с і пролетів близько 300 м.

У наступні два роки «Flyer 2» та «Flyer 3» могли літати замкнутим колом зі швидкістю до 60 км/год, долаючи без посадки відстань близько сорока кілометрів. Брати Райт наполегливо продовжували удосконалювати свої аероплани. Росла потужність двигуна, висота та тривалість польоту. 1908 р. новий аероплан Райтів виконав політ тривалістю в 2,5 години.

1908 р. у Нью-Йорку була заснована літакобудівна компанія «Райт» з капіталом 1 млн. доларів. Однак вже 1909 р. відбулося кілька катастроф на «райтах», що привели до розчарування. Літаки братів Райт мали недоліки у хвостовому оперенні, тому слабо утримували стійкість у польоті – «клювали носом». Фінансування було припинено.

13.4.6 Розвиток авіації першої половини ХХ ст.

Першим біпланом у Європі, який зміг відірватися від землі, був літак *Альберто Сантоса-Дюмона* (1873–1932) "14 біс", який був виготовлений влітку 1906 р. "14 біс" був гібридом літака братів Райт і "коробчатого" змія. До специфічних конструктивних особливостей "14 біс" відносилося велике поперечне V-подібне крило; кермом напрямку служили бічні стінки винесеного далеко попереду горизонтального оперення коробчатого типу, здатного відхилитися як вгору-вниз, так і в сторони. Літак мав чотиригранний закритий фюзеляж. Гвинт був встановлений безпосередньо на осі двигуна потужністю 24 к.с.. Пілот розташовувався стоячи у відсіку, що нагадував корзину аеростата. Основними матеріалами конструкції були сосна, бамбук і полотно. Шасі складалося з двоколісного візка, розмах крила дорівнював 11,5 м, площа – 52 м², довжина літака – 9,7 м, вага – 300 кг [47].

У липні 1906 р. літак випробовувався підвішеним до побудованого Сантосом-Дюмоном дирижабля, потім в кінці серпня почалися спроби вільного польоту, які стали успішними лише після установки вдвічі потужнішого двигуна. Політ відбувся 23 жовтня і присутні при цьому члени Авіаційного комітету одноголосно визнали, що Сантос-Дюмон виграв приз, що присуджується першому, хто пролетить не менше 25 м. А 21.11.1906 р. Сантос-Дюмон виграв ще один приз за політ дальністю понад 100 м. Цього дня йому вдалося подолати 220 м на висоті біля 6 м.

Польоти Сантоса-Дюмона хоча й викликали сенсацію у Франції, проте недосконалість літака врешті-решт дала про себе знати: на початку 1907 р. "14 біс" зазнав аварії, після чого не було зроблено жодної спроби повторити цей апарат.

Подальший розвиток літаки-біплани отримали завдяки конструкторській діяльності братів *Вуазен*. При виготовленні літаків Вуазени опирались на досвід створення планера (1905 р.) з коробчатим крилом, особливим оперенням і передньорозташованим кермом висоти. Три літаки, побудовані в першій половині 1907 р., бу-

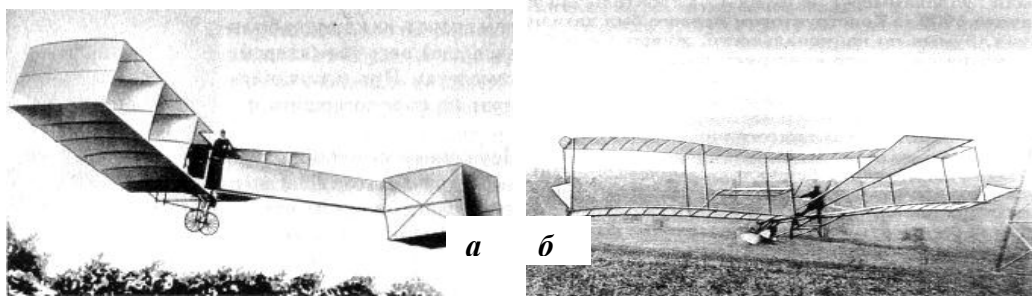


Рис.13.12. Літаки А.Сантоса-Дюмона "14 біс" 1906 р. (а) та Ф.Фербера, 1908 р. (б), [45].

ли, по суті, моторизованими варіантами цього планера. Конструктивні відмінності полягали в застосуванні колісного шасі, меншій кількості вертикальних перегородок, наявності фюзеляжу із закритою носовою частиною. Усі літаки були забезпечені 8-циліндровими V-подібними двигунами "Антуанетт" з рідинним охолодженням потужністю 50 к.с. Наявність хвостової поверхні великої площі забезпечувала задовільну стійкість, а правильний вибір ефективності керма, сидяче положення пілота і просте, схоже з автомобільним, управління полегшувало освоєння пілотування. Недоліками літаків Вуазена була відсутність засобів поперечного управління і значна чутливість до бічних поривів вітру.

У жовтні 1907 р. *Фарман* на літаку «Вуазьєн–Фарман» перевищив досягнення Сантоса-Дюмона, подолавши в повітрі понад 700 м. В кінці року йому вдалося освоїти техніку поворотів, і 13.01.1908 р. він виконав перший в Європі політ колом довжиною 1 км. Через відсутність поперечного управління поворот доводило-

ся здійснювати тільки за рахунок керма напрямку, майже без крену, досить великим радіусом. З 1908 р. тривалість польотів помітно зросла, так 6 липня Фарман протримався в повітрі 20 хв 20 с.

Іншим напрямом в розвитку конструкції європейського літака-біплана стали роботи *Ф. Фербера*. 1904 р. він встановив за крилом планера райтівського типу горизонтальний стабілізатор, а для забезпечення поперечної стійкості – консолі. Після цього стійкість у польоті помітно покращилась. 1908 р. Фербер встановив на планері двигун "Антуанетт" та 19 вересня подолав на ньому 500 м.

Запропонована Фербером компоновка отримала подальший розвиток в конструкціях *А. Сантоса-Дюмона* (1907 р.), *Я. Еллекхаммера* (1906-1908 рр.), *А. де Пішоффа* (1907 р.).

З середини першого десятиліття ХХ ст. у Франції спостерігається відродження інтересу до схеми "моноплан". Ця конфігурація, що з'явилася в результаті копіювання зовнішності птахів, була характерна для робіт більшості європейських піонерів авіації минулого сторіччя, і не дивно, що після того, як концепція літака братів Райт була піддана критиці, у Франції багато конструкторів знову повернулися до ідеї застосування монопланного крила на літаку.

Першими літаками-монопланами, що з'явилися після польоту братів Райт, були "Еллекхаммер-1" і "Вуйя-1" (початок 1906 р.). Конструктором першого був данець *Я. Еллекхаммер*, другого, –

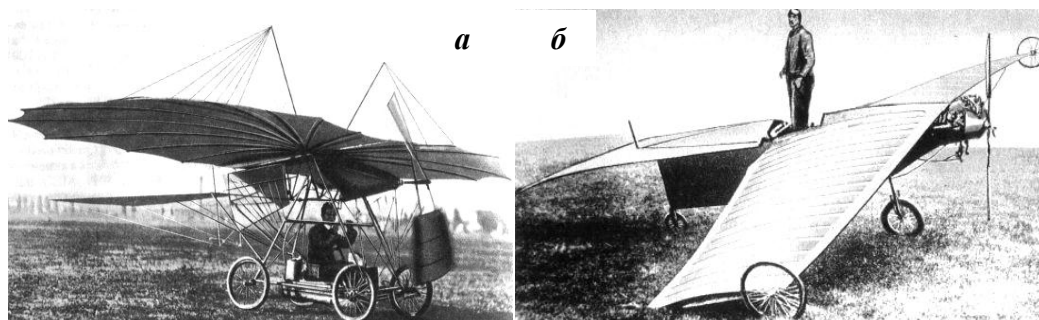


Рис.13.13. Літаки "Вуйя-1", 1906 р. (а) та "РЕП-1" 1907 р., (б), [12*].

Т. Вуйя, румун за національністю, що жив і працював в ці роки у Франції. Не дивлячись на те, що конструктори працювали незалежно один від одного, літаки мали ряд загальних рис. Обидва апарати мали верхньорозташоване крило, що нагадує формою крила планерів *О. Лілієнталя*. Відомості про апарати данського конструктора майже відсутні, тому вважають, що його роботи не вплинули на розвиток авіації, а діяльність *Т. Вуйя* відразу ж набула широкого розголосу і сприяла підвищенню інтересу до схеми "моноплан" серед європейських авіаконструкторів. *Вуйя* збудував два досить недосконалих літаки: погана стійкість, низька ефективність керма, аеродинамічна недосконалість крила та пропелера – все це робило неможливим політ на цих літаках. Але конструкторська діяльність *Вуйя* внесла свій поштовх до розвитку літака – це був перший крок до відродження концепції моноплана в європейському літакобудуванні. Вважається, що саме *Т. Вуйя* спонукав *Л. Блеріо* до створення монопланів і здійснив, таким чином, опосередкований вплив на розвиток усієї авіації.

Луї Блеріо зайнявся проектуванням монопланів із 1907 р., а перший успішний літак було створено в середині 1908 р. Це був перший "типовий" моноплан, який мав довгий фюзеляж прямокутного перетину та хвостове оперення з горизонтальним стабілізатором і розміщеним з боків кермом висоти. Розташований в носовій частині двигун приводив в рух чотирьохлопатевий гвинт, літак був забезпечений триколісним шасі з хвостовим колесом. Влітку 1908 р. *Блеріо* вдалося виконати на ньому ряд вдалих польотів. Услід за *Фарманом Блеріо* освоїв польоти колом, і 6 липня протримався в повітрі більше 8 хв при вітрі 5-6 м/с.

Літаки Блеріо були першими монопланами, забезпеченими рухомими поверхнями для поперечного управління, наявність яких сприяла тому, що Блеріо став першим пілотом, що освоїв маневрування на літаку-моноплані.

Поступово ідея літака-моноплана стала набувати все більшого поширення у Франції. Над створенням монопланів крім Л. Блеріо починають працювати *Р. Есно-Пельтрі*, *А. Сантос-Дюмон* та інші.

На модифікації "8-біс" (липень 1908 р.) Блеріо встановив елерони на задній кромці крила. Таке розташування органів поперечного управління було найбільш вдалим і стало потім загальнови-знаним. Літаки *Р. Есно-Пельтрі* РЕП-1 (1907 р.) і РЕП-2 (1908 р.) мали добре обтічний закритий фюзеляж з килеподібною задньою частиною, колісне шасі велосипедної схеми з амортизацією, кон-струкцію із сталевих труб. З 1908 р. Есно-Пельтрі ввів в тягу до механізму керма "змішувач", у зв'язку з чим подовжнє та поперечне управління почало здійснюватись за допомогою одного важеля.

Завдяки хорошим аеродинамічним формам літаки РЕП володіли рекордною для свого часу швидкістю – до 80 км/год. Проте не-стійкість, викликана відсутністю вертикального оперення, малим плечем горизонтального оперення, а також нестабільна робота дви-гуна конструкції Есно-Пельтрі сильно ускладнювали пілотування. Тому дальність польотів не перевищувала декількох сотень метрів.

Оригінальний тип літака-моноплана був створений у кінці 1907 р. А. Сантосом-Дюмоном. Апарат мав дуже маленькі розміри, конструкція якого була виконана в основному з бамбука. "Сантос-Дюмон-19" мав верхньорозташоване крило, хрестоподібне хвостове оперення, триколісне шасі. Конструктор помилково розмістив вер-тикальний і горизонтальний рулі поблизу центру мас, що при відсу-

тності поперечного управління зумовило погану керованість. Під час третьої спроби польоту апарат потерпів аварію. 1909 р. на його основі був зроблений легкий літак "Сантос-Дюмон-20"("Демуазель"), що вдало літав.

Таким чином, не зважаючи на інтенсивну діяльність багатьох конструкторів, появу легких і потужних бензинових двигунів створення літаків в Європі відбувався повільніше, ніж можна було б чекати. Проте, вже 1909 р. літаки французьких конструкторів не тільки не поступалися апаратам братів Райт, але у багатьох відношеннях перевершували їх кращі зразки – "Блеріо-11", "Фарман-3", "Антуанетт-4" володіли вдалим поєднанням характеристик стійкості та керованості, зручною системою управління, запасом потужності для маневрів.

Публічні польоти літаків братів Райт і роботи французьких конструкторів стимулювали розвиток літакобудування в інших країнах. Усвідомивши, що літак може зіграти важливу роль у військовій справі й інших сферах практичної діяльності, уряди Росії, Німеччини, Англії, США стали, нарешті, виділяти деякі кошти на розвиток авіації. Активізувалася діяльність винахідників. У 1908-1909 рр. будують літаки: у Англії – Д. Данн, С.Коді, А. Руй, Ж. де Хевілленд; у Німеччині – Р. Граді, Р. Дорньє; у США ряд вдалих конструкцій

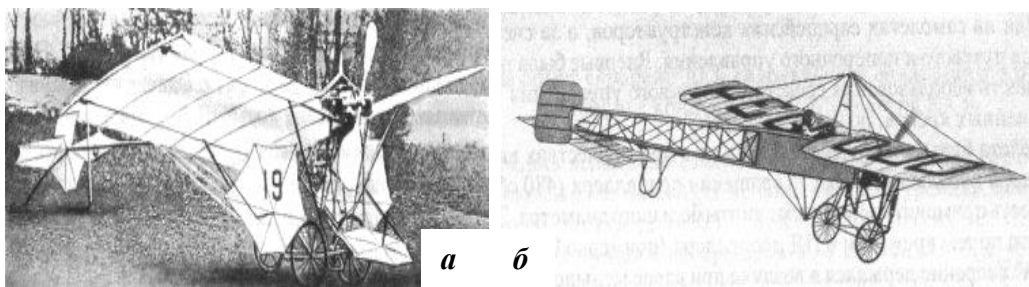


Рис.13.14. «Сантос-Дюмон-19», 1907 р. (а) [1] та «Блеріо-11», 1909 р. (б), [45].

створив *P. Кертісс*. Більшість цих машин були варіантами тих, що здобули широку популярність – літаки Блеріо, Вуазена, братів Райт, Фармана та Сантоса-Дюмона.

1909 р. *Блеріо Деремо* перелетів Ла-Манш, за що отримав приз у 1000 фунтів стерлінгів. 1910 р. француз *Фабр* створив «Гідроавіон» – перший у світі літак, здатний злітати і сідати на воду. Ще через рік було збудовано «Ньюпор-4», який вперше в історії авіації досягнув швидкості 100 км/год. Саме на ньому *Петро Нестеров* вперше виконав «мертву петлю».

Перша світова війна теж сприяла розвиткові авіації. Первинні завдання – розвідка і коректування вогню артилерії – досить швидко були розв’язані. З’явилися перші бомбардувальники та винищувачі. За роки війни швидкість літаків виросла до 200 км/год, вони могли підніматись на висоту до 5 км. До 1918 р. в арміях країн, що воювали, було вже декілька тисяч літаків.

13.4.7 Зародження авіаційної галузі в Україні

1899 р. в Київському політехнічному інституті (КПІ) почався рух за створення повітроплавного відділення, яке очолив один з найбільших ентузіастів авіації, професор *Микола Артем’єв*, талановитий учень Миколи Жуковського. За його ініціативою в 1905-1906 р.р. при механічному гуртку КПІ була організована повітроплавна секція. Першим почесним головою секції став професор *Степан Тимошенко*, а її віце-головою – студент механічного відділення *Вікторин Бобров*.

1907-1908 р.р. професор Артем’єв проводив дослідження з моделлю «махово-пропелера» – сталевим маховиком на вертикальній осі

зі встановленими на ній лопатями, що обертаються. 1908-1909 р.р. Артем'єв з відомим авіатором *Борисом Делоне* випробовували планерів з розмахом крил до трьох метрів, запускаючи їх катапультною з пружини від вагонного буфера. Пізніше Артем'єв спільно з професором КПП *Олександром Кудашевим* брав участь в створенні перших у Києві планера та літака.

Пристрасним пропагандистом ідей авіації й планеризму був професор КПП *Микола Делоне*, син піонера авіації Бориса Делоне. Ще 1896 р. він почав систематичні дослідження з моделями планерів, а з часу створення повітроплавної секції в КПП Микола Делоне стає беззмінним керівником гуртка, а потім і Київського повітроплавного товариства (КПТ), одним з організаторів якого він був. Цей перший на півдні Росії авіаційний центр об'єднав відомих професорів, інженерів, конструкторів та студентів КПП.

Весною 1909 р. професор Делоне з синами та викладачами КПП *Ганицьким* і *Гарфом* побудував свій перший планер – біплан з балансирним управлінням. Очолюваний професором Делоне повітроплавний гурток 1909 р. об'єднав близько 200 ентузіастів. Сам він організував і читав курс лекцій з повітроплавання. Члени гуртка вивчали теоретичні основи та техніку авіації, намагалися будувати планери і літаки. Серед них – студенти КПП, майбутні авіатори *Сікорський*, *Білінкин*, *Карпека*, *Адлер* та ін.

З КПТ вийшла найбільша в Росії кількість авіаційних конструкторів. За період з 1909 до 1912 р.р. київські ентузіасти створили близько 40 різних типів літаків – більше, ніж в якому-небудь іншому місті Росії.

Перші успіхи української авіації датуються 1910 р.

05.06.1910 р. на Сирецькому іподромі Києва відбувся перший політ українського літака, виготовленого (окрім двигуна) з вітчизняних матеріалів. Побудував літак і випробував *Олександр Кудашев* – інженер-залізничник, екстраординарний професор кафедри стійкості споруд КПІ. Після участі в Реймському авіаційному тижні у Франції (1909 р.) та польотів з авіатором Єфімовим в Німечці він серйозно зацікавився створенням літака нового типу. Хоча пізніше Олександр Кудашев відійшов від конструкторської діяльності, його внесок у вітчизняне літакобудування важко переоцінити.

16.06.1910 р. молодий київський авіаконструктор *І.І. Сікорський* вперше підняв свій літак у повітря, а ще через три дні відбувся політ літака інженера *Я.М. Гаккеля* незвичайної для того часу схеми біплан з фюзеляжем.

До засновників української авіації справедливо відносять уроженців м. Черкаси братів *Євгенія, Григорія, Андрія й Івана Касьяненко*. Після створення при КПІ повітроплавного гуртка Євгеній Касьяненко очолив секцію «Аероплани», а Андрій – «Вертольоти». Окрім наукової та організаційної роботи, вони вели плідну конструкторську діяльність. З 1910 до 1921 р. брати створили шість моделей літаків, найвдаліший з них «Касьяненко-4» – моноплан з двигуном малої потужності. Євгеній Касьяненко особливо пропагував ідею малопотужного літака широкого застосування. Окрім будівництва літаків, брати Касьяненко займалися розробкою повітряних гвинтів, які в роки Першої світової війни серійно випускалися в авіамайстернях КПІ.

Початок Першої світової війни негативно відбився на розвитку авіації. Припиняє роботу гурток повітроплавання – більшість його членів мобілізована в авіачастини. Але вже з 1915 р. в КПІ знову

починаються роботи в області авіації: розгортаються авіамайстерні, призначені, головним чином, для ремонту трофейних літальних апаратів, відновлюється аерогараж, де створювалися нові конструкції.

З 1920 р. під керівництвом енергійного ректора *Вікторіна Боброва* в КПІ починається серйозне переоснащення матеріальної бази інституту, створюється дослідницька лабораторія двигунів й авіабудування, яка надалі стала навчально-виробничою базою для введення на механічному факультеті авіаспеціалізацій. З 1922 р. відновлюється робота авіагуртка, наступного року він перетворюється на Авіаційне науково-технічне товариство. З часом у КПІ з'являється авіаційний факультет, а 1933 р. його перетворюють на Київський авіаційний інститут, зараз – Національний авіаційний університет.

13.4.7.1 Роботи Олександра Кудашева

Олександр Сергійович Кудашев, інженер шляхів сполучення, викладач Київського політехнічного інституту з лютого 1910 р. зайнявся будівництвом літака власної конструкції. Протягом одного року (до весни 1911 р.) він побудував чотири літаки. Біплан “Кудашев-1” – фермовий біплан з переднім кермом висоти і хвостовим оперенням – стабілізатором і кермом напрямку. Двигун “Анзани” по-

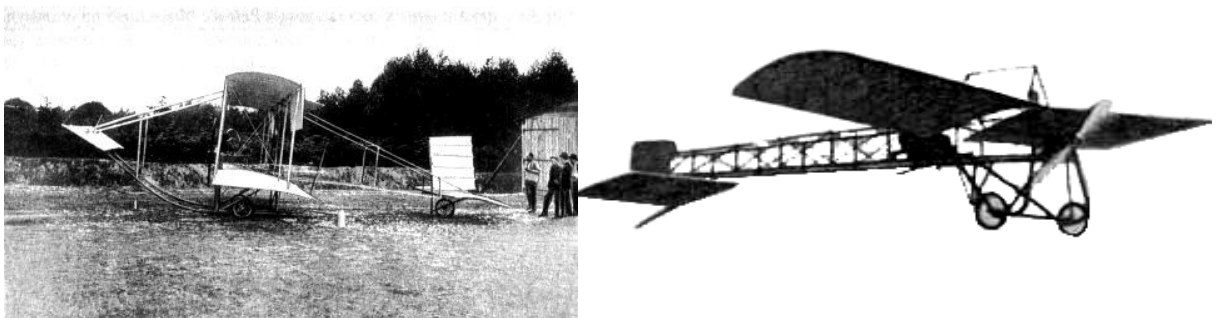


Рис.13.15. Перші російські літаки «Кудашев-1», 1910 р. та «Кудашев-4», 1912 р. [16*].

тужністю 35 к.с. був встановлений над передньою кромкою нижнього крила. Передні ферми, що несуть кермо висоти, переходили в полози низького шасі, до яких кріпилася вісь з двома колесами. Третє колесо було вмонтовано під хвостом. Крила – двохлонжеронні однакового розмаху. Каркас літака був зроблений з соснових брусків і рейок та обтягнутий прогумованим полотном. На цьому літаку О.С. Кудашев 05.06.1910 р. здійснив повноцінний політ на декілька десятків метрів – перший в Росії, хоча офіційно він зареєстрований не був, оскільки виконувався без попередження.

Другий літак Кудашева – за розмірами більше першого, з двигуном “Гном” у 50 к.с. – було збудовано восени 1910 р.. “Кудашев-4” був розвитком попередніх: двигун – “Гном”, потужністю 50 к.с., крила змінні: для швидкості 60 і 80 км/ч, останні з меншою кривизною та розмахом, обтягнуті з обох боків прогумованою тканиною. Літак був побудований в Ризі на Російсько-Балтійському вагонному заводі, випробуваний О. С. Кудашевим 02.04.1911 р. та експонувався на виставці в Петербурзі.

13.4.7.2 Літаки Ігоря Сікорського

Одна з найяскравіших фігур київської школи літакобудування – видатний конструктор зі світовим ім'ям Ігор Сікорський. *Сікорський Ігор Івановича* народився 1889 р. в Києві, у родині професора-медика Київського університету. Закінчив Морський кадетський корпус (1906 р.) у Петербурзі, навчався у Паризькій технічній школі (1906 р.). 1907 р. вступає до Київського політехнічного інституту та стає одним з активних учас-

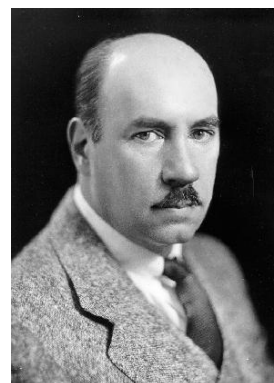


Рис.13.16. Сікорський І.І., (1889-1972)

ників вертолітної секції КТП.

Влітку 1908 р. Ігор Сікорський приступив до розробки свого першого вертольота, який 1909 р. був збудований та випробуваний. На жаль, машина не злетіла. Ще одна конструкція вертольота навесні 1910 р. також не змогла піднятися в повітря.

Тоді Сікорський разом з сином київського купця *Федором Івановичем Билінкиним* зайнявся створенням свого першого біплана БІС №1 (Билінкин, Йордан, Сікорський). Потім його перебудували в літак БІС №2, на якому 16.06.1910 р. у присутності спортивних комісарів КТП Ігор Сікорський виконав вдалий політ на відстань 182 м, на висоті 1,2 м, тривалістю 12 с. Надалі відбулося близько 50 польотів на висоті 10 м, але з малою тривалістю.

Перший літак власної конструкції С-3 Сікорський заклав у квітні 1910 р., а вже у квітні 1911 р. досконалою моделлю став С-5 зі злітною вагою 440 кг, розмахом верхнього крила 12 м та двигуном 50 к.с., на ньому було передбачено сидіння для пасажера. Це був літак з високими льотно-технічними характеристиками. На ньому І.І. Сікорський здав іспит на звання пілота, встановив чотири всеросійських рекорди, здійснював показові польоти, вів пасажирів.

Того ж року І.І.Сікорський розробив літак С-6 із двигуном 100 к.с. та тримісною кабіною. У процесі будівництва літака він проводив випробування лобового опору частин конструкції на саморобній установці. 29.12.1911 р. встановив на цьому літакові світовий рекорд швидкості польоту з двома

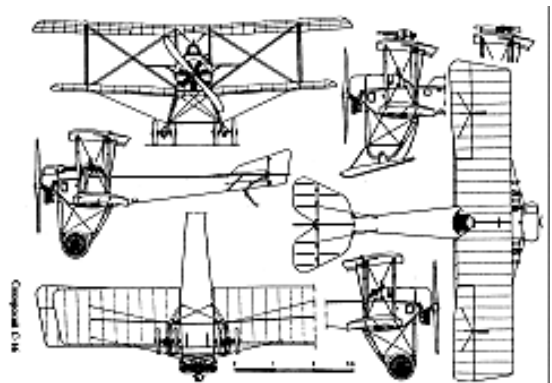


Рис.13.17. Ескізи І.І.Сікорського до літака С-5, 1909 р., [22*].

пасажирами. У березні 1912 р. він модифікував цю модель. Літак С-6А мав ще кращі льотно-технічні характеристики, злітна вага його досягала 1100 кг, корисне навантаження – 450 кг (на ньому І.І.Сікорський літав з чотирма пасажирами). Ця модель принесла конструкторові заслужену славу. Російський імператорський аероклуб від імені Міжнародної авіаційної федерації видав йому пілотське посвідчення під № 64. На загальних зборах Імператорського Російського технічного товариства 21.01.1912 р. Сікорському вручили медаль «За корисні праці у повітроплаванні та за самостійну



Рис.13.18. «Ілля Муромець», конструкції І.І. Сікорського, 1913 р., [45].

розробку аероплана власної системи, яка дала чудові результати».

У квітні 1912 р. І.І.Сікорського, котрому виповнилося 22 роки, запрошують на посаду головного конструктора авіаційного відділу Російсько-

Балтійського вагонного заводу. На цьому підприємстві народилося багато оригінальних літальних апаратів конструктора Сікорського, які здобули визнання фахівців не тільки в Росії, а й за кордоном: літак С-6Б (1912), біплан С-10, моноплан С-11 (1913). Літак С-7 уперше було продано за кордон. Розроблялися також навчальні та тренувальні машини, гідролітак.

Новий етап діяльності І.І.Сікорського-конструктора пов'язаний з переходом його до іншого напрямку авіації – важкого літакобудування. Навесні 1913 р. побудовано принципово новий літак «Російський витязь», який за розмірами та масою у декілька

разів перевершив усі відомі літаки того часу. Це був гігантський біплан, оснащений чотирма двигунами, з великою закритою пілотською кабіною та зручним пасажирським салоном. 10.12.1913 р. піднявся в повітря знаменитий «Ілля Муромець», справжній повітряний корабель. Він мав комфортабельний пасажирський салон з електричним освітленням, площа його крил утричі перевищувала «Російського витязя». 1914 р. на «Іллі Муромці» було встановлено світовий рекорд вантажопідйомності. На другому «Іллі Муромці» екіпаж на чолі з І.І. Сікорським здійснив унікальний переліт Петербург – Київ і назад.

Армія оцінила «Іллю Муромця» як унікальний засіб далекої розвідки та нанесення бомбових ударів, і Балтійський завод одержав замовлення на виробництво літаків цього типу. У роки першої світової війни «Муромці» нових модифікацій були запущені в серійне виробництво, було створено їх ескадрилью, яка ефективно діяла на фронті. У роки війни І.І. Сікорський створив ще декілька типів літаків: легких винищувачів-перехоплювачів, розвідників, винищувачів супроводу, штурмовиків тощо. Фактично було закладено основи російської авіаційної промисловості. Після революції 1917 р. будь-яке виробництво на Російсько-Балтійському вагонному заводі занепало, замовлення не надходили, що змусило І.І. Сікорського залишити завод.

1918 р. його запросили продовжити роботи у Франції. Після нетривалого перебування у Франції, де з закінченням війни потреба в його конструкторському таланті теж вичерпалася, І.І.Сікорський переїхав до США і там через чотири роки з групою російських емігрантів організував літакобудівельну фірму. Експлуатація першого збудованого в США на базі «Іллі Муромця» літака S-29A

(1924) дала змогу зміцнити становище фірми. В 1920-ті роки було збудовано цілу серію літаків І.І. Сікорського різних типів. Наприкінці 1920-х років фірма І.І. Сікорського увійшла до складу могутньої авіаційної корпорації «Юнайтед еркрафт енд транспорт корпорейшн». У цей час Сікорський розробляє та будує серію літаків S-42, які встановили десять світових рекордів та стали першими у світі міжконтинентальними пасажирськими лайнерами, які забезпечили регулярні рейси через Атлантичний і Тихий океани.

Наприкінці 30-х років І.І. Сікорський перейшов на створення вертольотів. Упродовж двох десятиріч він конструював вертольоти різних класів. Його фірма, яка з 1943 р. стала знову самостійною, була провідним виробником вертолітної техніки у світі. З вертольотів І.І. Сікорського почалося серійне вертольотобудування не лише в США, а й у Великобританії та Франції.

13.4.7.3 Дмитро Григорович – конструктор гідролітаків

Дмитро Павлович Григорович народився 1883 р. в Києві. Навчаючись у Київському політехнічному інституті, він захопився авіацією, а закінчивши навчання, зайнявся будівництвом першого спортивного літака «Г-1». Поблизу інститутських будівель Григорович пристосував сарай під майстерню для збірки машини. Деталі літака виготовлялися конструктором в його квартирі. 1912 р. Григорович переїхав з Києва до Петербургу, де в цей час з'явилося авіаційне товариство та займає пост технічного директора і головного конструктора заводу товариства.

Молодий інженер захопився ідеєю створення конструкції літака типу «літаючого човна» – літака, який міг би використовувати

ти як злітний і посадковий майданчик водні простори. На початку 1913 р. був спроектований перший у світі гідроплан «М-1». За ним у тому ж році з'явилися літаки «М-2» і «М-4». Широку популярність приніс Григоровичу гідролітак «М-5», який володів високими льотними характеристиками, непоганими морехідними якостями, тому був негайно прийнятий на озброєння. Літак «М-5» прослужив більше семи років.

В кінці 1915 р. на випробування була представлена нова модель, що володіла більшою вантажопідйомністю та розвивала швидкість до 110 км/год – човен «М- 9» з двигуном потужністю 150 к.с.. Літаки «М-5», «М-9» та їх пізніша модифікація «М-20» брали участь в громадянській війні і після закінчення її досить тривалий час перебували на озброєнні радянської морської авіації.

Д.П. Григорович створив спільно з М.М. Полікарповим винищувач И-5 (1930 р.), а також перший винищувач ПИ-1 з шасі, що забиралися, та гарматним озброєнням (1930-33 р.р.). За свою 30-річну діяльність в авіації Дмитро Григорович створив понад 60 типів літаків, з них 38 типів машин будувалися серійно.

Був репресований 1938 р. та реабілітований 1956 р.

13.4.7.4 Конструктор літальних апаратів Костянтин Калінін

Костянтин Олексійович Калінін – ще один із українців, котрий вніс неоцінений вклад у розвиток транспортної авіації СРСР. 1923 р. він створив проект першого пасажирського літака К-1, який піднявся в повітря 26.07.1925 р. Характерна ознака літаків К.О. Калініна – підкісний моноплан та суцільний фюзеляж – вперше зварений із сталевих труб. Їх серійне виробництво було розпочато в Харкові у вересні 1926 р. на базі авіаремонтних майстерень.

К.О. Калінін був призначений першим директором і головним

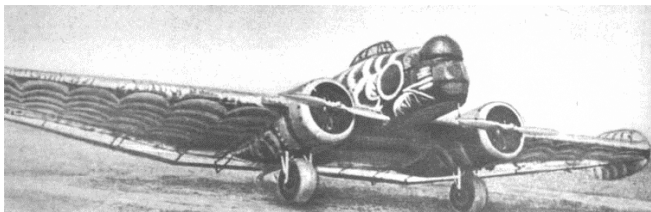


Рис. 13.19. Літак К-1, 1926 р. , [19*].

конструктором авіаційного заводу. З 1927 р. будуються серійно літаки К-2 – „швидка допомога”. З 1925 по 1928 – літаки К-4 у пасажирському, аерофотографічному та санітарному варіантах.

1929 р. будується літак К-5, який мав змішану конструкцію зі сталевих труб, деревини та тканини. Літак виявився дешевим й економним – з двигуном у 450 к.с. він міг перевозити 8 пасажирів на відстань до 800 км із середньою швидкістю 160 км/год. Цей літак залишався до 40-х років основним пасажирським літаком, який витіснив із повітряних трас літаки іноземного виробництва.

На початку 30-х К.О. Калінін виношує сміливу ідею – створення найбільшого у світі літака. Його головна ідея – „літаюче крило”, тобто літак без фюзеляжу. Розрахунків було два варіанти. Літак як пасажирський міг перевозити 128 пасажирів та 12 членів екіпажу, а також військовий – 100 чоловік десанту чи 10 т бомб. Літак К-5 було побудовано у рекордно короткий термін – 9 місяців. У серпні 1933 р. семимоторний гігант з розмахом крила 53 м почав випробувальні польоти. На жаль, 13-й політ став катастрофічним – 15 членів екіпажу та літак загинули.

У 1934 р. авіазавод переносять у Воронеж, де закладаються два нових літаки К-7, але незабаром ставляться всі перешкоди для припинення робіт над будь-якими ідеями К.О.Калініна. У 1937-38 р.р. ним збудовано на ентузіазмі і практично без підтримки «зверху» літак К-12 типу „літаючого крила” – бомбардувальник, який після авіаційного параду в Тушино був рекомендований до термі-

нового запуску в серійне виробництво. Було також створено проект



Рис.13.20. К-12, «літаюче крило», 1938 р., [19*].

швидкісного літака такого ж типу з реактивним двигуном, але здійснити ці проекти не вдалось.

1938 р. К.О. Калініна було розстріляно як „ворога народу за підрив радянського літакобудування”. Реабілітований 1956 р.

13.4.7.5 Літаки конструкторського бюро Антонова

Антонов Олег Костянтинович після закінчення Ленінградського політехнічного інституту (1930 р.), працює у Центральному бюро планерних конструкцій (м. Москва). З 1933 р. О.К. Антонов — головний конструктор планерного заводу в Тушино, де створює близько 30 типів безмоторних літальних апаратів, на яких було встановлено численні світові рекорди. У роки Великої Вітчизняної війни планери О.К. Антонова отримали несподіване широке застосування: на них регулярно доставляли солдатів, техніку, бойове спорядження на різних ділянках фронту, широко використовували для допомоги партизанам. До безмоторних апаратів Антонов зберіг прихильність на все життя, будував планери та дельтаплани майже до кінця свого життя.

Однак головною його справою стали літаки. Особисто О.К. Антоновим і під його керівництвом виконано більш як 50



Рис. 13.21. О.К. Антонов (1906-1984), [54].



Рис. 13.22. АН-2, [83].

конструкторських розробок, спроектовано і побудовано десятки літаків різноманітного класу та призначення.

У серпні 1947 р. здійснено перший зліт

знаменитого літака-довгожителя О.К. Антонова — Ан-2, який з 1949 р. будується серійно. Задуманий як сільськогосподарський, Ан-2 швидко став багатоцільовим: зв'язав з промисловими центрами віддалені гірські селища, райони тундри й тайги, стоянки буровиків, полярників, добре зарекомендував себе в небі Туреччини, Куби, Монголії, північноафриканських країн.

1952 р. Конструкторське бюро О.К. Антонова переводять з Новосибірська до Києва, де розробляється спеціалізований транспортний літак Ан-8, обладнаний двома газотурбінними двигунами та здатний перевозити до 11 т великогабаритних вантажів. За кордоном подібна модель з'явилася лише через десять років.

1957 р. складальний цех залишили пасажирський Ан-10 і транспортний Ан-12. Ан-10, працюючи на лініях до 2000 км, у середині 1960-х р.р. займав перше місце в СРСР за кількістю перевезених пасажирів, вантажів і пошти на один літак за рік. На Всесвітній виставці у Брюсселі 1958 р. його було удостоєно диплома і Великої Золотої медалі. Ан-12 став одним з основних транспортних літаків Аерофлоту, мав більше як 20 модифікацій, експортувався в 14 країн світу.



Рис.13.23. АН-24Б

У зв'язку з потребою заміни поршньових літаків на літак аналогічного класу з газотурбінним двигуном конструкторське бюро *О.К. Антонова* 1957 р. запропонувало проект літака малої і середньої дальності. Його льотні показники і силова установка дозволяли використовувати літак в умовах високогір'я та широкого діапазону температур. Одночасно з розробкою літака створювалася і силова установка для нього в ОКБ під керівництвом *О.Г. Івченка*. Перший політ літак Ан-24 виконав 20.10.1959 р., а в експлуатацію надійшов у жовтні 1962 р. Літак завоював велику популярність у СРСР і за кордоном, експортувався у 26 країн світу.

Серійне виробництво літаків Ан-24 здійснювалося на авіаційному заводі в Іркутську. Літак мав ряд модифікацій: Ан-24Б – 50-містний пасажирський літак, який легко переобладнується у вантажний або адміністративний; Ан-24РВ – аналогічний попередньої версії, але обладнаний додатковим турбореактивним двигуном; АН-24Т – вантажний літак з люком у нижній задній частині фюзеляжу; Ан-24ЛП – лісопожежний варіант; Ан-30 для аерофотознімання, Ан-32 для експлуатації з високогірних аеродромів, літак льодової розвідки "Торос" і багато інших.

На початку 60-х р.р. Міністерство оборони СРСР поставило перед авіапромисловістю задачу створити комплекс повітряного транспортування міжконтинентальних балістичних ракет – основи наступального ядерного потенціалу Радянського Союзу. Розробку такого літака доручили КБ *О.К. Антонова*. При цьому армія праг-

нула одержати повноцінний стратегічний літак, здатний транспортувати всю військову й інженерну техніку.

Літак оснастили чотирма турбогвинтовими двигунами розробки КБ М.Д. Кузнецова. Улітку 1964 р. перший екземпляр літака, що одержав позначення Ан-22 "Антей", був готовий. У червні 1967 р. "Антей" представили на Паризькому авіасалоні. Машина не брала участь у показових польотах, але, зробивши кілька рейсів, доставила в Ле-Бурже майже всю радянську експозицію, включаючи космічний корабель "Схід". Незабаром Ан-22 був привселюдно показаний і в Радянському Союзі. 9 липня, у підмосковному аеропорту Домодедово: перші три серійні машини продемонстрували посадкове десантування військової техніки під час повітряного параду.

Наприкінці 1960-х років літаки Ан-22 "Антей" виконали вели-



чезний обсяг робіт із транспортування різних вантажів для освоєння тюменських покладів нафти і збільшення видобутку алмазів у районі Мирного та Якутська.



Рис.13.24. Ан-22 – „Антей”

У квітні 1974 р. за створення літака Ан-22 Київський механічний завод (так стало називатися КБ Антонова) був нагороджений орденом Трудо-

вого Червоного Прапора, а провідні конструктори *В.Г.Анисенко*, *В.І.Кабаєв*, *В.П.Ричик* і *В.М.Шаталов* стали лауреатами Ленінської премії.

1977 р. піднявся у повітря перший реактивний літак О.К. Антонова — Ан-72. Основні його переваги — короткі дистан-

ції злітної та посадкової смуг, висока прохідність, що дає змогу сі-
дати на ґрунт і засніжений аеродром, комплекс сучасного ра-
діозв'язкового та навігаційного обладнання, герметичність.

Унікальним для авіації став і знаменитий антонівський гігант
Ан-124 («Руслан») — остання модель О.К. Антонова. Створення
«Руслана» — новий крок у розвитку літакобудування та авіаційної
науки. Він піднімає 150 тонн вантажів, доставляє їх на відстань
4500 км зі швидкістю 800—850 км/год.. Чотири турбореактивних
двигуни дозволяють здійснювати польоти на відстань до 16,5 тис.
км на висоті 10—12 км.

Серед інших знаменитих
авіаконструкторів О.К. Антонов
виділявся науковістю підходу до
проблем авіабудування, широтою
культури — він був талановитим
митцем і письменником, невтом-
ним популяризатором авіації, ав-
тором наукових робіт з питань
планеризму й літакобудування.



Рис.13.25. Один із сучасних ве-
летнів антонівців – АН-225
«Мрія», [29*].

Авіаційні підприємства Росії й України сьогодні відомі у світі
авіабудування, як партнери-виробники найбільших в світі літаків
Ан-225 «Мрія» –вантажопідйомністю понад 250 т та Ан-124 «Рус-
лан» – до 150 т.

13.4.7.6 Внесок А. Туполєва у розвиток вітчизняного літакобудування

Андрій Миколайович Туполєв народився у м. Кімри (нині –
Тверська обл.). Навчаючись в Імператорському технічному учили-
щі (пізніше МВТУ), *Туполєв* бере участь в спорудженні планера,

на якому здійснює перший політ (1910 р.). У 1916-18 р.р. Туполєв бере участь в роботах першого в Росії авіаційного розрахункового бюро; конструює перші аеродинамічні труби в училищі. Разом з М.Є. Жуковським був організатором і одним з керівників ЦАГІ – його призначили завідуючим авіаційного відділу. Посада покладала на Туполєва відповідальність за шляхи розвитку вітчизняного літакобудування.



Рис.13.26.Туполєв А.М. (1888-1972)

Серед безлічі проблем найбільш важливим і принциповим був вибір матеріалу для будівництва літаків. Належало ухвалити рішення – чи залишатися російському авіабудуванню традиційно дерев'яним або, починаючи з нуля, переходити на суцільнометалеві конструкції.

Туполєв знав, що перший суцільнометалевий літак J-1 був побудований фірмою Юнкерс ще 1915 р., та що передові авіаційні держави переходять до створення літаків зі сплавів типу дуралюмінію. Йому було ясно, що великі багатомоторні літаки найближчого майбутнього можуть бути тільки суцільнометалевими. Але для цього необхідно було спочатку створити лабораторну дослідницьку базу, а потім налагодити промислове виробництво вітчизняного дуралюмінію. А.М. Туполєв був одним з організаторів виробництва радянського алюмінієвого сплаву – кольчугалюмінію (аналога німецького дуралюмінію) та напівфабрикатів з нього. З 1922 р. Туполєв голова Комісії із спорудження металевих літаків при ЦАГІ, очолює дослідне КБ із проектування та виробництва суцільнометалевих літаків різних класів. У 1922-36 р.р. Туполєв стає одним із творців

науково-технічної бази ЦАГІ, розробником проектів ряду лабораторій, аеродинамічних труб, першого в країні дослідного заводу з будівництва суцільнометалевих літаків.

1923 р. Туполєв створює свій перший легкий літак змішаної конструкції АНТ-1, 1924 р. – перший радянський суцільнометалевий літак АНТ-2, 1925 р. – перший бойовий суцільнометалевий літак АНТ-3, що випускався серійно. Вперше в світовій практиці Туполєв не тільки науково обґрунтував раціональність схеми опорного суцільнометалевого моноплана з двигунами, розташованими під крилами, але і створив такий літак, що не мав аналогів – АНТ-4 (1925 р.). Туполєв розробив й упровадив в практику технологію крупносерійного виробництва легких і важких металевих літаків. Під його керівництвом проектувалися бомбардувальники, розвідники, винищувачі, пасажирські, транспортні, морські та літаки спеціального призначення, а також аеросанки, торпедні катери, гондоли, мотоустановки і оперення перших радянських дирижаблів.

1936 р. Туполєв призначається першим заступником начальника та головним інженером Головного управління авіаційної промисловості Наркомтяжпрома, одночасно він очолює виділене з системи ЦАГІ КБ із авіаційним заводом.

Був необґрунтовано репресований, але в 1937-41 р.р., знаходячись в ув'язненні, працював в КБ-29 НКВД. Тут ним був створений фронтовий бомбардувальник Ту-2. Етапними літаками Туполєва, в яких утілилися новітні досягнення науки, техніки й авіаційного конструювання в передвоєнний період, стали: бомбардувальники АНТ-4, АНТ-6, АНТ-40, АНТ-42, Ту-2; пасажирські літаки АНТ-9, АНТ-14, АНТ-20 "Максим Горький" і рекордний АНТ-25. У Вели-

кій Вітчизняній війні брали участь ТБ-1, ТБ-3, СБ, Р-6, ТБ-7, МТБ-2, Ту-2 та торпедні катери Г-4, Г-5.

У післявоєнний період під керівництвом Туполева (з 1956 р. він генеральний конструктор) створено ряд військових і цивільних літаків: стратегічний бомбардувальник Ту-4, перший радянський реактивний бомбардувальник Ту-12, надзвуковий бомбардувальник Ту-22, турбогвинтовий стратегічний бомбардувальник Ту-95.

У 1956-57 р.р. в КБ було створено новий підрозділ, завданням якого була розробка безпілотних літаків. Була розроблена серія крилатих ракет та безпілотні розвідники Ту-123.

З 1955 р. велися роботи зі створення бомбардувальника з ядерною силовою установкою та надзвукових бомбардувальників. На базі бомбардувальника Ту-16 1955 р. був створений перший радянський реактивний пасажирський літак Ту-104, а за ним ближні і середні магістральні літаки Ту-110, Ту-124, Ту-134, Ту-154, а також надзвуковий пасажирський літак Ту-144.

Під керівництвом Туполева спроектовано понад 100 типів літаків, 70 з яких будувалися серійно. На його літаках встановлено 78 світових рекордів, виконано близько 30 видатних перельотів. А.М. Туполєв почесний член Королівського авіаційного товариства Великобританії (1970 р.) та Американського інституту аеронавтики й астронавтики (1971 р.), лауреат Державних премій СРСР (1943, 1948, 1949, 1952, 1972 р.р.), тричі Герой Соціалістичної Праці, нагороджений орденами та медалями СРСР.

13.5 Винаходи в реактивній техніці

У наш час політ космічного корабля вважається повсякденним явищем. Але ще сто років тому люди не могли і мріяти про такі польоти, хоча військові ракети, що приводились в рух порохом (суміш сірки, селітри і вугілля), описувалися *Цен Кун Ляном* (Китай) ще 1042 р.. Ракети такого типу стали відомі в Європі лише 1258 р.

Піонером військового ракетобудування вважається полковник Великобританії *Вільям Контрив* (1772–1828) – 6-фунтова (2,72 кг) ракета котрого, розрахована на радіус дії 1825 м і виготовлена 1805 р., була вперше застосована англійським Королівським флотом проти Франції 08.10.1806 р. Проте історична література визнає, що ще 1516 р. козаки запорізького гетьмана *Ружинського* застосували ракети та знищили татарське військо кримського хана Мелік-гирея в районі Белгорода. Татар було набагато більше, проте, ракетним ударом вдалося досягти успіху.

Петро I витратив немало часу на створення і конструювання фейерверків. Він же змайстрував освітлювальну ракету, яка була прийнята на озброєння російської армії та так і називалася «Петровська ракета».

У XVI – XVII ст. в Європі вже були написані деякі праці, присвячені ракетній техніці, наприклад, роботи італійця *Бірінгуччіо* (1540 р.) і *Казимира Симиновича* (1650 р.), де теоретично розглядалися не тільки прості ракетні пристрої, але й прості багатоступінчасті ракети.

16.03.1926 р. *Робертом Годдардом* (1882–1945) у США здійснено перший запуск ракети на рідкому паливі, яка може вважатись

прототипом сучасних ракет. Його ракета, досягши висоти 12,5 м, пролетіла 56 м.

13.5.1 Ракети Олександра Засядька

Засядько Олександр, син головного гармаша Запорізької Січі *Дмитра Засядька* народився 1779 р. в с. Лютенка, нині Гадячського району Полтавської області. 1797 р. закінчив Артилерійський і Інженерний шляхетський кадетський корпус. Брав участь в італійському поході російської армії (1799 р.)



Рис.13.27. Засядько О.Д. (1779–1837), [35*].

під командуванням О.В. Суворова, в російсько-турецькій війні 1806-1812 р.р. та у Вітчизняній війні 1812 р.

Після п'ятнадцяти років бойової кар'єри, Олександр Засядько вирішує зайнятися розробкою бойових ракет, для чого продає батьківський маєток, щоб отримати гроші для проведення дослідів.

Протягом двох років винахідник працював по двадцять годин на добу, без вихідних і за будь-якої погоди, взимку та влітку. Більше року він запускав на луках ракети різних конструкцій та навчився робити це так, що результати випробувань стали співпадати з розрахунковими траєкторіями. Але для цього йому довелося створити свою власну теорію ракетної тяги – нову галузь науки, якої тоді ще не існувало. Щоденна виснажлива робота дала свої результати. Засядьком були розроблені ракети різного калібру: дводюймові (51 мм), два з половиною дюйми (64 мм) і чотирнадцатидюймові (102 мм), різні за тактичним застосуванням: ракети запалювальні – для підпалу кріпосних споруд і ракети-фугаси – для знищення супротивника.

Особливим успіхом винахідника були пускові установки. Йому вдалося створити установку залпового вогню, коли з однієї треноги, майже одночасно або поодинці, вистрілювалися шість ракет. Ці установки були легкими і без особливих зусиль могли переноситися ракетниками на нові позиції, що давало велику маневреність при завданні штурмового удару. Ракети Засядька спочатку випробовувалися на артилерійському полігоні під Петербургом, де була зафіксована дальність польоту ракет більше 6 км. Пізніше випробування були проведені в ставці фельдмаршала Барклая-де-Толлі, котрий відразу ж рапортував цареві Олександрю I про необхідність присвоєння генерал-майорського чину Засядьку.

1820 р. Олександра Засядька призначають начальником першого в Росії Михайлівського артилерійського училища. Через відсутність викладачів йому доводиться самому викладати балістику, розробляти програми та проекти нового училища, він і командир артилерійської бригади, і карабінерного полку, він же начальник петербурзької лабораторії піротехніки, а пізніше ще й керівник Петербурзького Арсеналу та начальник Охтинського порохового заводу.

1827 р. його призначають начальником штабу артилерії російської армії, тому на його плечі лягла турбота про реорганізацію артилерії. Одним з перших його наказів був наказ про формування в російській армії постійної ракетної роти. Це був час, коли Росія жила в очікуванні війни з Туреччиною. Всі порохові, збройові та ливарні заводи Росії були підпорядковані начальникові штабу артилерії. За його розпорядженням усі заводи брали участь в державному замовленні з виготовлення ракет для російської армії.

Весною 1828 р. дійсно розпочалася чергова російсько-

турецька війна. Перша перемога ракетної зброї була яскраво продемонстрована при взятті турецької фортеці Браїлов (сьогодні це територія Вінницької області) та принесла заслужену славу винахіднику – Олександрові Дмитровичу Засядьку .

13.5.2 Перші проекти літальних апаратів з реактивною тягою

Гешвенд Федір Романович, швед за національністю, народився 1839 р., усе свідоме життя прожив у Києві, одним з перших розробляв технічні проекти реактивних двигунів. 1887р. він описує проект реактивного літака та багатосоплового реактивного двигуна, де розвиває ідею реактивної дії пари до польоту аероплана. Гешвендом було розроблено креслення аероплана в трьох проекціях. Як видно з креслення, двигун-реактивний паровий, причому пара, виходячи трубкою з котла, проходить ряд сопел, подібних інжекторним і, захоплюючи за собою велику масу повітря, виривається з останньої – сьомої лійки.

На підставі своїх розрахунків Гешвенд одержує наступні результати: швидкість при зльоті 104,5 верст/год, площ крил – 350 кв. фут., лобовий опір – 28,29 пуд, піднімальна сила – 81,15 пуд, витрата пари 520 фунт/год, потужність двигуна 199 к.с., максимальна витрата пари 960 фут./год, вага апарата 69,6 пуд., вартість – 1400 рублів. Зроблено й розрахунок ефективності поїздки з Києва до Петербурга із п'ятьма зупинками по 10 хвилин: її тривалість – 6 год. Запас на одну годину польоту: паливо (гас) – 40 фунтів і вода – 6,5 пудів.

Починаючи з 1908 р. з'являються проекти реактивних апаратів *Материкіна, Бермана, Соколовського, Лаваренна, Рейтера, Гейберта, Федорова* та інших.

13.5.3 Теоретичні дослідження Е. Ціолковського, М. Кибальчича та Ю. Кондратюка

Костянтин Едуардович Ціолковський народився 05.09.1857 р. в с. Іжевському Рязанської губернії. У 16 років батько відправляє його до знайомого М. Федорова, що працював бібліотекарем Румянцевського музею м. Москви. Під його керівництвом Ціолковський багато займався і восени 1879 р. здав екстерном іспит на звання вчителя народних училищ.

З 1892 р. починає працювати в Калужському єпархіальному училищі, викладаючи фізику і математику, а весь вільний час присвячував науковій праці. Не маючи засобів на купівлю приладів і матеріалів, він усі моделі та пристосування для дослідів робив власними руками. Коло інтересів Ціолковського було дуже широким. Однак через відсутність систематичної освіти він часто приходив до результатів, уже відомих у науці. Після опублікування роботи «Механіка тваринного організму» Ціолковський був обраний дійсним членом Російського фізико-хімічного товариства. Згодом, відомий на той час вчений Столетов, знайомить Ціолковського зі своїм учнем Миколою Жуковським, після чого Ціолковський став займатися механікою керованого польоту.

Учений побудував на горищі свого будинку примітивну аеродинамічну трубу, на якій проводив досліди з дерев'яними моделями. Накопичений ним матеріал був покладений в основу проекту „керованого аеростата” – дирижабля. Ціолковський не тільки першим запропонував ідею суцільнометалевого дирижабля, але й побудував його діючу модель.



Рис.13.28. Ціолковський К.Е. (1857-1935), [27].

При цьому вчений створив і оригінальний прилад для автоматичного керування польотом дирижабля, а також власний механізм регулювання його підйимальної сили.

Однак чиновники з Російського технічного товариства відкинули проект Ціолковського через те, що одночасно з ним з аналогічною пропозицією виступив австрійський винахідник *Шварц*. Проте Ціолковському вдалося опублікувати опис свого проекту в журналі «Науковий огляд» і в такий спосіб закріпити за собою пріоритет на цей винахід.

Після дирижабля Ціолковський перейшов до дослідження аеродинаміки літака. Він детально досліджував вплив форми крила на величину підйимальної сили і вивів співвідношення між опором повітря та необхідною потужністю двигуна літака. Ці роботи були використані Жуковським при створенні теорії розрахунку крила.

Надалі інтереси Ціолковського переключилися на дослідження космічного простору. 1903 р. він публікує книгу «Дослідження світових просторів реактивними приладами», де вперше доводить, що єдиним апаратом, здатним здійснити космічний політ, є ракета. Правда, Ціолковському не вистачало математичних знань, і він не зміг дати детальні розрахунки її конструкції. Однак учений висунув цілий ряд важливих і цікавих ідей.

У 1911–1914 р.р. Ціолковський заклав основи теорії ракет і рідинного ракетного двигуна, ним уперше був запропонований розв'язок задачі про посадку космічного апарата на поверхню планет з розрідженою атмосферою.

У 1926–1929 р.р. Ціолковський вирішує практичне питання: про запас палива в ракеті, щоб одержати швидкість відриву і залишити Землю – ця формула носить його ім'я. З'ясувалося, що кінце-

ва швидкість ракети залежить від швидкості газів, що вилітають з неї та від того, у скільки разів вага палива перевищує корисну вагу ракети. Учений знайшов оригінальний вихід – ракетний потяг, багатоступінчастий міжпланетний корабель. Він складається з багатьох ракет, з'єднаних між собою. У передній ракеті, крім палива, знаходяться пасажери та спорядження. Ракети працюють по чергово, розганяючи увесь потяг. Коли паливо в одній ракеті вигорить, вона відкидається, при цьому весь потяг легшає. Потім починає працювати друга ракета і т.д. Так перша ракета поступово набуває швидкість, надану всіма попередніми ракетами.

Цікаво, що, не маючи практично ніяких приладів, Ціолковський розрахував оптимальну висоту для польоту навколо Землі – це проміжок від трьохсот до восьмисот кілометрів над Землею. Саме на цих висотах і відбуваються сучасні космічні польоти.

Микола Іванович Кибальчич народився 1853 р. в містечку Короп, Кролевецького повіту Чернігівської губернії. 1871 р. він вступає до Петербурзького інституту інженерів шляхів сполучення, а через рік переводиться до Медико-хірургічної академії. Прагнення добитися кращого життя для народу приводить його до спілкування з революційно настроєними верствами російського суспільства, а перебуваючи в Україні на канікулах, він веде пропаганду серед селян і 1875 р. заарештовується за доносом. У в'язницях Києва та Петербургу Кибаль-



Рис.13.29. Кибальчич М.І. (1853-1881), [53].

чич провів більше двох років, але був звільнений за браком доказів. 1878 р. він вступає в гурток «Свобода або смерть», живе на конспіративних квартирах, його публікації з'являються в легальному та нелегальному друці, проте основна «політична» діяльність Кибальчича пов'язана зі створенням вибухових речовин і пристроїв. У домашніх умовах він з помічниками виготовляє динаміт і металеві снаряди для замаху на царя. Замах на Олександра II відбувся 01.03.1881 р., а 17 березня Кибальчич разом з іншими революціонерами був арештований.

Судовий процес відкрив людству Кибальчича – ученого. Абсолютно ураженим був адвокат Кибальчича, коли побачив що людина, приречена на смерть, займається проектом «Повітроплавного снаряда» і мріє тільки про те, щоб йому дали можливість закінчити математичні розрахунки винаходу. Це був проект не тільки повітроплавного, а космічного апарату.

Завершивши розрахунки, Кибальчич відправляє проект, а в супровідному листі пише: «Якщо моя ідея. буде визнана здійсненою, то я буду щасливий тим, що надам величезну послугу Батьківщині і людству. Я спокійно тоді зустріну смерть, знаючи, що моя ідея не загине разом зі мною, існуватиме серед людства, для якого я готовий був пожертвувати своїм життям» [93].

Видатний учений, що з дня на день чекав найжорстокішого вироку, розробив проект космічного апарату з багатозарядним твердопаливним двигуном. Креслення його він зобразив на стіні камери смертників. У проекті розглянутий пристрій двигуна, програмний режим горіння порохового заряду та схема управління польотом шляхом зміни кута нахилу двигуна. Це був серйозний внесок в досягнення мрії людства.

М. Кибальчич цілком міг опинитися в почесному ряду першопроходців практичної космонавтики, але 15.04.1881 р. він і його товариші-народовольці були страчені.

Кондратюк Юрій Васильович (1897-1942) вчений-винахідник, один з піонерів ракетної техніки й теорії космічних польотів (справжнє ім'я – *Шаргей Олександр Гнатович*). Народився у Полтаві, 1916–1918 р.р. навчався у С.-Петербурзькому політехнічному інституті, 1918–1921 р.р. працював у Полтаві, Києві, 1921–1925 р.р. – на цукровому заводі у Малій Висці (Кіровоградська обл.), 1925 р. – на Північному Кавказі, 1927–1933 р.р. займається проектуванням елеваторної техніки у Новосибірську. З 1933 р. – науковий керівник групи з проектування та будівництва Кримської вітроелектростанції. Напередодні Великої Вітчизняної війни працював у Центроенергобуді (м. Москва). 05.07.1941 р. вступив до народного ополчення та вирушив на фронт. З лютого 1942 р. звісток про нього немає. Дата й місце його загибелі не з'ясовані.

У Києві, в драматичний період історії України (1918–1919 р.р.), переховуючись від усіх влад, що швидко змінювалися, Ю.В. Кондратюк пише видатну працю «Тим, хто буде читати, щоб будувати», яку було опубліковано тільки 1964 р. У цьому «Київському рукопису» зроблено важливий крок у розвитку теорії міжпланетних польотів та освоєнні ближнього космосу. Рукопис Ю.В. Кондратюка – це, по суті, за стилем і формою викладу перший підручник з основ теорії ракет і разом з тим посібник для інженерів-практиків. Кондратюк самостійно працював над проблемами теорії міжпланетних польотів, не будучи знайомим, наприклад, з



Рис.13.30. Кондратюк Ю.В., (1897-1942), [53].

публікаціями К.Е. Ціолковського, тому був змушений дуже докладно обгрунтовувати інженерні рішення, які він пропонував.

У праці «Завоювання міжпланетних просторів» (1929 р.) вивів основне рівняння польоту ракети, розглянув енергетично найвигідніші траєкторії космічних польотів, виклав теорію багатоступінчатих ракет. Запропонував використовувати для ракетного палива деякі метали і неметали та їх водневі

сполуки. Розглянув проблеми створення проміжних міжпланетних баз, ідею використання гравітаційного поля небесних тіл для розв'язання цих проблем. Багато його ідей використано у практичній космонавтиці: про створення космічних систем, про розрахунки траєкторій польотів для висадки на місячну поверхню тощо.

У книзі «Завоювання міжпланетних просторів» Ю.В. Кондратюк окреслив свою незалежну від інших вітчизняних та закордонних вчених теорію космічного польоту, подав конкретні інженерні розрахунки і вирішив найскладніші технічні завдання космічного польоту.

Дати ключі для вирішення основних завдань космічного польоту – наскрізна ідея його наукових праць і методологічна особливість усіх розробок. Головні знахідки Ю.В. Кондратюка: засіб досягнення поверхні космічних тіл, насамперед Місяця і Марса (цю ідею було застосовано у проекті «Аполлон», конструкції американського місячного модуля); варіанти і раціональні схеми дво- і триступневих ракет; розподіл ступенів по баках та двигунах і принципові питання конструкції самої ракети, серед яких найважливіші –

охолодження камери і сопла ракетного двигуна компонентами палива, турбонасосна подача компонентів, шахове розміщення форсунок; принципи гальмування космічних апаратів в атмосфері; конструкції крісел космонавтів; теорія безпеки польоту. Багато з цих та інших ідей Ю.В. Кондратюка реалізовано у практичній космонавтиці.

Ю.В. Кондратюк бачив навколоземний космос, міжпланетний простір як поле мирної діяльності жителів Землі. Він розумів, що землянам мимоволі доведеться створювати космічне виробництво, нові, можливі лише в умовах невагомості і глибокого вакууму, технології, освоювати території, природні багатства астероїдів, Місяця, планет Сонячної системи, максимально використовувати променисту енергію Сонця. Екологічна обумовленість виходу людства за межі планети була лейтмотивом діяльності Кондратюка.

13.5.4 Роботи Г. Лангемака в області реактивного озброєння

Лангемак Георгій Еріхович народився 21.07.1898 р. в с. Старобельське Харківської губернії. 1905 р. мати з Георгієм після смерті батька переїжджає до м. Єлисаветграда. 1908–1916 р.р. він навчається в Єлисаветградській гімназії, закінчивши яку, вступає на філологічний факультет Петроградського університету, вирішивши все своє життя присвятити вивченню японської філології. Але у жовтні 1916 р. Лангемак переходить до Школи Прапорщиків, яку через рік закінчує, проводиться в прапорщики та розподіляється у військову частину. Після розвалу флоту 1918 р. демобілізувався, але не на довго, оскільки за офіцерською мобілізацією вступив до Червоної армії і призначається командиром батареї Кронштадтсь-

кої фортеці, потім комендантом форту. У 1919–1921 р.р. протягом півтора років був викладачем грамоти по лінії лікнепу на фортах "Риф" і "Тотлебен".

У 1923–1928 р.р. навчався у Військово-технічній академії, після закінчення якої залишається для роботи в Газово-динамічній лабораторії (ГДЛ) М.І.Тихомирова. У ГДЛ займається розробкою



Рис.13.31. Георгій
Лангемак (1898–
1938).

реактивних снарядів РС-82 мм і РС-132 мм. 1933 р. після організації Реактивного науково-дослідного інституту призначається на посаду заступника директора з наукової частини.

За час роботи в інституті завершив розробку реактивних снарядів РС-82 мм і РС-132 мм, що стали основою реактивного міномета "Катюша", за розробку яких правомірно вважається одним із її основних авторів (разом з Б.С. Петропавловским,

В.А. Артем'євим, М.І. Тихомировим, Ю.А. Побєдоносцевим).

Основні праці Лангемака: "Оперені снаряди, тягові ракети" (1934); "Ракети, їх пристрій і застосування" (1935) та понад 20 патентів і авторських свідоцтв на винаходи.

02.11.1937 р. Г.Е. Лангемак був арештований органами НКВД, як німецький шпигун та засуджений до вищої міри покарання – розстрілу з конфіскацією всього особистого майна. Того ж дня вирок був приведений у виконання.

1955 р. Г.Е. Лангемак був повністю реабілітований, а 1991 р. за особистий внесок у створення військової техніки посмертно було присвоєно звання Героя Соціалістичної Праці.

13.5.5 Зародження реактивної авіації

1909 р. французький інженер *Марконьє* запропонував газотурбінний двигун з компресором, що приводиться в дію зовнішнім двигуном, який можна було б використати на літаках. Це була ідея, яку можна вважати переломною, оскільки всі елементи реактивного двигуна вже існували, але ніхто не обговорював його застосування для авіації. Того ж року патент на авіаційний компресорний газотурбінний двигун отримує російський інженер *М.В. Герасимов*.

1913 р. інженер *М.Н. Нікольський* спроектував і вперше побудував газотурбінний двигун з тріступінчатою газовою турбіною потужністю 160 к.с., а 1916 р. *Огюст Рато* конструює турбокомпресор до авіаційного двигуна, що приводиться в дію енергією вихлопних газів. Цей винахід швидко був оцінений авіабудівниками США. 1918 р. *Стенлі Мосс* отримав на двигуні «Ліберті» з компресором потужність у 366 к.с., коли «звичайний» двигун розвивав потужність всього 230 к.с..

1921 р. французький інженер *Максим Гійом* запатентував авіаційний турбореактивний двигун, забезпечений камерою згоряння, компресором і турбіною, що приводиться в рух вихлопними газами. Проте йому не вдалося зацікавити авіабудівників цією ідеєю, оскільки поршневі двигуни на той час повністю задовольняли потреби дерев'яно-металевих конструкцій низькошвидкісних літаків, а реактивний двигун розглядався як іграшка для експериментів, що не мала практичного значення.

Лише 1931 р. в Італії почалися перші роботи із застосування газотурбінних двигунів в авіації. В основу проекту був покладений патент англійського інженера *Джона Харріса*, який ще 1917 р. за-

пропонував використовувати поршневий двигун для приводу компресора газотурбінного двигуна. 1931 р. інженери італійської фірми «Кампіні» розробили проект газотурбінного двигуна, що використовує як компресор два відцентрові вентилятори з приводом від поршневого двигуна потужністю 900 к.с.. Двигун випробовувався на літаку італійських ВПС.

1936 р. *Курт Танк* запропонував створити важкий винищувач з двома турбогвинтовими двигунами «Daimler-Benz 600» потужністю 960 к.с.. Випробування перших двох літаків з турбогвинтовими двигунами розпочалися влітку 1937 р., і хоча літак, що отримав марку FW-187, показав добрі льотні характеристики, він не був прийнятий міністерством авіації, яке вважало, що наявність двох двигунів у винищувача є безглуздою витратою грошей.

1937 р. *Ернст Хейнкель* з *Вернером фон Брауном* встановлюють у хвостову частину фюзеляжу гвинтового винищувача He-112 ракетні рідинно-реактивні двигуни, розроблені відповідно до програми будівництва ракет А-2, що не знайшли практичного застосування. Льотні випробування літака починаються навесні 1937 р., але були перервані після аварії літака. В кінці 1937 р., за розпорядженням Хейнкеля, брати *Гюнтери* приступають до проектування літаків, розрахованих на використання реактивних силових установок. Перші конструкції літаків, пристосованих для реактивної авіації, були готові до середини 1938 р.

20.06.1939 р. у повітря піднімається *перший в світі реактивний літак* He-176 з рідинно-реактивним двигуном "Вальтера" (паливо: перекис водню, потужність двигуна – 690 к.с., максимальна швидкість – 750 км/год, дальність польоту – 110 км, максимальна висота – 9000 м).

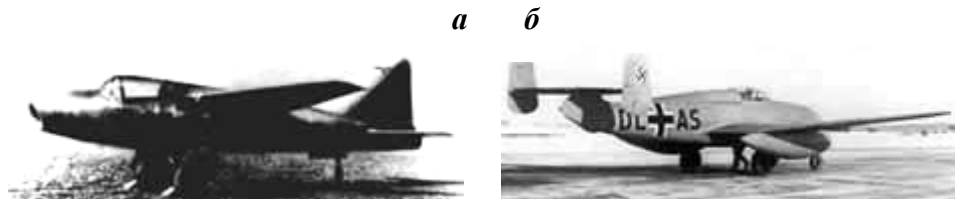


Рис.13.32. Перший в світі реактивний літак з газотурбінним двигуном He-178, 1939 р. (а) та його вдосконалена модель He-280, 1941 р. (б), [73].

27.08.1939 р. починаються випробування реактивного літака He-178 з турбореактивною силовою установкою, де паливом вперше використовується гас, розрахункова максимальна швидкість літака – 700 км/год, дальність польоту – 200 км. Уже на перших випробуваннях двигун забезпечив крейсерську швидкість близько 640 км/год.

01.11.1939 р. новий літак (He-178-VI) був продемонстрований керівникам технічного управління головного штабу ВВС Німеччини генералу *Е. Удету* та його заступникові, але обидва скептично віднеслися до використання турбореактивного двигуна, як основної рухової установки літака і відмовилися фінансувати розробку винищувачів з новим двигуном.



Рис.13.33. Проект реактивного И-15Б, [35*].

Хенкель продовжив ініціативні розробки реактивних машин, і 30.03.1941 р. почалися випробування повністю готового для постановки на конвейер реактивного винищувача He-280, оснащеного двома двигунами «Heinkel HES-8A» потужністю по 600 к.с., розрахованих на швидкість до 820 км/год, дальність польоту до 970 км, максимальну висоту – 11,5 км. Перший реактивний He-280 піднявся в повітря 18.07.1942 р.

Роботи над створенням реактивної авіації в СРСР велися практично одночасно з аналогічними роботами в Німеччині, Англії і США. 1938 р. в СРСР було почато проектування авіаційних газотурбінних двигунів в СКБ *І.А. Меркулова* для установки на реактивний винищувач *М.І. Гудкова*. Перші прямоточні рідинні реактивні двигуни були встановлені і випробувані в жовтні 1940 р. на винищувачах И-15Б, але фінансування було припинено через готовність літака лише на 70%. Подальший прогрес вітчизняної реактивної авіації пов'язаний із роботами конструктора турбореактивних двигунів *А.М. Люльки*, але він припадає на період кінець 40-х – початок 50-х років ХХ ст., про що буде розглянуто далі.

Найефективнішими на першому етапі були роботи британських конструкторів в області турбореактивних двигунів. Керував цими роботами *Френк Уїттл*, колишній пілот британських ВПС, який заснував 1936 р. компанію "Power Jet". Перший працездатний двигун було створено 1939 р., і Уїттл пропонує конструкторському бюро *Джорджа Картера* створити літак з двигуном принципово нового типу. Літак проекту, що отримав назву "Pioneer", вперше піднявся в повітря 15.05.1941 р. Не дивлячись на те, що на ньому було встановлено двигун з тягою близько 4000 Н, а моторесурс двигуна складав всього 10 годин, літак показав швидкість у 480 км/год, що довело перспективність застосування реактивної тяги. У березні 1943 р. почалися льотні випробування дослідного зразка нового літака, що отримав назву "Meteor-F1». У січні 1944 р. були проведені випробування серійного зразка реактивного винищувача з вдосконаленим двигуном фірми "Роллс-ройс" Перші 20 літаків "Meteor" поступили в бойові частини британських королівських ВПС

12.07.1944 р. і почали використовуватись для перехоплення німецьких крилатих ракет.

13.5.6 Люлька А. М. – піонер вітчизняного турбореактивного двигунобудування

Архип Михайлович Люлька народився 1908 р. в с. Саварка, нині Київської області. Після закінчення Київського політехнічного інституту правлений в аспірантуру Науково-дослідного інституту промислової енергетики в Харкові, де включається в роботу із розробки для авіації низькотемпературного турбореактивного двигуна.



Рис.13.34. Архип Люлька (1908-1984)

У 1933–39 р.р. викладав у Харківському авіаційному інституті. Незабаром його переводять в Спеціальне конструкторське бюро (СКБ-1, м. Ленінград), де велися роботи із розробки парогазотурбінних установок, а також турбореактивних двигунів.

У короткий час, а це був передвоєнний період, у СКБ-1 вдалося завершити виконання робочого проекту реактивного двигуна РД-1, який повинен був мати тягу в 5300 Н, і підготувати робочі креслення всіх вузлів і деталей двигуна. З метою підвищення економічності А. М. Люлька запропонував схему двоконтурного турбореактивного двигуна (ТРД). Двоконтурні двигуни є як би поєднанням турбогвинтового і турбореактивного двигунів, перший з яких володіє меншою в порівнянні з другим витратою палива. Разом з роботами над двигуном з двоконтурною схемою в 1939–1941 р.р. Люлька вперше почав займатися розроб-

ками різних схем повітряно-реактивних двигунів, у тому числі і схемою ТРД з форсажним пристроєм.

До травня 1941 р. двигун на 70% був готовий, але почалася Велика Вітчизняна війна. Активні розробки реактивної техніки за кордоном диктували необхідність форсування її у нас в країні аналогічних робіт. 1944 р. рішенням Державного Комітету Оборони у Москві був створений спеціалізований науково-дослідний інститут з розробки і конструювання для авіації реактивних двигунів, керівником якого став А. М. Люлька. 1945 р. перший вітчизняний турбореактивний двигун був зібраний та випробуваний, незабаром уряд затверджує рішення про створення льотного варіанту двигуна, який отримав найменування ТР-1. 1947 р. двигун ТР-1 пройшов державні випробування на стенді, в ході яких були отримані проектні дані та перевірена його надійність. Тяга двигуна була достатньою для установки його на літаки П.О. Сухого і С.В. Іллюшина.

Перша половина 1947 р. пішла на проведення попередніх льотно-наземних випробувань, а 28 травня був здійснений перший політ літака Су-11 з двигуном ТР-1. В ході подальших випробувань Су-11 досяг швидкості 900 км/год. Другим літаком, на якому також випробовувалися двигуни ТР-1, був літак Ил-22 з чотирма двигунами ТР-1. Справжнім тріумфом вітчизняної реактивної авіації став повітряний парад в м. Тушино 1947 р., коли реактивні літаки різних марок, зокрема Су-11 і Ил-22, з оригінальною конструкцією реактивних двигунів демонстрували досягнення вітчизняної авіації.

Паралельно 1946 р. колектив, керований Архипом Михайловичем, приступає до створення двигуна підвищеної потужності – тягою 45000 Н, що отримав найменування Ал-5. На відміну від свого попередника ТР-1 він мав семиступінчастий осьовий компресор і

пусковий пристрій. Літак Ил-30 з двома двигунами цього типу 1951 р. досяг швидкості 1000 км/год. Бомбардувальник Ил-46 також з двома двигунами тягою 50000 Н кожен досяг максимальної швидкості 928 км/год на висоті 3000 м.

1951 р. на літаку Як-1000, експериментальному винищувачі, з одним двигуном Ал-5 була досягнута максимальна швидкість 1150 км/год, на Ла-190 – швидкість 1190 км/год.

А.М. Люлька займався й проблемою конструювання надзвукового компресора, створення якого дозволило б зменшити масу і габарити двигуна. Завершенням цих робіт стало створення 1952 р. двигуна ГР-7, який у своєму первинному варіанті мав тягу 65000 Н і був призначений для установки на літак Ил-54.

Великого поширення набув двигун Ал-7Ф-1, встановлений на широко відомому винищувачі-бомбардувальнику Су-7 і його модифікаціях, а також на інших винищувачах. В області цивільної авіації двигуни А. М. Люльки були встановлені на літак Ту-110. Слід відмітити, що з двигунами, створеними під керівництвом А.М. Люльки, встановленими на літаках П.О. Сухого і Г. М. Берієва, встановлено понад двадцять світових рекордів швидкості та висоти польоту.

У 70-ті роки ХХ ст. А.М. Люлька знову почав роботу над двоконтурним турбореактивним двигуном вже на новому рівні розвитку техніки. Використовуючи новітні досягнення у вдосконаленні газодинамічної ефективності компресорів і турбін, створенні нових матеріалів і розробці прогресивної технології. ОКБ створило досить довершені двигуни, що перевершують усі двигуни подібного призначення в світі.

Роботи А.М. Люльки високо оцінені державою – Державна премія СРСР (1948, 1951), Герой Соціалістичної Праці (1957), його ім'я носить (з 1984) Науково-виробниче об'єднання «Сатурн». Колектив науково-виробничого об'єднання «Сатурн» ім. А. М. Люльки і зараз продовжує роботу зі створення сучасних двигунів для військової авіації.

13.6 Початок ракетобудування

У 1906-1907 р.р. американський інженер *Роберт Годдард* (1882-1945), ознайомившись з роботами Цюлковського, починає перші експерименти з рідинно-реактивними двигунами (РРД). Кінцевою метою робіт було проведення висотних аерозйомок місцевості за відсутності обладнаних аеродромів. 1914 р. Годдард отримує два патенти: на двигун ракети, що працює на рідкому паливі і на дво- та трьохступінчасту твердопаливну ракету. 1915 р. Годдард запускає свою першу твердопаливну ракету, а у січні 1920 р. публікує роботу "Метод досягнення надзвичайних висот", у якій було згадано, що цей метод дозволяє рухатись у розрідженому або безповітряному просторі і навіть досягати Місяця. Проте, американська преса сформувала негативну громадську думку, зображаючи Годдарда як психічно хворого, що примусило його практично повністю ізолюватися від суспільства. Аж до перших успішних запусків німецьких балістичних ракет Годдард працював на скромні засоби фонду сприяння аеронавтики, що дозволили йому створити невелику виробничу базу, яка й стала пізніше базою американського ракетобудування.

1926 р. Годдард запускає першу експериментальну ракету на рідкому паливі, а 1929 р. – першу ракету цивільного призначення з РРД, що несла науково-дослідну апаратуру: барометр, термометр і фотоапарат. Всього за період з 1930 до 1942 р.р. ним була створена ціла серія ракет, що розвивали швидкість до 885 км/год і піднімалися на висоту до 2 км, але США вже катастрофічно відставали від провідної ракетної держави світу – Німеччини.

Роботи Годдарда лягли в основу програми німецького ракетобудування. 1920 р. в Німеччині *Герман Оберт* (1894-1989) розробляє проект далекобійної ракети, що працює на рідкому паливі. Військове міністерство відхиляє проект Оберта як такий, що не має практичного значення, оскільки до цього часу вже був накопичений майже тисячолітній досвід військового застосування ракет з твердопаливними двигунами.

1922 р. Г. Оберт представляє докторську дисертацію, у якій викладає теоретичні засади ракетної балістики та приводить методику розрахунку швидкості, необхідної для подолання гравітаційного поля Землі. Дисертація була відхилена, після чого Оберт видає на її базі книгу "Ракета для міжпланетних подорожей" (1923 р.), що отримала широку популярність у всьому світі.

Перші експерименти з РРД показали, що вони розвивають тягу набагато більшу за порохові ракети. Пріоритет розвитку РРД протримався аж до появи в 60-х роках ХХ ст. більш довершеного палива для твердопаливних ракет.

1924 р. в Росії створюється "Центральне бюро із вивчення проблем реактивного руху" та засновується Всесоюзне товариство міжпланетних польотів, але роботи Ціолковського продовжуються

тільки формально, оскільки у Радянського уряду не було засобів на створення необхідної експериментальної бази.

1925 р. німецький фізик-дослідник *Вальтер Хохман* видає книгу "Реактивний рух в астронавтиці, технічний рівень якої був такий високий, що навіть через багато років вона використовува-лась інженерами NASA.

Впродовж 1926-28 р.р. *В. Хохман, В. Лей і М. Велір*, починають публікувати роботи, присвячені популяризації проблем будівництва ракет, реактивних автомобілів, планерів, потягів і аероса-нок.

1927 р. Г. Оберт приступає до практичної розробки рідинно-реактивного двигуна, що працює на авіаційному бензині та рідкому кисні. 1929 р. він видає книгу, в якій пропонує використовувати іонні ракети для міжзоряних перельотів. За цю роботу він отримує щорічну премію "Esnault-Pelterie-Andre Hirsch Prize" у 10000 франків і продовжує роботи зі створення ракети, що працює на рідкому паливі. 10.04.1929 р. була випробувана перша ракета Г. Оберта з рідким паливом, яка успішно стартувала, але зникла з поля зору спостерігачів і знайти ракету після досліду не вдалося.

1930 р. 17-річний студент Берлінського технічного інституту *Вернер фон Браун* починає асистувати Г. Оберту в роботах зі створення РРД. Перший промисловий зразок двигуна, що працює на суміші безина та рідкого кисню, був випробуваний в липні 1930 р., а 07.06.1931 р. Г. Оберт запускає ракету, що піднімається до висоти 1300 м.

1932 р. в Куммельсдорфі (поблизу Берліна) відкривається ракетне відділення армійського центру озброєння, що приступає до створення ракет військового призначення. Командувачем центру

було призначено професійного баліста *Вальтера Дорнбергера* (1895-1980). 1933 р. фон Браун пропонує Дорнбергеру проект нового РРД, що працює на суміші спирту і рідкого кисню, та отримує кошти на фінансування проекту. 1934 р. фон Браун захищає теоретичні основи нового двигуна в докторській дисертації з аерокосмічного проектування і приступає до практичної реалізації свого проекту. Перша ракета, побудована відповідно до нової концепції, – «Aggregat-1», згоріла на старті, друга була запущена в грудні 1934 р. і відразу піднялася на висоту 2400 м – майже удвічі перекривши раніше досягнутий результат.

Отримавши позитивні результати, військове командування приймає рішення про початок будівництва спеціального виробничо-дослідницького центру 1937 р. будівництво центру закінчується, його начальником призначають підполковника Вальтера Дорнбергера, а фон Браун отримує пропозицію зайняти пост технічного директора, на якому він пропрацював до 1945 р. Після закінчення війни фон Брауна перевозять до США, де на замовлення армії він працює над програмою створення ракет "Юпітер" і "Першинг". 1960 р. його призначають директором космічного центру NASA, де він очолює програму створення ракети "Сатурн" – носія космічного корабля "Аполлон", призначеного для польоту на Місяць.

13.7 Роботи із створення космічної техніки в СРСР

13.7.1 Сергій Корольов – творець космічної техніки

З іменем *Сергія Павловича Корольова* пов'язаний триумф вітчизняної науки – початок ери космонавтики. С.П.Корольов народився 1907 р. в м. Житомирі. З 1927 р. працював в авіаційній промисловості, закінчив Московське вище технічне училище і водночас

Московську школу льотчиків (1930 р.). У вересні 1931 р. С.П. Корольов і ентузіаст в області ракетних двигунів *Ф. А. Цандер* добиваються створення в Москві Групи вивчення реактивного руху (ГВРД), яка вже у квітні 1932 р. стає державною науково-конструкторською лабораторією із розробки ракетних літальних апаратів, в якій створюються і запускаються перші вітчизняні рідинні балістичні ракети ГИРД-09 і ГИРД-10.

1933 р. на базі Московської ГВРД і Ленінградської Газодинамічної лабораторії засновується Реактивний науково-дослідний інститут під керівництвом *І. Т. Клейменова*, а С.П. Корольов призначається його заступником. Не зважаючи на непослідовність та на невиваженість дій Клейменова Корольову на кінець 1936 р. вдається довести до випробувань крилаті ракети: зенітну з пороховим ракетним двигуном і далекобійну з рідинним ракетним двигуном.



Рис.13.35. Корольов С.П.(1907-1966), [17*].

1938 р. за помилковим звинуваченням С. П. Корольов був арештований і засуджений на 10 років «як ворог народу», але вже 1940 р. його переводять в нове місце – ЦКБ-29 НКВД СРСР (конструкторське бюро табірному типу), де під керівництвом А. Н. Туполева брав активну участь у створенні та виробництві фронтового бомбардувальника Ту-2 і одночасно ініціативно розробляв проекти керованої аероторпеди та нового варіанту ракетного перехоплювача. 1942 р. Корольова переводять в іншу організацію такого ж табірному типу — при Казанському авіазаводі № 16, де велися роботи над ракетними двигунами нових типів з метою застосування їх в авіації. Корольов з властивим йому ентузіазмом віддається ідеї

практичного використання ракетних двигунів для удосконалення авіації: скорочення довжини пробігу літака при зльоті та підвищення швидкісних і динамічних характеристик літаків під час повітряного бою.

1946 р. було ухвалено рішення про створення в СРСР галузі з розробки та виробництва ракетного озброєння з РРД. При цьому передбачалося об'єднання всіх груп радянських інженерів для вивчення німецького ракетного озброєння Фау-2 в єдиний науководослідний інститут «Нордхаузен» (Німеччина), директором якого було призначено генерал-майора *Л. М. Гайдуківа*, а головним інженером — технічним керівником — *С. П. Корольова*.

У серпні 1946 р. *С. П. Корольов* призначається головним конструктором балістичних ракет дальньої дії і начальником відділу НДІ-88 із їх розробки. Першим завданням, поставленим урядом перед *С. П. Корольовим*, було створення аналога ракети Фау-2 з вітчизняних матеріалів (Р-1) та розробка нових балістичних ракет з більшою, ніж у Фау-2, дальністю польоту. Конструкторами Р-1 були *В.П. Глушко* (двигуни), *М.А. Пілюгін* (автономні системи керування), *В.І. Кузнецов* (гіроскопічні прилади), *В.А. Бородін* (наземне обладнання), *В.П. Мішин* (із розробки льотних характеристик, методики розрахунків міцності та стійкості ракети).

1948 р. КБ Корольова починає випробування балістичної ракети Р-1, а 1950 р. успішно здає її на озброєння. Ця ракета відрізнялася від німецької значно більшою надійністю. Паралельно *С.П. Корольов* веде розробку нової балістичної ракети Р-2 з дальністю польоту 600 км. Ракета Р-2 мала зручнішу для експлуатації компоновку і, найголовніше, – бойову головну частину, що відділяється у польоті. Ракета Р-2 була здана на озброєння 1951 р..

1957 р. С. П. Корольов розробив і здав на озброєння стратегічну ракету Р-11М з ядерною бойовою частиною, що транспортується в заправленому вигляді на танковому шасі. Модифікувавши цю ракету, він пристосував її для озброєння підводних човнів.

Таким чином, Сергій Павлович створив перші балістичні ракети на стабільних компонентах палива мобільного наземного та морського базування і став першопроходцем у цих напрямках розвитку ракетного озброєння.

Паралельно проводилися серйозні проектні дослідження, в ході яких була доведена принципова можливість розробки ракет з великою дальністю польоту. Перша двоступінчата міжконтинентальна ракета Р-7, високої надійності та економічності здійснила успішний політ у серпні 1957 р. і здана на озброєння 1960 р. Надалі С. П. Корольов розробляє більш довершену компактну двоступінчасту міжконтинентальну ракету Р-9 (як окислювач використовується рідкий кисень) і здає її на озброєння в 1962 р. Пізніше паралельно з роботами над важливими космічними системами Сергій Павлович першим в країні розробляє твердопаливні міжконтинентальні ракети на принципово нових компонентах палива. На цих розробках конструкторське бюро С. П. Корольова припиняє займатися бойовою ракетною тематикою та зосереджує свої зусилля на створенні пріоритетних космічних систем і ракет-носіїв.

Займаючись бойовими балістичними ракетами, Корольов прагнув до більшого – до освоєння космічного простору та космічних польотів людини. З цією метою Сергій Павлович ще з 1949 р. спільно з ученими АН СРСР почав дослідження з використанням ракет Р-1А шляхом їх регулярних вертикальних запусків на висоти до 100 км, а потім за допомогою потужніших ракет Р-2 і Р-5 на ви-

соти 200 і 500 км відповідно. Метою близько семи десятків польотів було вивчення параметрів ближнього космічного простору, сонячних і галактичних випромінювань, магнітного поля Землі, поведінки тварин у космічних умовах, а також повернення тварин на Землю з космосу.

1955 р. С.П. Корольов та *М.К. Тихонравов* виходять до уряду з пропозицією про виведення в космос за допомогою ракети Р-7 штучного супутника Землі (ШСЗ). У серпні 1956 р. на базі ОКБ-1, яким керує Корольов, створюється окремий науково-дослідний інститут – головним конструктором і директором якого призначається С.П. Корольов. І вже 04.10.1957 р. під керівництвом С.П. Корольова запускається на навколоземну орбіту *перший в історії людства ШСЗ*. Його політ має приголомшуючий успіх і створює нашій країні високий міжнародний авторитет.

12.04.1961 р. С.П. Корольов знову вражає світову громадськість. Створивши перший пілотований космічний корабель «Восток», він реалізує *перший в світі політ людини* – громадянина СРСР *Юрія Олексійовича Гагаріна* навколоземною орбітою.

Перший космічний корабель зробив тільки один виток: ніхто не знав, як людина себе почуватиме при тривалій невагомості, які психологічні навантаження діятимуть на неї під час космічного польоту. 06.08.1961 р. *Г.С.Тітовим* на кораблі «Восток-2» був здійснений другий космічний політ, який тривав одну добу. По завершенню польоту було проведено скрупульозний аналіз впливу умов польоту на функціонування організму. Потім сумісний політ космічних кораблів «Восток-3» і «Восток-4» (1962 р.), пілотованих космонавтами *А.Н. Ніколаєвим* і *П.Р. Поповичем* – між космонавтами був встановлений прямий радіозв'язок. На наступний рік – по-

літ космонавтів *В.Ф. Биковського* і *В.В. Терешкової* – вивчається можливість польоту в космосі жінки. За ними (1964 р.) — у космосі екіпаж із трьох чоловік різних спеціальностей: командир корабля, бортінженер і лікар на космічному кораблі «Восход». 18.03.1965 р. під час польоту на кораблі «Восход-2» з екіпажем із двох чоловік космонавт здійснює перший в світі вихід у відкритий космос у скафандрі через шлюзову камеру.

Продовжуючи розвивати програму пілотованих навколосемних польотів, Сергій Павлович починає реалізовувати ідеї про розробку пілотованої орбітальної станції. Її праобразом став принципово новий, більш довершений, ніж попередні, космічний корабель «Союз». До складу цього корабля входив побутовий відсік, де космонавти могли довгий час знаходитися без скафандрів і проводити наукові дослідження. В ході польоту передбачалася також автоматичне стикування на орбіті двох кораблів «Союз» і перехід космонавтів з одного корабля в інший через відкритий космос у скафандрах. На жаль, Сергій Павлович не дожив до втілення усіх своїх ідей в космічних кораблях «Союз».

Для реалізації пілотованих польотів і запусків автоматичних космічних станцій С.П. Корольов розробив на базі бойових ракет сімейство трьох- і чотирьохступінчастих носіїв. Таким чином, внесок С.П. Корольова у розвиток вітчизняної і світової пілотованої космонавтики є вирішальним.

Відповідаючи на космічні успіхи Радянського Союзу в області пілотованих польотів і бажаючи завоювати технічний авторитет, США приймає фантастичну за розмахом робіт програму "Аполлон", що полягає в створенні місячного космічного комплексу і забезпечує висадку космонавтів на Місяць. У відповідь на цей виклик, ба-

жаючи зберегти пріоритет в основних космічних досягненнях, С. П. Корольов починає розробляти проект вітчизняного експедиційного місячного комплексу. Проте це рішення ухвалюється значно пізніше, ніж у США, на тлі реалізації обширної програми навколосемних пілотованих польотів і дослідження планет Сонячної системи.

Надзвичайно стислі терміни, велике завантаження роботами за іншими пріоритетними космічними програмами, а також недостатність фінансового і виробничого забезпечення «місячної» програми не дозволили наступникові Сергія Павловича головному конструктору *В. П. Мішину* в задані терміни створити місячний космічний комплекс, проект якого був розроблений за життя С. П. Корольова, і вказана програма була призупинена.

Паралельно з бурхливим розвитком пілотованої космонавтики ведуться роботи над супутниками наукового, народногосподарського й оборонного призначення. 1958 р. розробляється та виводиться в космос геофізичний супутник «Космос», а потім і супутники «Електрон» для дослідження радіаційних поясів Землі. 1959 р.



Рис.13.36. Американські астронавти на поверхні Місяця за проектом «Аполлон», [29*].

створюються і запускаються три автоматичні космічні апарати до Місяця. Перший і другий – для доставки на Місяць вимпела Радянського Союзу, третій – з метою фотографування зворотної сторони Місяця. Надалі Корольов починає розробку місячного апарату для м'якої посадки на поверхню Місяця, фотографування та передачі на Землю місячної панорами.

Після смерті С.П.Корольова доопрацюванням місячної програми займався головний конструктор *Г. Н. Бабакін*. 1966 р. станція «Луна-9», здійснивши м'яку посадку на поверхню місяця, передала вперше в світі панораму поверхні Місяця.

13.7.2 Конструктор космічних двигунів В.П. Глушко

Народився *Глушко Валентин Петрович* 02.09.1908 р. в Одесі. 1921 р. він знайомиться з творами Жюль Верна, захоплюється фантастичними польотами, вивчає праці К. Ціолковського, започатковує з ним листування. У травні 1929 р., будучи студентом фізико-математичного факультету Ленінградського державного університету Глушко пропонує керівникові газодинамічної лабораторії *Миколі Тихомирову* проект незвичного космічного корабля-гелікоптера. Оригінальна пропозиція настільки сподобалася вченому, що він запрошує Валентина на роботу до газодинамічної лабораторії.

Неперевершеним було бажання Глушка створити принципово новий ракетний двигун — електричний. У 1929-1930 р.р. він експериментує з електротермічними двигунами, розробляє проект космічного корабля геліоракетоплана, шукає ефективне паливо.

У кінці 1930 р. перший РРД виготовляється у металі, а його запуск здійснюється за допомогою запалювання.

В. Глушко як розробник РРД швидко просувається вперед: випробовує у 30-х р.р. понад 70 модифікації ракет з РРД. 1935 р. разом з Георгієм Лангемаком видає книгу «Ракети, їх будова і засто-



Рис. 13.37. Глушко В.П. (1908–1989), [64].

сування». Наступного року конструктор здійснює наземні випробування двигуна на ракетоплані РП-318 і крилатій ракеті конструктора *Сергія Корольова*.

На жаль, 1938 р. хвиля репресій не обійшла й Валентина Петровича, його арешт закінчився пересильним табором НКВС при авіамоторному заводі № 15 у Казані. Тут він починає спеціалізуватися на ракетних прискорювачах для літаків. Робота була плідною: його прискорювачі пройшли випробування на бойових літаках ПЕ-2Р, ЛА-7, ЛА-120-Р, ЯК-3.

Перебуваючи після війни за розпорядженням Сталіна у Німеччині, знайомлячись з трофейною ракетною технікою, Валентин Петрович так аналізував події недавнього минулого: «Бойовий досвід конструювання та випробування ракетних двигунів, розроблених нами у сорокових роках, послужив надійним фундаментом для наступних наших розробок. Маючи 18-річний досвід ми спеціалізувалися на розробці потужних РРД» [71]. Від 1948 р. Валентин Глушко з соратниками починає штурм першої космічної швидкості, а 1954 р. на випробування надходить ракета «Восток». На його двигунах нового покоління була небачена до цього потужність.

1958 р. Валентина Петровича обрали дійсним членом АН СРСР, 1974 р. призначають генеральним конструктором науково-виробничого об'єднання «Енергія». 09.07.1981 р. відбулося успішне випробування найпотужнішого у світі ракетного двигуна РД-170. Його вже чекала «Енергія» — носій, якому Валентин Петрович надавав найважливішого значення. 15.11.1988 р. у космос піднявся «Буран». Проте важка хвороба dokonala видатного вченого і конструктора в галузі ракетно-космічної техніки, одного з найближчих соратників Корольова.

Його видатні заслуги перед Вітчизною були високо поціновані: двічі Герой Соцпраці, академік, лауреат Ленінської і двох Державних премій СРСР.

13.7.3 Конструкторські розробки В.М. Челомея

Володимир Миколайович Челомей народився 30.06.1914 р. в м. Сідлець (Польща), але його дитинство та юність пройшли на Україні в Полтаві. У 1932-37 р. Челомей – навчається на авіаційно-



Рис.13.38. Челомей В.М., (1914–1987)

му факультеті Київського політехнічного інституту, а вже 1939 р. захищає кандидатську дисертацію на тему "Динамічна стійкість елементів авіаційних конструкцій". Формування В. Челомея як майбутнього ученого відбулося в студентські роки. У цей час він знайомиться з чудовими ученими: Д.А. Граве, М.М. Криловим, М.В. Ахієзером та М.М. Боголюбовим.

З 1940 р. Челомей – докторант АН СРСР, а з 1941 р. – науковий співробітник ЦІАМ ім. П.І. Баранова, де займається питаннями нестационарної газової динаміки. 1943 р. він створює вперше в нашій країні новий тип повітряно-реактивного двигуна, так званий «пульсуючий двигун», де система всмоктування і вихлопу автоматично управлялася самим робочим процесом двигуна. На його базі було створено літаки-снаряди, що запускалися з важких бомбардувальників. У грудні 1944 р. були проведені випробування літаків-снарядів Челомея на літаках Пе-8, а пізніше на Ту-2 і Ту-4.

1944 р. В.М. Челомей призначається Головним конструктором заводу № 51 МАП-5. З 1944 р. Конструкторське бюро Челомея працювало цілодобово. У ньому були створені крилаті ракети морського, повітряного та наземного базування, які були прийняті на озброєння Червоної армії, а В.М. Челомей 1945 р. нагородили орденом Леніна.

1951 р. В.М. Челомей захистив докторську дисертацію із дослідження коливань валів авіаційних двигунів, а 1952 р. він – професор, організовує в МВТУ кафедру динаміки машин (завідує нею з 1963 р. до своєї смерті), де читає курс лекцій з динамічної стійкості коливальних систем і механічних процесів. 1958 р. В.М. Челомей обирають членом-кореспондентом АН СРСР, 1962 р. – дійсним членом АН СРСР, 1963 р. – обирається членом Президії АН СРСР.

З 1959 р. В.М. Челомей – Генеральний конструктор авіаційної і ракетно-космічної техніки Міністерства загального машинобудування, йому присвоюють звання Героя Соціалістичної Праці і присуджують Ленінську премію за винахід – розкриття крила ракети у польоті та створення автоматичних безпілотних об'єктів. У липні-серпні ракету П-5 з крилом, що розкривається, прийняли на озброєння.

1960 р. В.М. Челомеєм початі розробки повітряно-космічних апаратів з аеродинамічним входом в атмосферу, а також супутників, що маневрують на орбіті (серія "Політ"). 1963 р. В.М. Челомеєм вирішені проблеми динаміки руху на підводній ділянці і створені тривало працюючі двигуни на твердому паливі ракет П-53 для запуску із підводних човнів. За ці роботи Челомей удостоєний повторно звання Героя Соціалістичної Праці.

На початку 1965 р. почалася "місячна гонка", конкурували С.П. Корольов і В.М. Челомей. До 1966 р. В.М. Челомей підготував проект УР700 – місячний корабель («Протон»), його підтримував В.П. Глушко, що обіцяв розробити нові двигуни для одного із ступенів УР. Експертна комісія з місячної програми після довгих вагань, все ж затвердила проект В.М. Челомея, передбачаючи майбутнє і видатну роль ракети "Протон" в космонавтиці. Носій «Протон» дійсно забезпечив нашій країні успіхи в освоєнні Місяця, Венери, Марса, створенні та функціонуванні орбітальної станції "Мир".

Одна із останніх розробок В.М. Челомея – автоматична станція "Алмаз" з радіолокатором на борту (1981 р.), яка не мала аналогів у світі. Запуск аналогічної станції "Алмаз" цього класу був здійснений вже після передчасної смерті видатного вченого-конструктора – 1987 р.

13.7.4 Роботи конструкторського бюро Янгеля М.К.

ВО «Південний машинобудівний завод ім. О.М. Макарова» створено 21.07.1944 р. як Дніпровський автомобілебудівний завод (ДАЗ) для виробництва вантажних автомобілів, автомобільних кранів, автонавантажувачів, автомобілів-амфібій. З 09.05.1951 р. завод перепрофільовується на серійний випуск ракет розробки С.П. Корольова. З 1954 р. – начальником і головним конструктором СКБ «Південне» призначається *Янгель Михайло Кузьмич* (1911-1971) – вчений-механік, конструктор у галузі ракетно-космічної техніки.



Рис.13.39. Янгель М.К. (1911–1971), [64].

Народився М.К. Янгель у Іркутській губернії. Закінчив Московський авіаційний інститут й Академію авіаційної промисловості та працював у Конструкторському бюро М.М. Полікарпова, у Науково-дослідному інституті ракетної техніки. Після перепрофілювання ДАЗ, якому доручалось налагодити серійне виробництво ракет, розроблених конструкторським бюро С.П. Корольова: Р-1, Р-2, а пізніше – Р-5. Було створено самостійне Особливе конструкторське бюро, головним конструктором якого було призначено М.К. Янгеля. На ньому було запропоновано розробку нового виробу – ракети на висококиплячих компонентах палива з автономною системою керування. З цього моменту значними темпами розвивалося експериментальне виробництво і створювалась експериментально-лабораторна база.

У наступні роки, розвиваючи взятий напрям, у ОКБ створюється ряд нових зразків балістичних ракет далекої дії на висококиплячих компонентах палива, конструктивно і технологічно ще більш досконалих, з високими експлуатаційними та енергетичними характеристиками: Р-14 (СС-7) з дальністю 4000 км, стартовою вагою 85 т, а також Р-16 (СС-7) з дальністю понад 8000 км, стартовою вагою 150 т (перша вітчизняна двоступінчаста ракета на висококиплячих компонентах палива з автономною системою керування).

М.К. Янгель рано пішов з життя – надлюдські перевантаження, стреси далися взнаки. Серце зупинилося 25.10.1971 р., в день 60-річчя вченого. Учні М.К. Янгеля успішно завершили розробку розпочатих ним ракетних комплексів третього і четвертого поколінь (1969 – кінець 80-х років).

На базі бойових ракетних комплексів ще в 50-ті роки «янгелівці» почали розробляти ракети-носії для штучних супутників Землі.

Так, з'явився космічний носій «Космос», який показав високу надійність і доцільність використання вже створеної, відпрацьованої військової техніки. За ним було створено носії: наймасовіший і найдешевший для запуску космічних апаратів серії «Космос», «Інтеркосмос» на базі Р-14. Гордістю колективу стала ракета-носій «Зеніт», для якої характерна точність виведення на орбіту, що перевершує точність зарубіжних носіїв, висока надійність, рівень автоматизації робіт на стартовому комплексі, екологічна чистота. Вантажопідйомність «Зеніту» становить майже 14 т.

Школа М.К. Янгеля виховала десятки видатних вчених-конструкторів, спеціалістів світового рівня, талановитих керівників галузі, державних діячів.

ПІСЛЯМОВА

Створена людиною та використовувана техніка знаходиться в постійному розвитку, що приводить до усунення людини з виробничого процесу. У своєму розвитку техніка пройшла ряд етапів: домеханічний, механічний, електричний та електронний. Кожен з наступних етапів, якісно відрізняється від попереднього, включає його у свій склад як невід'ємний елемент. Початок механічного етапу збігається зі становленням машинно-фабричного способу виробництва. Електрифікація технічних засобів дає початок конвейєрним формам праці. Початок електронного етапу автоматизації приходить на період становлення якісно нового, системно-автоматизованого, способу виробництва.

Розвиток системи "людина-техніка" є умовою корінних перетворень у змісті та характері праці. Широке впровадження автоматизації породжує проблему "людина – технічна система". Роль людини у виробничому процесі оцінюється за тим, на скільки вона звільняється від рутинних одноманітних операцій, а її праця насичується в широкому розумінні творчим змістом. На механічному етапі автоматизації відбувається технологічне підпорядкування людини технічним засобам праці. Людина тут є додатком автоматичної системи машин. Технологічне підпорядкування або закріплює соціальне підпорядкування людини техніці, або виступає стримуючим фактором у тому випадку, коли техніка соціально підлегла людині.

Техніка може і повинна служити базою для гуманізації технічної діяльності, для використання сучасних наукомістких технологій до збереження природного середовища та звільнення людини від важкої, рутинної, нетворчої праці. Швидкий розвиток інформаційних технологій надає великі можливості підвищенню інтелектуального потенціалу для кожної людини. У цьому криється можливість зовсім інакше вписати те-

хніку в соціально-культурний контекст, видозмінити сам зміст технології, з'єднати професійну, технологізовану майстерність з індивідуальною творчістю, гармонізувати і гуманізувати науково-технічний прогрес.

Література

1. Станко В.Н., Гладких М.І., Середа С.П. Історія первісного суспільства. – К.: Либідь, 1999. – 240 с.
2. Балух В.О., Макар Ю.І. Історія Стародавньої Греції. – Чернівці: Золоті литаври, 2001. – 420 с.
3. Археология СССР с древнейших времен до средневековья./ Т.1: Античные государства Северного Причерноморья. / Отв. ред. Г.А.Кошеленко Г.А., Кругликова И.Т., Долгоруков В.С. – М.: Наука, 1984. – 458 с.
4. Поршнева Б.Ф. О начале человеческой истории. – М.: Мысль, 1974. – 246 с.
5. Агбунов М.В. Путешествие в загадочную Скифию./ Отв.ред. Кругликова И.Т., Хотинский В.А. – М.:Наука, 1989. – 189с.
6. Питер Джеймс, Ник Торп. Тайны древних цивилизаций. – М.: КРОН-ПРЕСС, 1998. – 471с.
7. Сокровища пирамид / Пер. с англ. Т. Лисицыной. – М.: ООО "Издательство Астрель"; ООО "Издательство АСТ", 2004. – 401 с.
8. Азимов Айзек . Ближний Восток. История десяти тысячелетий / Пер. с англ. — М.: ЗАО Изд-во Центрполиграф, 2002. – 332 с.
9. Крижанівський О.П. Історія Стародавнього Сходу. – К.: Либідь, 2002.– 590 с.
10. Винокур І.С., Телегін Д.Я. Археологія України. – Тернопіль: Навчальна книга–Богдан, 2004. – 480 с.
11. Білоусько О.А., Киридон А.М., Киридон П.В., Кравченко П.А. Історія України. Компаративні нариси. – Полтава: АСМІ, 2002. – 524 с.
12. Зубарь В.М., Павленко Ю.В. Херсонес Таврический и распространение христианства на Руси. – К.:Наук. думка, 1988. – 208 с.
13. Яковенко Н. Нарис історії України з найдавніших часів до кінця XVIII ст. – К.: Полиграфкнига, 1997 – 281 с.
14. Полянська-Василенко Н. Історія України: у 2-х т. – Мюнхен, 1972-1976.
15. Хокинс Дж., Уайт Дж. Разгадки тайны Стоунхенджа / Пер. с англ. П. Гурова. - М.: Вече, 2004. – 352 с.
16. Зворыкин А.А., Осьмова Н.И., Чернышев В.И., Шухардин С.В. История техники. – М.:Соцэкгиз, 1962. – 654 с.
17. Гракова Б. В. Ранний железный век. М.: Наука, 1972. – 268 с.
18. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века, М.-Л: Госэнергоиздат, 1955. – 225 с.
19. Белькинд Л.Д., Конфедератов И.Я., Шнейберг Я.А. История техники. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 496 с.
20. Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. – М.: Просвещение, 1965. – 570 с.
21. Очерки по истории техники. Вып. 2. / Под ред. проф. А. И.Сидорова. — М.: Гос. техн. изд-во, 1928. – 453 с.
22. Данилевский В. В. Російська техніка.– Київ–Львів: ДЯТЛУ, 1948.– 560 с.
23. Пікашова Т.Д., Шашкова Л.О. Основи історії науки і техніки. – К.: ІЗМН, 1997. – 399 с.
24. Щокін Г. Людство і віра. – К.: МАУП, 2003.– т.2.– 552 с.
25. Запарий В. В., Нефедов С. А. История науки и техники. – Екатеринбург, 2003. – 122 с.
26. Рыжов К.В. 100 великих изобретений. – М.: Вече, 2004.– 528 с.
27. Самин Д.К. 100 великих ученых. – М.: Вече, 2000. – 592 с.

28. Низовский А.Ю. 100 великих чудес инженерной мысли. М.: Вече, 2005.– 486 с.
29. Українська і зарубіжна культура. Навчальний посібник / Під заг. ред. Заблоцької К.В. – Донецьк: "Східний видавничий дім", 2001. - 372 с.
30. Илек Ф., Куба Й., Илкова Я. Мировые изобретения в датах/ Пер. с чеш. с дополн. Матвеевой Г.В.; под ред. Соболева Д.А.– Т.: Узбекистан, 1982. – 271 с.
31. Мезенин Н.А. Занимательно о железе. Москва: Металлургия, 1972.–112 с.
32. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. Всеобщая история химии. – М.: Наука, 1980. – 86 с.
33. Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И. Вавилова. – М.-Л.: Гос. изд-во техн. лит-ры, 1948. – 368 с.
34. Рассказы из истории русской науки и техники. М.: Молодая гвардия, 1957.– 124 с.
35. Самые знаменитые изобретатели России / Автор-составитель С.В. Истомина. – М.: Вече, 2000 – 469 с.
36. Трусов Г. М. Подводные лодки в русском и советском флоте. 2-е изд. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 256 с.
37. Иллюстрированная мировая история. В 3-х т. – М.: РОСМЭН, 1994. – 232 с.
38. Уилсон М., Американские учёные и изобретатели. / Пер. с англ.. – М.: Мир, 1964. – 217 с.
39. Манту Дж. Промышленная революция XVIII в. в Англии. – М.: Соцэкгиз, 1937. – 148 с.
40. Історія української культури: У П'ЯТИ ТОМАХ./ Александрович В. С, Балущок В. Г., Боянівська М. Б. та інш.. – Т. 2: Українська культура XIII – першої половини XVII століть.– Київ: Наукова думка, 2001. – 234 с.
41. Шерби О.Д. и др. Сверхвысокоуглеродистые стали, их свойства и возможности. – М.: Металургия, 1986. – 174 с.
42. Мезенин Н.А. Повесть о мастерах железного дела издательство. – М.: Знание, 1973. – 172 с.
43. Шугуров Л.М. Автомобили России и СССР, ч.1 – М.: ИЛБИ, 1993. – 265 с.
44. Шавров В. Б. Вертолет М. В. Ломоносова. – М.: Знание, 1964. – 46 с.
45. Брауде Б.Г. Воздухоплавательные летательные аппараты. – М.: Знание, 1976. – 146 с.
46. Арие М.Я., Полянкер А.Г. Дирижабль нового поколения. – Киев.: Наукова думка, 1983. – 162 с.
47. Ісаєвич Я.Д. Джерела з історії української культури доби феодалізму XVI – XVIII ст. – Київ: Радянська школа, 1972. – 155 с.
48. Антонович Є.А., Захарчук-Чугай Р.В., Станкевич М.Є. Декоративно-прикладне мистецтво.– Львів.: Світ, 1992. – 128 с.
49. Захаров В.П. Первый военный аэродром. – М.: Воениздат, 1988. – 134 с.
50. Липсон Г. Великие эксперименты в физике. – М.: Мир, 1973. – 186 с.
51. Райков Т.И. Наука в России. XI-XII ст. – М.: изд. АН СРСР, 1940. – 204 с.
52. Политехнический словарь/ Гл. редактор А.Ю.Ишлинский. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.
53. Шаров І.Ф. 100 видатних імен України. – К.: Видавничий дім «Альтернативи», 1999. – 496 с.
54. Шаров І.Ф. 100 сучасників: роздуми про Україну. – К.: Преса України, 2002. – 518 с.
55. Шаров І.Ф. 100 визначних місць України. – К.: Преса України, 2003. – 512 с.

56. ВАТ «Червона зірка» . – К.: Агенція БНК, 2004. – 116 с.
57. Бабенко О.К., Розенберг М.Й. Досягнення радянських фізиків. – К.: Радянська школа, 1950. – 322 с.
58. Садовий М.І. Наукові фізичні школи в Україні. – Кіровоград: РВЦ КДПУ, 2002. –159 с.
59. Андрианов В.М. Нариси з історії розвитку фізики в Україні. – Рівне, 1998. – 258 с.
60. Історія Академії наук Української РСР. – К.:Наукова думка, 1982. – 846 с.
61. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник.–М.:Наука, 1983. –398 с.
62. Аксиоми для нащадків. –Львів.:Меморіал, 1992. – 540 с.
63. Кордун Г.Г. Становлення і розвиток радянської фізики. – К.:Радянська школа, 1977. – 233 с.
64. Глушко В.П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СРСР. – М.:Машиностроение, 1987. –300 с.
65. Хижняк З.І. Києво-Могилянська академія. – К.:Знання, 1991. – 78 с.
66. Зайцев Ю.И. Спутники «Космос». – М.:Знание, 1970. – 64 с.
67. История механики / Под общ. ред.. Григоряна А.Т., Погребыского И.Б. – М.:Наука, 1985. – 410 с.
68. Жирицкий Г. С. Паровые машины, 6 изд.. – М.-Л.: ГНТИ, 1951. – 174 с.
69. Горохов П.К. Б.Л. Розинг – основоположник электронного телевидения. М.:Наука, 1964. – 120 с.
70. Баранцев А.И., Урвалов В.А., У истоков телевидения. М.:Знание, 1982. – 64 с.
71. Дорфман В.Ф. На рубеже тысячелетий. – М.: Знание, 1982. 64 с.
72. Кравченко А.Ф. История и методология науки и техники: Учебное пособие. – Новосибирск: СО РАН, 2005. – 360 с.
73. Пышнов В.С. Из истории летательных аппаратов. – М.:Машиностроение, 1968. – 134 с.
74. Очерки по истории развития физики в СССР./ Под ред. Кордун Г.Г.. – К.: Наукова думка, 1972. – 234 с.
75. Физика за рубежом. М.:Мир, 1985. – 221 с.
76. Демидов М. Двигатель нового типа.// За рулем. – 1991. – № 2. – С.4-5.
77. Шугуров Л. Русский с Франциозишер штрассе, 12.// За рулем. – 1990. – №2. – С.9.
78. Хрисар А. Форд Мотор.// За рулем. – 1991. – №6. – С.44-45.
79. Хренов К.К, Матійко М.М. Зварювальна техніка в Українській РСР за 50 років./ Нариси з історії природознавства і техніки. Вип..X. – 1968. – С.37–52.
80. Бакай О.С., Ранюк Ю.М. Історія фізичних досліджень в Україні// Український фізичний журнал. – 1993. – т.38. – вип..11. – С.1607–1619.
81. Замлінський В.О., Кочегара М.А. Юрій Васильович Кондратюк – один із піонерів ракетної техніки і космонавтики.// Нариси з історії природознавства і техніки. – 1970. – вип..XI. – С.72–81.
82. Вернард Фоли, Вернер Содэл. Вклад Леонардо да Винчи в теоретическую механику// В мире науки. – 1986. – №11. – С.48–59.
83. Карацуба С.І. З історії літакобудування на Україні// Нариси з історії природознавства і техніки. – 1970. – вип..XI. – С.66–72.
84. Січкарь О.А. До історії Києво-Могилянської академії// Нариси з історії природознавства і техніки. – 1970. – вип..XI. – С.39–46.
85. Марченков В. Первый радиотехник А.С.Попов // Радио. – 1995. – №3. С. 4–6.
86. Басов В. Булат: линия жизни// Металлург. – 1991. – № 7. – С. 24–27.
87. Кузнецов В. Александер Белл // Радио. – 1986. – №6. – С. 16-18.

88. Шевчук В. Борис Грабовський і виникнення телебачення // Світ фізики. – 1999. – №1. – С.10–13.
89. Сергеева Л. Таким был «Запорожец». // Моделист-Конструктор. – 1981. – №4. С.34–37.
90. Крылов В. Второе рождение трактора. // Моделист-Конструктор. – 1983. – № 5. – С.48–51.
91. Чуксин П. История галльской жатки // Законы развития систем. – 2005. – №1.– С.29–34.
92. Марченков В. Гульельмо Маркони и зарождение радиосвязи// Радио. – 1995. – №1. –С. 3–5.
93. Пасічник М.Д., Хілінський В.М. З історії телеграфу.// Нариси з історії природознавства і техніки. – 1982. – в.28. – С.84–87.
94. Кордун Г.Г. О развитии радиофизики и электроники на Украине.// Вопросы истории физики. – Симферополь. – 1968. – С.28–36.
95. Пилянкевич О.М. До історії електроніки.// Нариси з історії природознавства і техніки. – 1978. в.24. – С.34–45.
96. Артеменко В.О., Проценко В.Й. Из історії радіо на Україні. // Нариси з історії природознавства і техніки. – 1977. – в. 23. – С.103–107.
97. Белоусова А.Н. Выдающийся русский металлург. – <http://nauka.relis.ru/>
98. Гончаренко В. Как люди научились летать. – <http://n-t.org/> / Парит.изд.
99. Житомирський С. Архимед. – <http://www.archimedes.ru/>.
100. Першин М. Портрет на фоне истории. – <http://www.marka-art.ru/>.
101. Вячеслав Демидов. Время, хранимое как драгоценность.– <http://n-t.org/>
102. Архітектурні та природні пам'ятки України. – <http://ukraine.kingdom.ua/>.
103. Доисторическая история. – <http://www.epochtimes.com.ua/>.
104. Атьянц М. Римский Пантеон. – <http://www.projectclassica.ru/>.
105. Долина Царей. – <http://www.triada-pride.ru/>.
106. Дворцово-парковый ансамбль Версаль. – <http://www.trianjn.ru/>.
107. Сем чудес света. – <http://www.chudesan.nov.ru/>.
108. Корабли средневековья и античности. – <http://www.evolutsia.com/>.
109. Парусные суда. – <http://www.calc.ru/trans.html/>.
110. События из истории флота. – <http://www.strelna.ru/>.
111. Граф Воронцов заложил судоверфь. – <http://www.gasur.izhnet.ru/>
112. Глюкольд Э. История мировой революции ... полимерной. – <http://www.polymers-money.com>

Интернет-ресурси

- 1*. <http://www.diving.turism.ru/>
- 2*. <http://sigla.rsl.ru/search.jsp>
- 3*. http://www.krotov.info/libr_min/
- 4*. <http://www.pereplet.ru/>
- 5*. <http://encycl.accoona.ru/>
- 6*. <http://www.pseudology.org/>
- 7*. <http://www.airwar.ru/history/>
- 8*. <http://encycl.accoona.ru/>
- 9*. <http://izbornyk.narod.ru/>
- 10*. <http://bauer.by/bed/History/>
- 11*. <http://eroplan.boom.ru/>
- 12*. <http://www.gibddonline.ru/>

- 13*. <http://www.vinci.ru/>
- 14*. <http://www.erudit.ru>
- 15*. <http://www.autodux.ru>
- 16*. <http://www.1autoritet.ru/>
- 17*. <http://awh1.narod.ru/>
- 18*. <http://www.megabook.ru>
- 19*. <http://www.marka-art.ru>
- 20*. <http://www.cultinfo.ru/fulltext>
- 21*. <http://www.muellerscience.com/>
- 22*. [http://Mediateka.km.ru /](http://Mediateka.km.ru/)
- 23*. <http://www.bigpi.biysk.ru/encicl/>
- 24*. <http://info.airforce.ru/>
- 25*. <http://airbase.uka.ru/top/>
- 26*. <http://www.sikorskyarchives.com/>
- 27*. <http://pm.far-for.net/>
- 28*. <http://perpetuummotor.narod.ru/>
- 29*. <http://tehno.claw.ru/shared/appendixes-03>
- 30*. <http://www.nkau.gov.ua/>
- 31*. <http://www.stroy-postroy.ru>
- 32*. <http://www.gif.ru>
- 33*. <http://www.tractor-plant.kharkov.com>
- 34*. [http://www.rubricon.com/default.asp /](http://www.rubricon.com/default.asp/)
- 35*. <http://www.ial.be/pageeverydaylife.htm>
- 36*. <http://mini-soft.net.ru/>
- 37*. <http://www.formoplast.spb.ru>

Царенко Олег Миколайович
Рябець Сергій Іванович

Нариси з історії техніки та технологій

Навчальний посібник

Підписано до друку Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Друк різнограф. Ум.др.арк. Тираж Зам. №

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧИЙ ВІДДІЛ
Кіровоградського державного педагогічного
університету імені Володимира Винниченка
25006, Кіровоград, вул. Шевченка, 1.
Тел.(0522) 29-31-63, 24-59-84.
Факс (0522) 248544
E-mail: mails@kspu.kr.ua