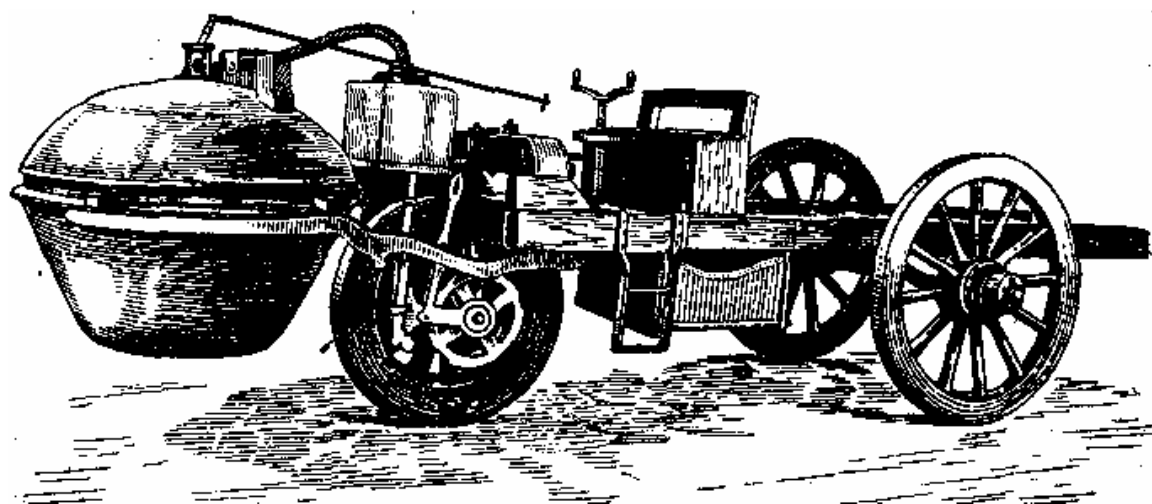


Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севост'янов

# ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ч. II



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

Р.Д.Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов

## ІСТОРІЯ ІЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Навчальний посібник Ч II.

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 0902 – “Інженерна механіка” та спеціальності інженерії 7.090203 – “Металорізальні верстати та системи”. Протокол №6 від 30 січня 2003 р.

Вінниця ВНТУ 2003

*Рецензенти:*

**В.Ф.Анісімов**, доктор технічних наук професор  
**П. С. Берник**, доктор технічних наук професор  
**І. О. Сивак**, доктор технічних наук професор

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Іскович-Лотоцький Р.Д., Севостьянов І. В.**  
І 86 **Історія інженерної діяльності.** Навчальний посібник. Ч. II. - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 127 с.

У посібнику розглядаються розвиток та сучасні тенденції машинобудування, основні відомості щодо застосування комп'ютерної техніки для керування технологічним обладнанням, промислових роботів та роботизованих технологічних комплексів, гнучких автоматизованих виробництв, вивчаються теоретичні основи машинобудування, створення та розвиток основних видів транспорту (залізничного, велосипедів та мотоциклів, автомобільного, водного), підйомно-транспортних машин (конвеєрів і елеваторів, кранів, ліфтів), обчислювальної техніки, засобів зв'язку (телеграфу, телефону, радіо і телебачення).

## Зміст

Вступ.....	4
1. Розвиток машинобудування.....	5
1.1. Еволюція верстатів та верстатних комплексів.....	5
1.2. Сучасні тенденції машинобудування.....	12
1.3. Системи комп'ютерного керування технологічними машинами.....	15
1.4. Роботи і роботизовані технологічні комплекси.....	17
1.5. Гнучкі автоматизовані виробництва.....	20
1.6. Теоретичні основи машинобудування.....	23
2. Розвиток транспорту.....	24
2.1. Залізничний транспорт.....	24
2.2. Велосипеди і мотоцикли.....	41
2.3. Автомобілі.....	44
2.4. Водний транспорт.....	67
3. Підйомно-транспортні машини.....	85
3.1. Конвеєри і елеватори.....	90
3.2. Крани.....	91
3.3. Ліфти.....	97
4. Обчислювальна техніка.....	98
5. Розвиток зв'язку.....	102
5.1. Телеграф.....	102
5.2. Телефон.....	106
5.3. Радіо і телебачення.....	111
Література.....	122



## Вступ

Навчальний посібник написаний згідно із робочою навчальною програмою дисципліни "Історія інженерної діяльності", що вивчається студентами спеціальностей 7.090202 - "Технологія машинобудування", 7.090203 - "Металорізальні верстати та системи", 7.090258 - "Автомобілі та автомобільне господарство".

В першому розділі другої частині посібника аналізується розвиток машинобудування, яке є основою сучасної промисловості, забезпечуючи виготовлення технічних об'єктів різного призначення для задоволення потреб людини. Розділ містить відомості щодо еволюції технологічних машин, починаючи від перших пристроїв для обробки кам'яних знарядь праці і закінчуючи сучасними багатоцільовими верстатами з інструментальними магазинами та числовим програмним керуванням. Приділена увага внеску ряду найвидатніших конструкторів і винахідників в удосконалення верстатів різного призначення. Розглянуто розвиток теоретичних основ та сучасних тенденцій галузі, класифікація систем числового програмного керування верстатного обладнання. Представлена достатньо повна інформація щодо відносно нових високоефективних виробничих систем - роботизованих технологічних комплексів та гнучких автоматизованих модулів.

В другому розділі проаналізовано розвиток основних видів транспорту: залізничного, водного, автомобільного, а також велосипедів та мотоциклів. В кожній з тем наводяться дані щодо еволюції машин, найважливіших досягнень в їх удосконаленні, розглядаються перспективи подальшого розвитку.

У наступних розділах розповідається про створення та розвиток підйомно-транспортних пристроїв, комп'ютерної техніки, систем зв'язку та комунікацій - телеграфу, телефону, радіо та телебачення.

## 1. Розвиток машинобудування

### 1.1. Еволюція верстатів та верстатних комплексів

Ще в епоху неоліту перед людиною виникла проблема обробки кам'яних знарядь праці і полювання, зокрема висвердлювання в них круглих отворів. Це стало основною причиною створення пристроїв, в яких обробка здійснювалась за рахунок обертання інструмента. Поступово дані пристрої перетворилися в абразивні верстати з інструментом - точильним каменем, закріпленим на валу, що приводився в обертання рукояттю. На таких верстатах оброблялися як кам'яні, так і металеві заготовки.

Приблизно в V в. до н.е. був створений прототип токарного верстата, у якому оберталася вже заготовка, а інструмент – різець - знаходився в руках майстра. Обертання здійснювалося за допомогою лука, тятива якого була обведена навколо заготовки. Будова більш досконалого лучкового токарного верстата з педаллю показана на рис. 1.1. Подібне обладнання використовувалося древніми єгиптянами, греками і римлянами. На початку нашої ери привод шпинделя токарного і абразивного верстатів здійснювався від кривошипно-шатунного педального механізму, а з XV в. – від водяного колеса або кінної тяги через пасову передачу [30].

Перші фрезерні верстати були розроблені для нарізання зубчастих коліс і містили ділильний пристрій, відомий вже у XVI в. Наприкінці XVIIв. був створений верстат для нарізання зубів годинникових коліс - І.Біон (Франція), Я. Лейпольд (Німеччина). У XVIII в. А.К. Нартов (1694 - 1756 рр.) побудував універсальний зубофрезерний верстат.

Перший стругальний верстат сконструйований у Франції в 1719 р. Де ла Гіром. Він мав стіл, що вертикально рухався і приводився від педального привода; інструмент – різець - був нерухомим. У 1751 р. французьким механіком Н. Фоком був запропонований стругальний верстат з нерухомим столом і приводним інструментом, який переміщувався при обертанні вручну маховика.

У 1769 р. для обробки внутрішніх поверхонь циліндрів парових машин Смітсон виготовив розточувальний верстат, який у 1775 р. удосконалив Д. Уїлкінсон - вперше використана борштанга.

Поява та розвиток верстатів різного призначення створювали передумови виникнення машинобудування. І хоча у мануфактурний період розвитку виробничих сил машинобудування як галузі ще не існувало, вже експлуатувалися найпростіші токарні, свердлильні, фрезерні, стругальні і шліфувальні верстати. Техніка виробництва, незважаючи на примітивність, була досить різноманітною. Основний робочий процес у верстатах даного періоду забезпечувала рука людини, яка переміщувала інструмент. Людина була звичайно і джерелом енергії для привода верстата. Найбільше поширення мав токарний верстат, однак він тоді був лише складним знаряддям праці, але не робочою машиною.

У ході промислової революції XVIII в. виникла потреба у виготовленні великої кількості точних і однакових деталей. Останнє сприяло ство-

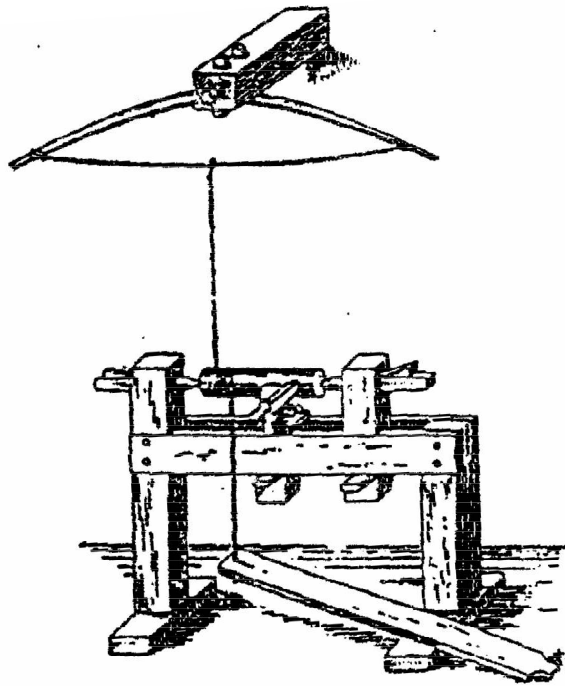


Рис. 1.1. Лучковий токарний верстат

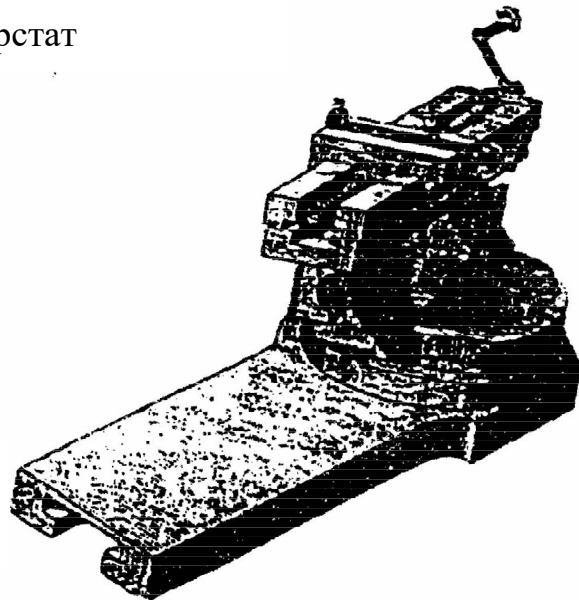


Рис. 1.2. Хрестовий супорт токарного верстата (1772 р.)

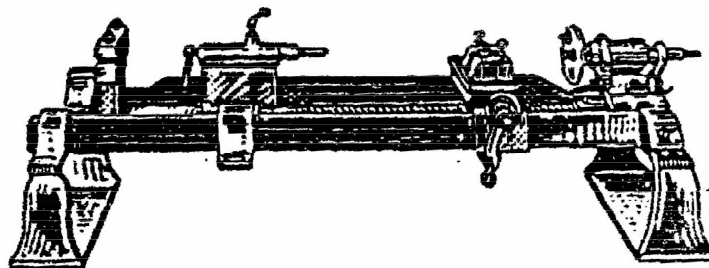


Рис. 1.3. Перший токарний верстат із супортом Г. Модслі

ренню робочих машин та самохідного супорта. При цьому машини стали виготовлятися машинами, що означало корінну зміну техніки і технології виробництва.

Задачу створення механізованого супорта першим вирішив А.К. Нартон у 1729 р., але в той час практичної потреби в ньому не було, крім того, привод верстата Нартонів залишився ручним.

У 1772 р. у "Енциклопедії" Дідро і Д'Аламбера було вперше приведені зображення хрестового супорта токарного верстата (рис. 1.2). Пропонуваний ними супорт міг повертатися навколо своєї осі і подаватися до оброблюваної заготовки, але не був механізованим.

У 1794 р. англійцем Г. Модслі (1771 -1831 рр.) був створений хрестовий механізований супорт для токарного верстата. З його допомогою установлений на двох каретках різець міг здійснювати подовжнє і поперечне переміщення. Підвищилась продуктивність і точність обробки, розширилась номенклатура виготовлюваних деталей. У 1797 р. Модслі побудував токарний верстат із самохідним супортом, змінними шестірнями в приводі та чавунною станиною (рис. 1.3), а пізніше в тому ж році - і токарно-гвинторізний верстат.

В першій половині XIX в. ідея механізованого супорта була перенесена і на інші групи верстатів. Один за одним з'являлися стругальний - Р. Робертс (1817 р.), фрезерні - І. Уїтні (1818 р.), Д. Несміт (1829 р.), поперечно-стругальний - Д. Несміт (1836 р.), токарно-карусельний (І.Г. Бодмер, 1839 р.) верстати, токарно-гвинторізний автомат - Й. Вітворт (1835 р.). В результаті, до середини XIX в. машинобудування було забезпечено основними робочими машинами, що виконували всі необхідні операції металообробки. Машини приводилися в дію від теплового двигуна Уатта за допомогою громіздких трансмісій – систем валів і пасових передач. Зовнішній вигляд деяких верстатів XIX століття показаний на рис. 1.4.

Як вже вказувалось вище, - механізація верстатів дозволила підвищити точність виготовлення деталей машин. Методи точної обробки були розроблені англійським верстатобудівником Йосипом Вітвортом (1803 - 1887 рр.). Він також винайшов першу вимірювальну машину, запропонував систему стандартизації різьб і ввів калібри, за допомогою яких оброблювані деталі можна було вимірювати з точністю до сотих і тисячних часток міліметра.

До 70-х рр. XIX в. машинобудування перетворилося в галузь заводського виробництва, причому частина підприємств мала вузьку спеціалізацію (наприклад, виготовлення парових машин, текстильних або метало-різальних верстатів). Поряд з ними з'являлися і багатопрофільні підприємства. Найбільш розвиненою і технічно оснащеною в той час була промисловість Великобританії. Інтенсивно нарощувався виробничий потенціал США та Німеччині. Інші країни мали слабе машинобудування. Удосконалювання верстатів стало основою для створення нової техніки в XIX в. Зростаючий попит на машини для транспорту, будівництва, військо-

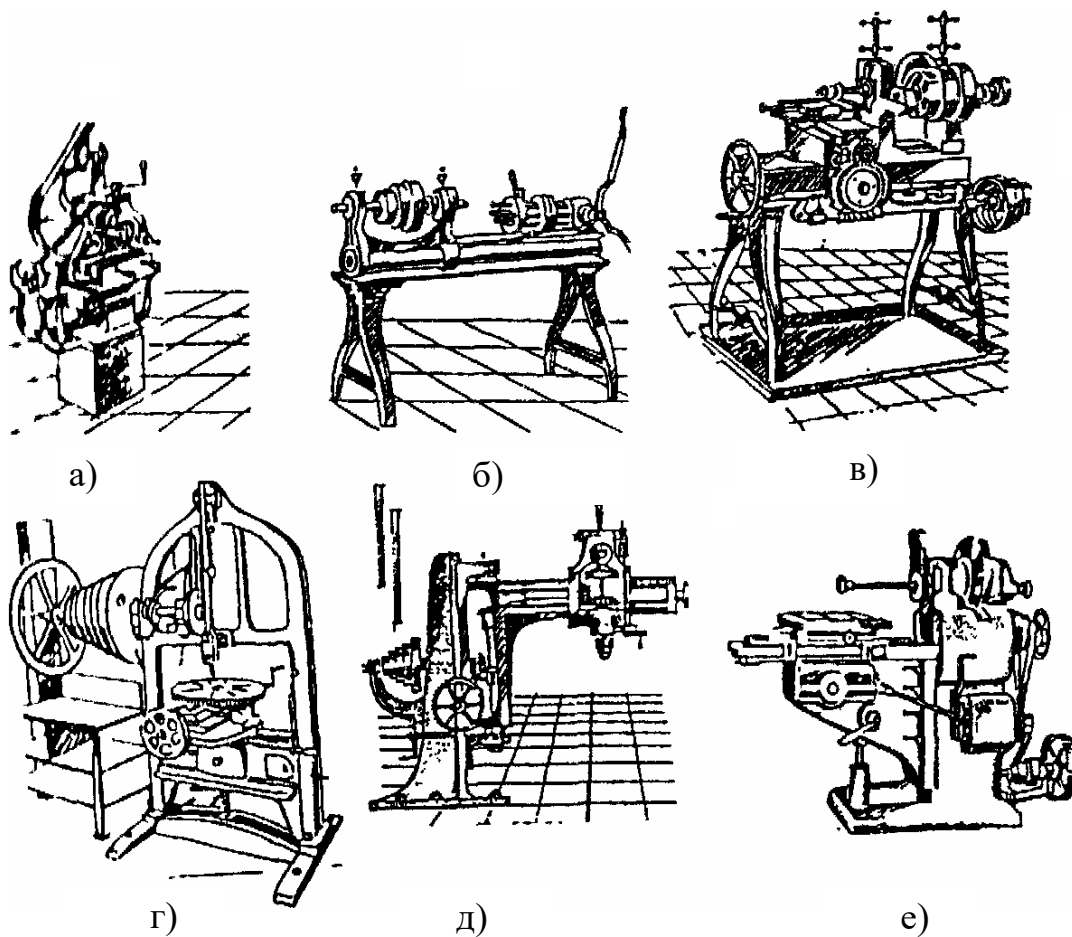


Рис. 1.4. Металорізальні верстати XIX в.: а - фрезерний верстат Г.Силвера (1835 р.); б - револьверний верстат С. Фриша (1848 р.), в - фрезерний верстат Ф. Хау і Е. Рутта (1848 р.); г - довбальний верстат (50-і рр. XIXв.), д - свердлильний верстат (кінець XIX в.); е - фрезерний верстат (кінець XIX в.)

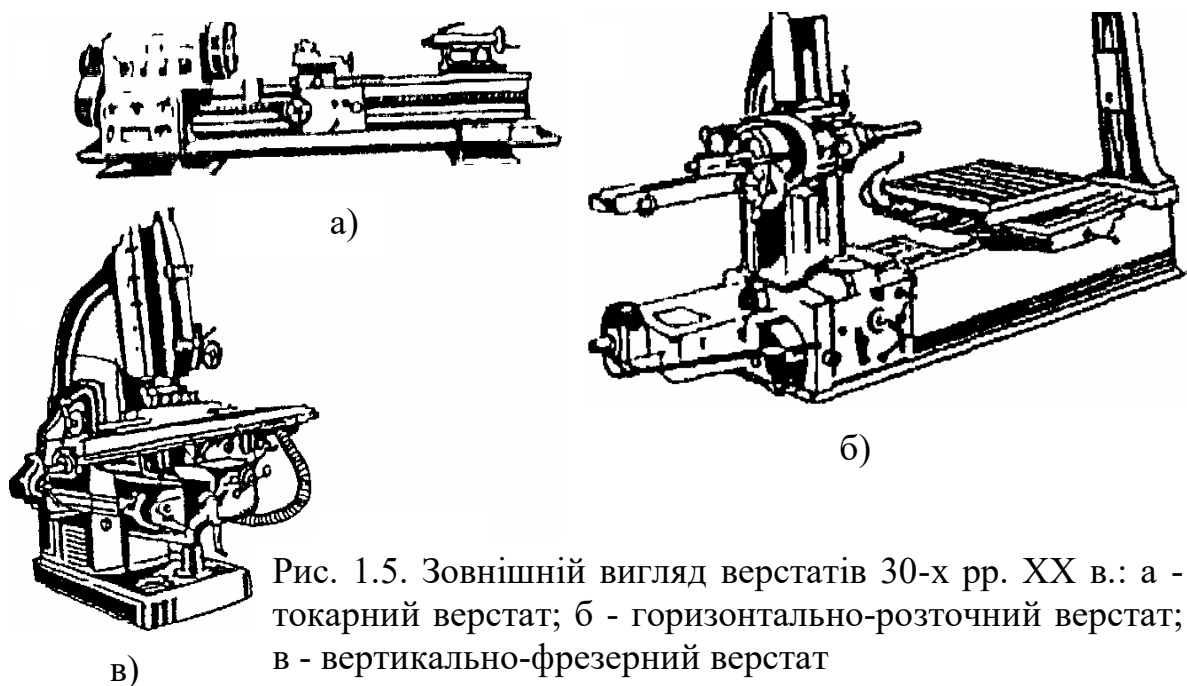


Рис. 1.5. Зовнішній вигляд верстатів 30-х рр. XX в.: а - токарний верстат; б - горизонтально-розточний верстат; в - вертикально-фрезерний верстат

вої справи, металургії, енергетики й інших галузей, успіхи металургії, що забезпечувала випуск високоякісних сталей, викликали швидкий розвиток машинобудування. З 70-х рр. XIX в. до початку першої світової війни обсяг продукції машинобудування виріс у 5,5 разів. При цьому 85% загального об'єму припадали на США, Німеччину й Великобританію.

Випереджальними темпами йшов розвиток верстатобудування. Від універсальних машин був здійснений перехід до спеціального обладнання, призначеного для виготовлення деталей певного типорозміру. З'явилися верстати з індивідуальним електроприводом, що забезпечило можливість електричної автоматизації робочого процесу.

Підвищувалася якість машин. В результаті використання інструментів з легированих інструментальних сталей збільшувалась продуктивність обробки різанням. Відбувається диференціація ріжучих інструментів. З'явилися різьбові і черв'ячні фрези, фасонні різці, зуборізні інструменти і т.д.

Потреби механообробки обумовили появу нового напрямку інженерної діяльності - розробки теорії різання металів. Закони різання і стружкоутворення сформулював російський учений І.А. Тіме (1838 - 1920 рр.). У 1880 -1900 рр. К.А. Зворикін (1861 -1928 рр.) досліджував основні питання кінематики і динаміки процесу різання металів. Американський вчений А.Тейлор (1856 -1915 рр.) у 1880 - 1906 рр. розробив методику визначення емпіричним шляхом режимів різання при токарній обробці, що мало велике практичне значення.

З'явилися численні типи основних груп верстатів: горизонтально-розточувальні - для обробки довгих циліндричних заготовок (гарматних стволів, гребних валів), лобові токарні - для підрізання торцевих поверхонь великого діаметру, токарно-карусельні - для обробки великогабаритних заготовок, круглошліфувальні і фрезерні верстати різного призначення. Зовнішній вигляд деяких верстатів першої третини XX століття показаний на рис. 1.5.

Спеціалізація верстатів залежно від виконуваних виробничих операцій забезпечила можливість автоматизації промисловості. Поява автоматів і напіваавтоматів - токарного автомата Х. Спенсера (1873 р.), пруткового напіваавтомата Джонсона (1870 -1890 рр.), автоматів фірми "Клівленд" для нарізання різьб, свердління отворів і фрезерування, багатошпиндельних автоматів - змінила організацію і технологію виробництва в машинобудуванні.

Підвищення точності обробки уможливило перехід до масового виробництва в галузях, що особливо швидко розвивались - енергомашинобудуванні, автомобіле- і тракторобудуванні, приладобудуванні, авіа- і двигунобудуванні.

Однією з форм масового виробництва стали потокові лінії для виготовлення деталей і складання з них машин. Уперше поточе виробництво було створено в автомобільній промисловості Г. Фордом у 1913 р. **Потокова лінія** являє собою сукупність робочих машин і робочих місць, роз-

ташованих за ходом технологічного процесу виготовлення виробів і зв'язаних за допомогою міжопераційних транспортних пристроїв - рольгангів, конвеєрів, транспортерів і т.д. Потокові лінії забезпечують ритмічний випуск продукції, високу продуктивність праці і зниження собівартості виробів.

У СРСР конвеєрне виробництво автомобілів уперше було створено в 1929 р. на Московському автозаводі. Воно широко розповсюдилося й в інших галузях промисловості.

Масове і великосерійне виробництва вимагали також впровадження напівавтоматів і агрегатних верстатів. Широке використання напівавтоматів фірм "Магдебург" і "Левер" почалося в 30-х рр. у воєнній промисловості Німеччини. У цей же час у США були створені автомати і напівавтомати для авіаційної, автомобільної, тракторної і військової галузей промисловості. Їх випускали 17 фірм. Слідом за Німеччиною і США автомати стали розробляти й інші країни. У СРСР освоєння даного обладнання почалося в роки першої п'ятирічки. **Автоматом** називається самокерована технологічна машина, яка при здійсненні технологічного процесу виконує без втручання оператора (робітника) всі робочі та допоміжні рухи робочого циклу і потребує лише періодичного контролю, обслуговування і ремонту. Якщо відсутній хоча б один з механізмів для автоматичного здійснення робочих або холостих ходів, робочий цикл переривається, що вимагає втручання оператора. У таких випадках технологічна машина називається **напівавтоматом**.

А Автомати та напівавтомати оснащуються пристроями, що забезпечують керування в заданій послідовності всіма системами машини. Перші автомати мали механічні пристрої керування. Розвиток електротехніки привів до появи систем з релейним автоматичним керуванням за допомогою кінцевих вимикачів, установлених у певних положеннях на виконавчих елементах або на станині автомата. В теперішній час функцію керуючого пристрою в автоматизованих верстатах виконують комп'ютерні системи, які крім керування згідно із заданою програмою забезпечують ще й контроль стану інструмента та його заміну, що сприяє підвищенню продуктивності виробничого процесу та якості готової продукції.

Ступінь автоматизації машини може бути підвищений за рахунок введення пристроїв для автоматичного виконання операцій, не пов'язаних з робочим циклом. Йдеться про так звані позациклові механізми, наприклад, для збирання і відведення стружки, змащення, контролю якості (не пов'язані з автоматичним підналагодженням), визначення кількості виробів і т.д.

Перехід до автоматів дозволив не тільки підвищити продуктивність та якість, але й поліпшити умови праці. Однак при частих змінах виду продукції, що випускається, використання вузькоспеціалізованих автоматів стає практично неможливим. Прагнення усунути цей недолік привело до створення **агрегатних верстатів**, що складаються з набору нормалізова-

них вузлів-агрегатів різного призначення, при цьому склад і компоновання агрегатів залежать від розмірів та конфігурації виробу, а також технології його виготовлення. Агрегатні верстати забезпечують здійснення різних видів обробки і одночасно декількома інструментами. Отримали також розповсюдження і багатопозиційні агрегатні верстати з поворотними ділильними столами, призначені для обробки виробів широкої номенклатури. Число агрегатів з індивідуальним електроприводом в таких верстатах може сягати 12. Перші агрегатні верстати були впроваджені в Німеччині наприкінці 20-х рр., а потім - у США в автомобільній промисловості.

У 30-х рр. значно збільшився асортимент використовуваних у машинобудуванні матеріалів - від легких сплавів до спеціальних жаростійких сталей з високими механічними властивостями.

Удосконалювання верстатів супроводжувалося розробками нового ріжучого інструмента. На початку XX в. почали використовувати різці з швидкорізальних сталей, що зберігають працездатність при температурах 400...650 °С. З кінця 20-х рр. отримали поширення ріжучі пластинки з твердих сплавів, за допомогою яких вдалось збільшити швидкість обробки в 4...5 разів. З 50-х рр. в інструментах застосовується металокераміка.

Зростаюча складність технічних систем обумовила появу і розвиток верстатів високої точності - координатно-розточувальних, координатно-шліфувальних та інших. У найбільших обсягах виробництво подібного обладнання здійснювалося у Швейцарії. У СРСР високоточні верстатні системи почали впроваджуватися тільки після 1950 р.

Жорсткість вимог до точності виробів викликала помітний розвиток у 30-х рр. контрольно-вимірювальної техніки, включаючи контрольні автомати.

Одночасно з масовим випуском верстатів легкої та середньої категорії в 30-х і особливо в 40 - 50-х рр. почалося будівництво важкого обладнання (токарних, карусельних, фрезерних верстатів) для виготовлення деталей великих гідравлічних і парових турбін, гребних валів і інших виробів масою до 200..300 т. У СРСР важке обладнання випускали Горьківський завод фрезерних верстатів, Краматорський, Рязанський, Коломенський заводи важкого машинобудування.

Розвиток масового виробництва закономірно привів до створення автоматичних верстатних ліній. Перша така лінія з механічним керуванням для виготовлення блоків циліндрів автомобільних двигунів була встановлена у Великобританії в 1923 - 1924 рр. компанією "Morris Motorz". На лінії працювали 22 оператори, виконувалось 53 операції й оброблялось 15 блоків за годину. Лінія виявилася ненадійною в експлуатації. У 1928 р. в США фірма "А.О. Сміт і К°" побудувала лінію для випуску автомобільних рам. На ній щодня виготовлялося 10000 рам, обслуговування здійснювали 120 робітників. У 1929 р. фірма "Грехем Пейдж Моторз" (США) запустила лінію на базі агрегатних систем для обробки блоків циліндрів. Верстати на ній були взаємозамінними, зв'язаними транспортером і загальним керуван-



ням. Лінія успішно використовувалась.

У СРСР перша автоматична лінія була пущена на Сталінградському тракторному заводі у 1939 -1940 рр. Широке розповсюдження автоматичні лінії одержали у 40 -50-х рр., причому вони включали не тільки для металорізальні верстати, але і ковальсько-пресове та ливарне обладнання.

Наприкінці 50-х рр. Л.П. Кошкін розробив роторні автоматичні лінії, що склалися з роторних операційних машин, розташованих у технологічній послідовності і транспортних роторних пристроїв. Робочий час таких ліній сягав 95%.

Збільшення обсягів механічної обробки в 60 - 70-х рр. змусило звернути увагу на економію матеріалів і розробку способів зменшення частки відходів виробництва. Це привело до появи нових методів одержання заготовок: високоточних штампувань, періодичного прокату, лиття (прецизійного, за виплавленими моделями, кокільного, під тиском, коркового). Виникла ще одна галузь інженерної діяльності - порошкова металургія. На підприємствах порошкової металургії заготовки виробів спочатку пресуються з металевих порошків, а потім спікаються при високих температурах. У цей же період визначене поширення одержали методи електрофізичної обробки високоміцних і жаростійких матеріалів. З'явилися перші промислові роботи і маніпулятори.

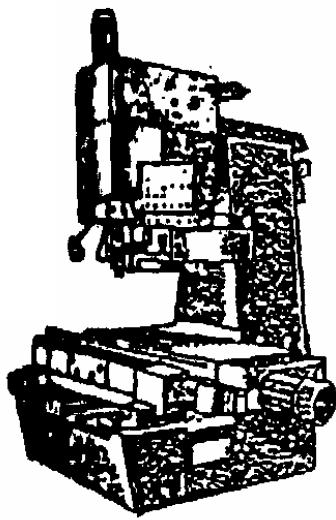
Особливо великі зміни в машинобудуванні почалися в 70 - 80-х рр. з розвитком напівпровідникової електроніки і використанням її в системах керування й автоматизації верстатів і роботів. Були створені пристрої числового програмного керування (ПЧПК) різних класів і призначення, в результаті застосування яких змінилися технології обробки й організація виробництва. Зовнішній вигляд деяких верстатів із ЧПК показаний на рис.1.6.

Поряд з автоматизованим та спеціалізованим технологічним обладнанням розроблені багатоцільові верстати з інструментальними магазинами і ПЧПК - оброблювальні центри. В подібних системах ЧПК забезпечує високопродуктивну обробку виробів різної конфігурації при широких можливостях легкого швидкого переналагодження на виготовлення нової продукції – високої гнучкості.

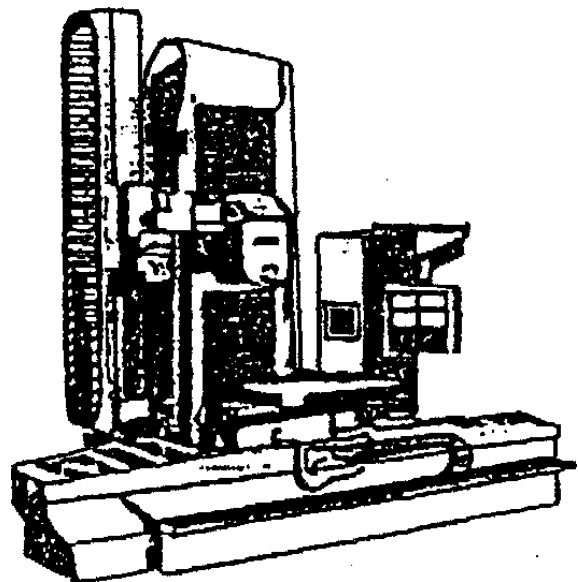
## 1.2. Сучасні тенденції машинобудування

Основною задачею машинобудування є виготовлення нової техніки і комплектуючих для різних галузей промисловості. В умовах ринкових відносин конкуренція в сфері наукомістких техніки і технології здобуває особливу гостроту.

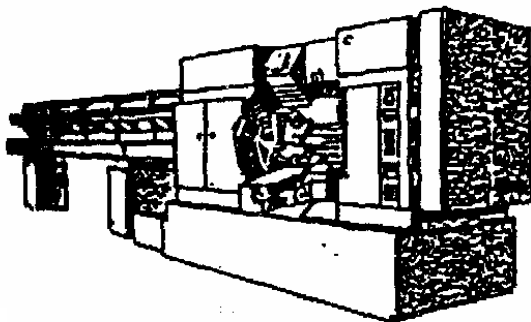
Вирішальну роль у конкурентній боротьбі відіграють фактори технічної новизни виробів, а також їх якості. Важливими є також раціональність конструкції та технології виготовлення, функціональні, експлуатаційні, естетичні, ергономічні та інші параметри машини [9 - 12]. Саме рівень техніки і технології визначає можливості випередження конкурентів, одержання



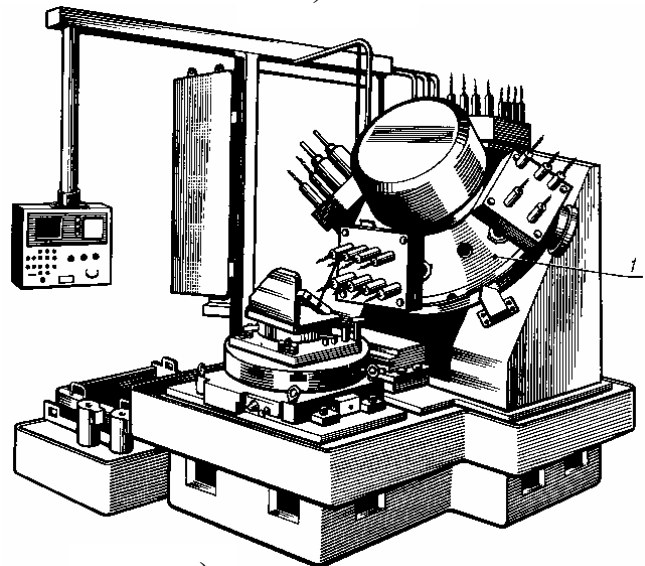
а)



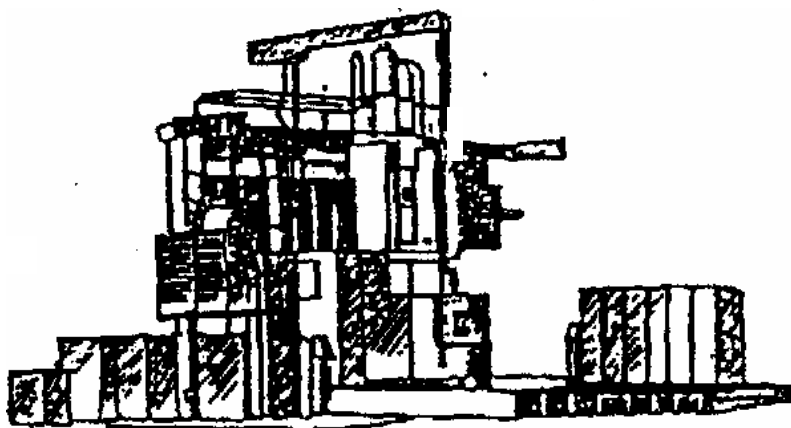
б)



в)



г)



д)

Рис. 1.6. Зовнішній вигляд верстатів з ЧПК: а - координатно-розточувального; б - оброблювального центру; в - токарного автомата; г - переналагоджувального агрегатного; д - повздовжньо - фрезерно - розточувального

пріоритету в тій чи іншій сфері, забезпечення конкурентної здатності підприємства, галузі та промисловості країни в цілому.

Відмічені взаємозалежності дозволяють зробити висновок про необхідність періодичної модернізації виробництва, постійного підвищення якості продукції, збільшення числа модифікацій машин, що випускаються, впровадження нового високоефективного і гнучкого технологічного обладнання, матеріалозберігаючих, енергозберігаючих та безвідходних технологій, зниження виробничої собівартості.

Машинобудівне виробництво визначає рівень техніки початку ХХІ в. і одночасно є результатом її розвитку. НТР породила нові види устаткування і форми організації виробництва, що поступово витісняють старі. Основними тенденціями сучасного машинобудування є [32]:

- прискорена заміна верстатів перших поколінь з механічною й електричною автоматикою на автомати з електронним керуванням, в яких передбачена можливість введення керуючих програм через пульт верстата або за допомогою клавіатури ПЧПК. В блоці пам'яті ЧПК подібного обладнання може бути записано значне число типових робочих та допоміжних операцій;

- впровадження багатоопераційних оброблювальних центрів з інструментальними магазинами і ЧПК;

- використання автоматизованого міжопераційного транспорту і роботів, систем автоматизованого контролю;

- перехід до роботизованих технологічних комплексів (РТК) і гнучких автоматизованих виробництв (ГАВ), відмова в ряді випадків від автоматичних ліній;

- реалізація в системах ЧПК адаптивних принципів керування;

- впровадження систем автоматизованого проектування технологічних процесів, методів оптимізації технологічних процесів за точністю, що досягається, продуктивністю й економічністю, при забезпеченні високих функціональних і експлуатаційних параметрів машини;

- створення систем автоматизованого керування типовими технічними об'єктами і технологічними процесами з оптимізацією параметрів;

- удосконалювання технологічних процесів механічної обробки та складання за рахунок використання продуктивних режимів різання, високоефективних способів одержання заготовок, маловідходних, безвідходних і енергозберігаючих технологій, електрофізичних та інших перспективних методів.

Необхідно відзначити, що широке впровадження автоматів з ЧПК і роботів (РТК і ГАВ), несе певну соціальну напруженість. Створення так званих "безлюдних" виробництв викликає безробіття. При цьому змінюється і кваліфікаційна структура працюючих [33 - 35]. Тому, вже зараз ряд держав наклали обмеження на обсяги застосування ГВС.

### 1.3. Системи комп'ютерного керування технологічними машинами

Ступінь автоматизації машинобудівного виробництва з часом збільшується. Відмічене стосується не тільки систем керування устаткуванням, та технологічними процесами обробки, а і підготовки конструкторської та технологічної документації, включаючи виконання складальних креслень виробів, деталювання, укладання та графічного оформлення маршрутних технологічних карт, проведення розрахунків економічних режимів різання, машинного часу, оптимізацію варіантів маршрутів і т.д. Наявність у базах даних підприємств інформації щодо технічних характеристик устаткування, інструмента, що використовуються в конкретному цеху (на ділянці) дозволяє не тільки скоротити час на пошуки необхідних даних, але й уникнути помилок при проектуванні технологічних процесів та виборі раціональних варіантів. Істотно зменшується обсяг часу, що витрачається на так звану рутинну роботу. Комп'ютерна техніка використовуються також під час розробки програм для верстатів із ЧПК, проектування спеціального ріжучого інструмента, тощо [37 - 38]. В процесі впровадження ПЧПК на виробництві можна виділити декілька основних етапів:

- 1) створення верстатів з ЧПК і випробування їх у виробничих умовах, підготовка керуючих програм;
- 2) широке впровадження у виробництво верстатів з автономними пристроями ЧПК постійної структури, а також систем автоматичного програмування;
- 3) створення комп'ютерних систем централізованого керування, використання автономних пристроїв з перемінною структурою;
- 4) включення верстатів із ЧПК в загальну систему автоматизованого керування технологічними процесами.

В останні роки спостерігається тенденція використання в ПЧПК металоблювального устаткування мікропроцесорних пристроїв і міні-ЕОМ, що дозволяє зробити більш гнучким та багатоваріантним процес підготовки програм, а їх відлагодження проводити безпосередньо на верстаті. Поява гнучких виробничих систем (ГВС) стала можливою після удосконалення верстатів з ЧПК. Створенню гнучких виробничих модулів (ГВМ) передувала розробка багатоцільових верстатів з магазинами інструментів, завантажувальних робіт та маніпуляторів, а також мікропроцесорних систем керування, що забезпечують високоякісну діагностику стану обладнання. Особливістю ГВС є інтеграція технологічного устаткування з мікропроцесорною технікою і використання комп'ютерів для обробки, збереження і видачі інформації щодо устаткування, яке входить до складу системи. За функціональними можливостями ПЧПК можна розділити на чотири групи: з введенням розрахованих параметрів обробки за допомогою клавіатури, зі стандартними фіксованими функціями, з обмежено змінюваними функціями, програмовані на базі міні-процесорів з необмеженим введенням функцій. Основні класи використовуваних систем програмного

керування [17] приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Класи систем програмного керування

Скорочене міжнародне (українське) позначення	Визначення
(ПК)	Програмне керування. Керування верстатом згідно із детермінованою програмою
(ЦПК)	Циклове програмне керування. Керування циклами переміщень або режимами обробки згідно із програмою із завданням величин параметрів за допомогою шляхових перемикачів або інших вимірювальних перетворювачів
NC (ЧПК)	Numerical control - числове ПК. Керування обробкою на верстаті за програмою, заданою в алфавітно-цифровому коді
SNC HNC	Speicher NC, Memory NC. ПЧПК, що має пам'ять для збереження всієї програми керування. Hand NC. ПЧПК з ручним введенням програми з пульта
CNC	Computer NC. Автономний ПЧПК, що містить у своєму складі комп'ютер або процесор для виконання основних функцій керування
DNC	Direct NC. Система керування групою верстатів від загального комп'ютера, яка зберігає програми і розподіляє їх по запитах від ПЧПК верстатів класів NC, HNC або CNC
VNC	Voise numerical control. ПЧПК, що дозволяє вводити інформацію голосом. Прийнята інформація перетворюється і виводиться у вигляді графіки та тексту на екран, що забезпечує візуальний контроль, а також можливості для корегування та відпрацьовування програми

Системи ЧПК згідно зі способом керування рухом верстата діляться також на три основні конструктивні групи: позиційні – по граничним точкам, контурні – згідно із заданою траєкторією і універсальні – з програмованим керуванням. В ряді систем ЧПК реалізоване комбіноване позиційно-контурне керування. Перспективним є використання процесорів для керування верстатами через проміжний пристрій без кодування команд на програмоносіях (перфострічках, магнітних стрічках, дискетах). В подібних випадках ПЧПК виконує такі функції: передачі інформації виконавчим елементам верстата, які відпрацьовують задані переміщення або швидкості, фіксації значень контрольованих робочих параметрів у пам'яті, їх порівняння із заданими, визначення необхідних поправок та подача сигналів. В деяких верстатних системах, що використовуються на автомобіле- і

літакобудівних підприємствах США і Великобританії реалізоване безпосереднє програмне керування від персональних комп'ютерів.

За допомогою ЕОМ здійснюється також автоматизація керування технологічними процесами (АСК ТП) [39 - 40]. АСК ТП забезпечує підвищення ефективності виробництва при збереженні стабільної якості продукції, дозволяє вирішувати задачі керування в найкоротший термін з врахуванням великого числа факторів.

#### 1.4. Роботи і роботизовані технологічні комплекси

Зростаючі потреби виробництва у випуску різноманітної якісної продукції обумовлюють необхідність автоматизації не лише технологічних (основних) операцій – механічної обробки, складання, - а і допоміжних (обслуговування), в тому числі – операцій установки заготовок на верстат, знімання готових деталей і транспортування їх між одиницями технологічного обладнання. У зв'язку із цим, окрім верстатів з ЧПК, останнім часом все ширше впроваджуються допоміжні засоби та пристрої автоматизації, що розробляються на основі останніх досягнень комп'ютерної техніки. До вказаних пристроїв відносяться і промислові роботи (ПР), що здатні виконувати широке коло основних та допоміжних функцій в умовах гнучкого виробничого процесу [41, 42].

Слово "робот" походить від чеського слова *robota* (робота). Воно було запропоновано письменником Карелом Чапеком у його фантастичному творі "Рур".

Існує декілька визначень для терміну "робот", з яких найбільш точним, на нашу думку, є формулювання американського робототехнічного інституту. **Промисловий робот** є багатофункціональним перепрограмованим маніпулятором, призначений для здійснення заздалегідь заданих переміщень матеріалів, деталей, інструментів або спеціальних пристосувань з метою виконання різних робіт.

Приведене визначення припускає наявність у робота інтелекту - здатності до виконання розумових операцій, в тому числі і при розв'язанні нетипових задач. Можливості інтелекту ПР залежать від закладених в його комп'ютер програм керування, а також чутливості органів сприйняття інформації - самоконтролю положення, визначення діючих сил, фіксації прослизання об'єкта при схоплюванні, технічного зору. Саме наявністю інтелекту робот відрізняється від жорстко запрограмованих **маніпуляторів**, що відтворюють рух рук людини для здійснення заданої операції.

ПР являє собою універсальний оснащений комп'ютером маніпулятор, що складається з декількох твердих ланок, послідовно з'єднаних обертальними чи поступальними парами, які утворюють кінематичні ланцюги. Початкові ланки ланцюгів зв'язані із основою маніпулятора, кінцева ланка вільна і оснащена захоплювачем, здатним брати і затискувати переміщувану заготовку або інструмент.

За виконуваними функціями ПР поділяються на технологічні і до-

поміжні. **Технологічні ПР** додатково класифікуються за найменуванням операцій. Широко розповсюдженими є ПР, призначені для виконання зварювальних робіт (зокрема в автомобільній промисловості), фарбування і нанесення покриттів, контролю якості виробів.

**Допоміжні ПР** призначаються для переносу заготовок, деталей, вузлів устаткування, інструмента і т.д. Звичайно вони відпрацьовують функції: узяти - перенести в задане місце - установити в задане положення. Дані ПР звичайно більш прості за схемою керування і конструкцією, ніж технологічні. Допоміжні ПР постійно удосконалюються, але здебільшого залишаються маніпуляторами з програмним керуванням.

Що стосується технологічних ПР, то вони звичайно виконуються адаптивними - мають спроможності автоматично пристосовуватися до різноманітних умов роботи. Технологічні ПР третього покоління з елементами штучного інтелекту поки не одержали значного поширення.

Найбільш розповсюдженими і досконалими на даний момент є ПР фірм "Юнімейшн", що випускає ПР із 1959 р. і "Американ Мешін енд Фаундрі Компані" (AMP), яка випустила в 1960 р. перший ПР "VERSATRAN". У 1968 р. японська фірма "Кавасакі Хеві Індастріз" купила у фірми "Юнімейшн" ліцензію на виробництво ПР і освоїла їх масовий випуск для різних галузей промисловості (насамперед для автомобільної). Довгий час за обсягами випуску ПР лідирувала Японія, де до початку 90-х рр. чисельність їх парку складала близько 90000. Однак за кількістю ПР на кожну тисячу чоловік населення перше місце належить Швеції. Зростання парку ПР за даними світового плану складає в розвинених країнах 20...40 %. У 2000р. кількість ПР в усьому світі досягла 900000. Проектування і виробництво ПР у ведучих країнах здійснюється спеціалізованими фірмами.

У СРСР чисельність парку ПР складала 50000, причому планувалося до 2000 р. довести дану цифру до 450000, тобто до половини світового парку. Зрозуміло, що із припиненням падіння промислового виробництва, стабілізацією і подальшим підйомом економіки проблема підвищення ступеня автоматизації на виробництві за допомогою ПР знову виявиться актуальною.

Принципові та конструктивні схеми роботів досить різноманітні, вибір тієї чи іншої з них визначається конкретними умовами експлуатації.

Найбільш розповсюдженим є тип напольного допоміжного ПР з однією горизонтальною висувною рукою і вертикальною колоною, навколо осі якої здійснюється поворот руки. Такі роботи за вантажопідйомністю бувають надлегкими (з номінальним значенням маси об'єкта маніпулювання до 8...10 кг), легкими - до 80... 100 кг і середніми - до 300 кг. Вони мають чотири ступені рухливості захоплювача: переміщення і поворот відносно вертикальної осі колони, переміщення і поворот відносно горизонтальної осі руки. Величина висування захоплювача відносно горизонтальної осі, хід руки відносно вертикальної осі і кут повороту руки в горизонтальній площині визначають розміри робочої зони ПР.

Другий тип напольного допоміжного або технологічного ПР виконується із шарнірною складною рукою (осі шарнірів горизонтальні). Звичайно такі ПР мають п'ять ступенів рухливості і вантажопідйомність 5...80 кг.

До третього розповсюдженого типу відносяться порталні ПР, що оснащуються одною або декількома хитними руками, причому кожна з них має три ступені рухливості. Вантажопідйомність подібних ПР 20...200 кг.

Четвертий тип - вбудовані ПР. Вони звичайно мають невеликі розміри та масу і закріплюються на базових елементах робочої машини.

Найбільші допустимі похибки переміщення руки визначаються призначенням ПР. Так, при виконанні фарбувальних робіт допускаються відхилення до 10 мм, а більшість допоміжних ПР мають максимальні похибки від декількох десятих часток міліметра до 2...3 мм.

Середні лінійні швидкості виконавчих ланок ПР знаходяться в межах 0,3...1,0 м/с (у деяких спеціальних ПР швидкість складає 3...4 м/с), кутові швидкості для переміщень в робочій зоні основного обладнання - 30...90град/с, при виконанні орієнтуючих рухів - 180...300 град/с.

Механічна частина ПР - маніпулятор - являє собою багатоланковий механізм із числом ступенів рухливості 3...9. Маніпулятор може мати нерухому або рухому основу (типу візка), що переміщується по рейковому шляху або ригелю порталу.

В приводі ПР використовують електродвигуни перемінного та постійного струму, а також поступальні і поворотні пневмо- і гідродвигуни з тиском повітря 0,5...1 МПа, масла - 5...10 МПа. Значний прогрес у створенні і промислового освоєнні напівпровідникових (тиристорних і транзисторних) перетворювачів - керованих випрямників - дозволили значно підвищити ефективність електроприводів ПР. Їх перевагами є розширений до 0,05 Н·м діапазон малих моментів, підвищена до 15000 об/хв. максимальна частота обертання, можливість зменшення інерції двигунів, вбудовані передачі, гальма, а також різноманітні датчики, відсутність витоків енергоносія (характерних для пневмо- і гідроприводів), низький рівень шуму і вібрацій, порівняно просте підведення живлення, у тому числі для двигунів на рухомих частинах ПР. Датчики контролю положення ланок маніпулятора, якими обладнується ПР розташовуються на захоплювачах або інших робочих елементах. Керування роботами здійснюється за допомогою комп'ютерів та мікропроцесорів за програмами, складеними на основі карт налагодження виконуваних операцій. Для ряду основних та допоміжних процесів, наприклад, фарбування розпилювачем виробів складної форми, програмування шляхом введення чисельних значень координат опорних точок траєкторій руху, або функцій, що визначають ділянки переміщень виконавчих елементів ПР є недоцільним. В таких випадках більш раціональне програмування шляхом переміщення вручну досвідченим робітником захоплювача ПР згідно із оптимальною траєкторією його рухів. При цьому інформація щодо форми траєкторії записується у пам'ять ПР, а потім, після завершення налагодження відтворюється по команді у автоматичному



режимі. Можливо також програмування ПР за допомогою пульта ручного дистанційного керування.

Сучасні ПР разом з автоматизованим устаткуванням, транспортними системами і складами утворюють **роботизовані технологічні комплекси (РТК)**, що мають високий ступінь автоматизації і достатню гнучкість.

### 1.5. Гнучкі автоматизовані виробництва

Принципово нові можливості підвищення ефективності промислового виробництва у всіх його галузях відкриваються при переході до організації технологічних процесів за принципами **гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ)** [43 - 47]. Основні принципи ГАВ можна сформулювати таким чином:

- використання обладнання, вузлів, а також схем і способів компонування та керування, що забезпечують високу гнучкість виробництва;
- використання на виробництві автоматизованих пристроїв керування устаткуванням, технологічними лініями, ділянками, цехами і т.п., які являють собою програмовані комплекси, реалізовані на основі комп'ютерів та мікропроцесорів;
- створення і впровадження нових методів і засобів для підвищення надійності функціонування ГАВ у цілому і, насамперед, ділянок безлюдного виробництва.

У залежності від обсягів продукції, що випускається, розрізняють одиничне, дрібносерійне, серійне, великосерійне і масове виробництво.

До появи устаткування з ЧПК і створення ГАВ кожному типу виробництва відповідали певні тип та структура устаткування, а також форма організації праці. Якщо для **одиничного і дрібносерійного** виробництва характерне використання універсального обладнання, для обслуговування якого потрібні висококваліфіковані робітники, то в **серійному і великосерійному** виробництвах широко застосовуються спеціалізовані машини. Основу **масового** виробництва складає, як правило, спеціальне устаткування. **Спеціалізоване устаткування** призначене для виготовлення деталей певної номенклатури – одного найменування і різних габаритних розмірів. На основі даного обладнання можуть створюватись верстатні лінії переналагоджуваного типу. **Спеціальне устаткування** забезпечує обробку деталей одного найменування та розмірів. Воно є непереналагоджуваним, тому перехід до випуску продукції іншого виду вимагає його часткової або повної заміни, а іноді й реконструкції виробництва.

Згідно із наведеними визначеннями використання спеціалізованого й спеціального обладнання в одиничному і дрібносерійному виробництвах є нераціональним, а в більшості випадків і неможливим. Поява комп'ютерної техніки і верстатів з ЧПК, розробка нових форм автоматизації й організації праці відкрили широкі можливості для підвищення ефективності одиничного та серійного виробництва. Це обумовило необхідність розробки і впровадження нових технологічних процесів, оснований

на принципах ГАВ. ГАВ дозволили ефективно вирішити проблеми одного та багатомасштабного серійного виробництва на принципово новій основі. Однак, разом з тим, виникли і ряд інших серйозних проблем, деякі з яких розглянуті нижче.

До машинобудівного виробництва пред'являються такі основні вимоги: мінімізація термінів підготовки до випуску продукції, забезпечення заданої серійності її випуску, зменшення трудомісткості виготовлення і вартості при високій якості продукції.

Перша вимога може бути виконана за рахунок універсалізації устаткування і впровадження швидкопереналагоджуваних систем керування. Виконання інших вимог здійснюється на основі забезпечення виробництва необхідною для досягнення заданої продуктивності кількістю обладнання, яке має достатні технологічні можливості і точність. Крім цього, підвищенню ефективності виробничої бази сприяє впровадження на підприємстві комплексної автоматизації та програмного керування на основі комп'ютерів та мікропроцесорів. Причому це стосується не тільки виробничих цехів, а і допоміжних підрозділів. Одночасна реалізація вказаних засобів вимагає значних матеріальних витрат і, крім цього, вносить певні протиріччя в організацію процесу виробництва. Тому, для забезпечення їх максимально ефективного гармонійного сполучення слід пам'ятати про найважливіші характеристики сучасного виробництва:

- гнучкість - можливості до швидкої перебудови на випуск нової продукції;

- високий технічний рівень і достатня оснащеність новими технологіями, устаткуванням, засобами керування й оперативного контролю, що дозволяють випускати високоякісну продукцію за умов максимальних надійності та ресурсу виробничої бази;

- економічність, що забезпечує прийнятну для ринку продажну ціну продукції і мінімізацію витрат усіх видів ресурсів для її виготовлення.

ГАВ застосовують переважно в машинобудуванні, хоча вони є досить поширеними й у приладобудуванні, виробництві мікроелектроніки, а також в харчовій промисловості.

В структурі ГАВ виділяють:

- **гнучкі виробничі модулі (ГВМ)**, що відносяться до спеціальних, або розробляються на базі існуючого устаткування з ЧПК шляхом їх додаткового оснащення роботами, накопичувачами, пристроями автоматичної зміни інструмента і т.д.;

- **гнучкі виробничі лінії (ГВЛ)**, які комплектуються на основі типових ГВМ із верстатів типу "оброблювальний центр", автоматичних пристроїв подачі заготовок, завантаження-розвантаження і транспортно-складських систем;

- **гнучкі автоматизовані ділянки (ГАд) і цехи (ГЦ)** основного і допоміжного виробництва для випуску машин і технічної підготовки виробництва;

- **комплексні автоматизовані транспортні системи (АТС)**, що включають пристрої транспортування для здійснення зв'язку між автоматизованими складами, гнучкими модулями і гнучкими ділянками;

- **комплексні автоматизовані системи керування (КАСК)**, в яких використовується потужне організаційне, інформаційне, математичне і програмне забезпечення для розв'язання задач керування ГАВ, АСК ТП, а також **автоматизовані системи керування виробництвом (АСКВ)** нижнього рівня, призначені для здійснення планування, оперативного керування, обліку часу, розрахунків, пов'язаних з технічним забезпеченням ГАВ.

ГАВ механічної обробки розділюються на операційні і комплексні. **Операційні ГАВ (ГВЛ, ГАД)** забезпечують виконання операції визначеного виду, наприклад, токарних. **Комплексні ГАВ (ГАД, ГАЦ)** реалізують операції різних видів і додатково класифікуються за типом виробів: для виготовлення корпусів, валів, кілець і т.д.

Створення ГАВ, що відповідає всім вимогам конкретного підприємства можливо лише у випадку спеціальної розробки та виготовленні всіх виробничих та допоміжних підсистем, що входять до його складу. Тому, таке буває досить рідко. Найчастіше здійснюється реконструкція існуючої виробничої бази на основі принципів ГАВ з максимальним використання наявного виробничого потенціалу. Найбільш економічним і швидко реалізованим підходом до розв'язання задачі реконструкції є побудова ГАВ на базі верстатів із ЧПК, що випускаються серійно і поетапно їх оснащення засобами робототехніки, транспортними і складськими комплексами.

У зв'язку із вже відміченою високою вартістю ГАВ, його потужність повинна обиратися на основі ретельного аналізу й оцінки сукупності різних факторів, таких як, сформована цехова структура, технологічна підготовленість виробництва до застосування методів гнучкої автоматизації процесів механічної обробки, прогнозований ступінь ризику і т.д. Створення ГАВ вимагає комплексного розв'язання задач технічного, організаційно-економічного і конструкторсько-технологічного характерів: впровадження верстатів із ЧПК, ПР, автоматизованих складів, створення нової організаційно-технічної структури, якою керує комп'ютер, зміни технології виготовлення виробів на основі заміни універсального обладнання оброблювальними центрами.

Впровадження ГАВ значно підвищує продуктивність праці, дозволяє зменшити число працюючих. Для прикладу можна привести результати їх використання в автомобілебудуванні.

Фірма "Вольво" (Швеція) у 1983 р. випустила 105 тис. автомобілів при загальному числі зайнятих робітників 5800 чоловік, тобто в середньому 18 машин у рік на одного зайнятого. На новому заводі фірми з великим числом ГАВ у 1990 р. було виготовлено 30 тис. автомобілів при загальному числі зайнятих 600 чоловік, тобто 50 машин на одного зайнятого.

Продуктивність заводу фірми "Дженерал Моторз" згідно із проектом "Сатурн" на основі технології ГАВ складає 400...500 тис. автомобілів у рік

при загальному числі зайнятих 6 тис. чоловік, що складає більше 80 машин у рік на один зайнятого.

#### 1.6. Теоретичні основи машинобудування

Значний якісний стрибок у всіх галузях виробництва машин, який спостерігався у XX в., був би неможливим без створення теорії технології машинобудування - дисципліни, в якій розв'язуються задачі розробки раціональних процесів механічної обробки, обґрунтованого вибору основного та допоміжного обладнання і ріжучого інструмента для їх реалізації.

Як наука технологія машинобудування є порівняно молодого - близько 60 років. У 30-х рр. XX в. були початі роботи з узагальнення досвіду виготовлення машин. Проводились розробки комплексу проблем теорії виробництва - А.П. Соколовський, А.І. Каширін, В.М. Кован, А.Б. Яхін. Створювалися і впроваджувалися принципи типізації технологічних процесів - М.С. Красильщиков, Ф.С. Дем'янюк, розроблялася теорія базування заготовок під час обробки, вимірювань і складання - А.П. Соколовський і ін., методи розрахунку припусків на обробку - В.М. Кован, Б.С. Балакшин і ін. Було почате вивчення жорсткості технологічних систем, розроблені методи розрахунку похибок обробки - Н.А. Бородачов, К.В. Вотінов, В.С. Корсаков, А.Б. Яхін і ін.

У 40-70-х рр. розроблялися принципи диференціації і інтеграції операцій, методи потокового виробництва, швидкісної обробки, використання переналагоджуваного технологічного оснащення, аналізу точності процесів механічної обробки і складання. Здійснювалася розробка основ теорії твердості і динаміки технологічних систем, досліджувався вплив динамічних параметрів процесів на точність і продуктивність обробки, виконувалися дослідження якості оброблених поверхонь і її впливу на експлуатаційні параметри деталей. Створюється учення про технологічну спадковість - А.М. Дальський, А.А. Маталін, П.І. Ящерицин. Розробляється і впроваджується груповий метод технології й організації виробництва - С.П. Митрофанов. На підприємствах починають з'являтися поточкові лінії серійного виробництва, системи адаптивного керування технологічними процесами металообробки - розробники Б.С. Балакшин, Б.М. Базров, Ю.М. Соломенцев, І.М. Колесов і ін. Розробляються методи оптимізації технологічних процесів на основі комплексного контролю точності, продуктивності й економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини - Б.М. Базров, Ю.М. Соломенцев, С.Н. Корчак, Л.В. Худобін і ін. Створюються системи автоматизованого керування технологічними процесами з оптимізацією їх параметрів на комп'ютерах - Г.К. Горанський, Н.І. Капустін, В.Д. Цветков і ін. Продовжуються роботи з удосконалювання теорії машинобудування з урахуванням змін у фундаментальних науках.

## 2. Розвиток транспорту

### 2.1. Залізничний транспорт

Транспорт є найважливішим засобом здійснення будь-якого виробничого процесу. Особливе значення він отримує з розвитком машинної індустрії, у зв'язку із необхідністю швидкого переміщення сировини і виробів на значні відстані, а також перевезення пасажирів.

Попередницею залізниці була кінно-чавунна рейкова дорога. Ідея рейкового шляху виникла ще в XVI в. у гірничій справі. Перші вагонетки з'явилися в Англії в 1586 р. На рудниках використовувалися дерев'яні рейки, по яким перекочувалися вручну вагонетки з рудою. Пізніше з'являються під'їзні колії і на промислових підприємствах. Для довговічності дерев'яні рейки почали покривати залізом. Перші чавунні рейки були використані в Англії в 60-х рр. XVIII в. на гірничих підприємствах. Вони виявилися ламкими і швидко зношувалися, але по ним можна було переміщувати за допомогою коней вже цілі потяги з вагонеток. Наприкінці XVIII в. біля Лондона була побудована кінно-чавунна дорога загального користування довжиною близько 40 км. По ній один кінь тягнув потяг масою 9,2 т.

У 1803 р. англійський інженер Ніксон застосував рейки з ковкого заліза. Форма поперечного перерізу рейок поступово змінювалася. Спочатку вона була коритоподібною (Рейнольдс), потім кутникового типу (Курр) і, нарешті, грибоподібною (Джесон). Серійне виробництво рейок освоєно у Великобританії з 1820 р.

З появою парової машини почалися дослідження її установки на візках, що пересуваються по рейкових шляхах. Їм передували спроби створення безрейкового парового транспорту. Першою такою спробою слід вважати виготовлення та випробовування бельгійським ченцем Ф. Фербістом в середині XVII в. діючої моделі парового екіпажа.

У 1763 р. французький інженер Н.Ж. Коньо (1715 - 1804 рр.) побудував паровий візок власної розробки у натуральну величину (рис. 2.1). Машина пропрацювала усього 15 хвилин. У 1770 р. Коньо випробував більш досконалий візок, який виявився некерованим.

У 80-х рр. XVIII в. у Великобританії У. Мердок (1754 - 1839 рр.) створив декілька парових візків із двигунами на тиск в 3,5 атм, що працювали на вихлоп (без конденсатора), але практично придатну машину побудувати не удалось і йому. Аналогічними дослідженнями займався чех Й. Божек (1782 - 1832 рр.). У 20-30-х рр. XIX в. був узятий ряд патентів на парові екіпажі - Д. Гордон (1821 р.), У.Г. Джеймс (1824, 1832 рр.), Г. Генрі (1825 р.), У. Хенкок (1827 р.). Був побудований і випробуваний ряд машин, але широкому їх використанню перешкоджала громіздкість парового котла і машини в цілому, необхідність везти воду і паливо по досить поганих дорогах, високі вартість і складність експлуатації парових диліжансів і омнібусів.

Більш успішними були роботи зі створення парових локомотивів для рейкових шляхів. У 1803 р. шотландський інженер Р. Тревітик (1771 -

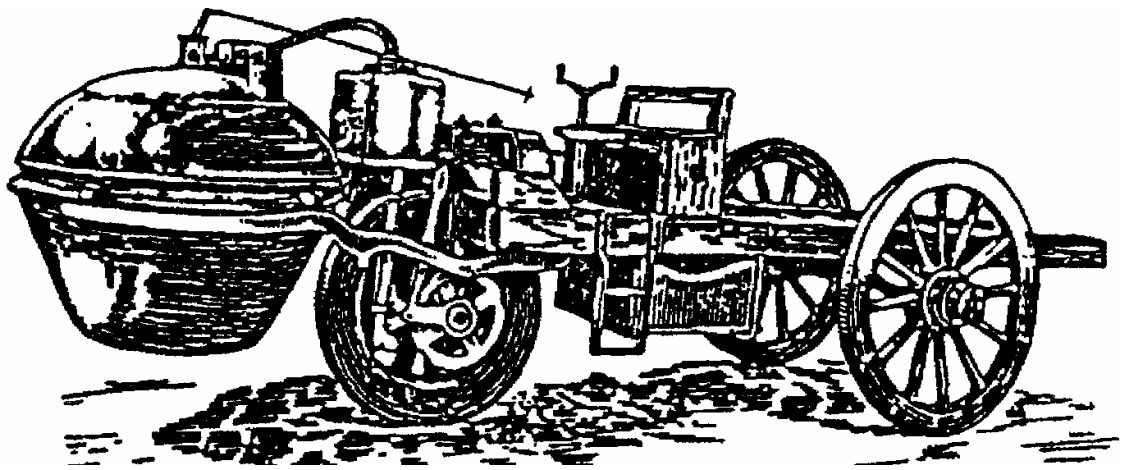
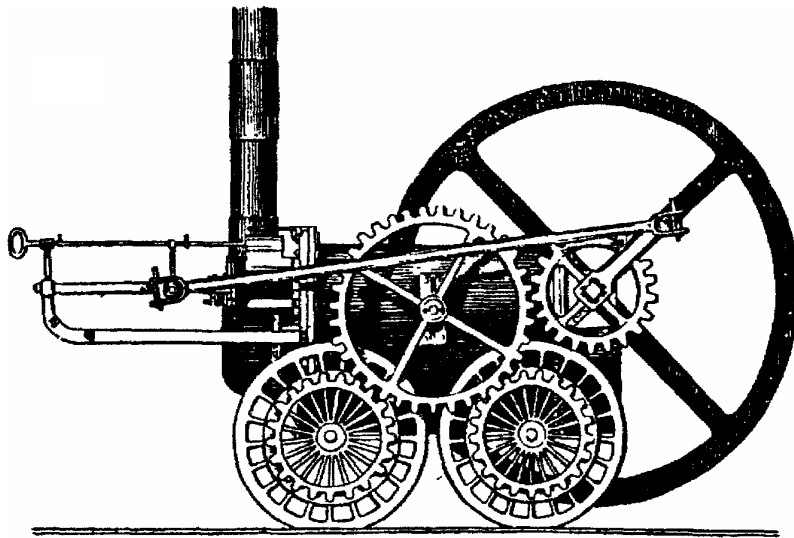
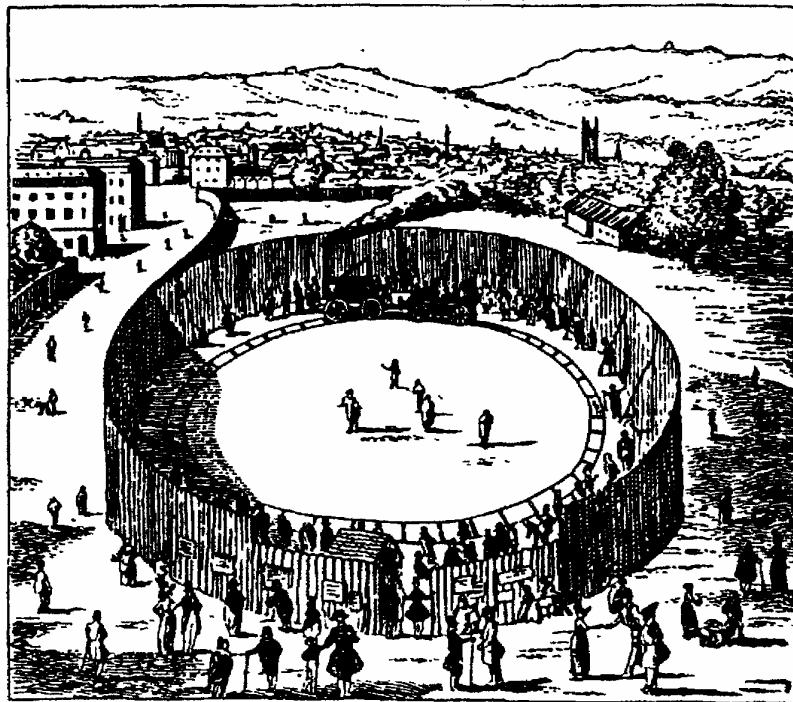


Рис. 2.1. Паровий візок Конь



a)



б)

Рис. 2.2. Паровоз Тревітика (а) і дослідна залізниця (б)

1833рр.) сконструював перший паровоз (рис. 2.2, а) й у 1804 р. провів його випробовування на заводській залізниці довжиною 43 км у Південному Уельсі. Машина перевозила вантаж масою 15 т зі швидкістю 5 миль за годину. Власна маса паровоза складала 6 т. Котел мав циліндричну форму, колеса були гладкими і оснащувались ребордами. Єдиний циліндр парового двигуна розташовувався горизонтально збоку від котла. Рух поршня передавався ведучим колесам за допомогою шатуна, кривошипа і системи зубчастих коліс. У 1807 р. Тревітік побудував у Лондоні першу дослідну кільцеву дорогу, по якій паровоз рухався зі швидкістю до 15 миль за годину (рис. 2.2, б).

У 1814 р. розробив і випробував свій перший паровоз Д. Стефенсон (1781 - 1848 рр.), який вирішив ряд важливих проблем зі створення парового залізничного транспорту. Стефенсон першим звернув увагу на необхідність випрямлення рейкових шляхів, зменшення ухилів, застосування сталевих рейок і збільшення тяги паровозів.

В 1818 р. у Великобританії була побудована залізниця довжиною 61 км між містами Стоктон і Дарлінгтон, призначена для транспортування вугілля, а з 1825 р. - і пасажирів. Потяг складався з 26 вагонів і перевозив зі швидкістю 15 миль за годину 90 т вантажу і 450 пасажирів.

У 1829 р. Стефенсон створив паровоз "Ракета" (рис. 2.3). Потужність його була 13 к.с. Потяг масою 17 т паровоз переміщував зі швидкістю 16 миль за годину. Всі основні елементи "Ракети" реалізовувалися і у подальших розробках паровозів: коробкова топка, котел з димогарними трубами, паровий ежектор для створення штучної тяги. Це був перший працездатний локомотив для залізниць [48].

У 1830 р. були відкриті залізниці між Ліверпулем і Манчестером (Англія), а також між Чарльстоном і Огестом (США) довжиною 64 км. У 1835 р. почали працювати дороги в Бельгії і Німеччині, у 1837 р. - у Росії й Австрії. У 1834 р. на Нижнь-Тагільському заводі Юхимом (1774 - 1842 рр.) і Мироном (1803 - 1949 рр.) Черепановими був побудований перший російський паровоз (рис. 2.4), що перевозив вантаж масою 3,3 т зі швидкістю до 16 км/год. Другий, побудований Черепановими паровоз, тягнув состав масою до 16 т. Ширина колії складала 1645 мм. Під тиском підрядчиків кінного візництва залізнична колія була розібрана. Доля паровозів дотепер не відома.

Тип паровозів визначався числом осей коліс різного призначення, розташованих по ходу руху: бігункових, рушійних та підтримувальних. Паровози першої російської залізниці відносились до типу 1-1-1 - по одній парі бігункових, рушійних та підтримуючих коліс. Зовнішній вигляд одного з перших паровозів Царськосельської залізниці англійського виробництва показаний на рис. 2.5.

З 1837 р. почалося проектування і будівництво залізниці Петербург - Москва. У 1845 - 1846 р. на Олександровському чавуноливарному і механічному заводі в Петербурзі були виготовлені перші серійні російські паро-

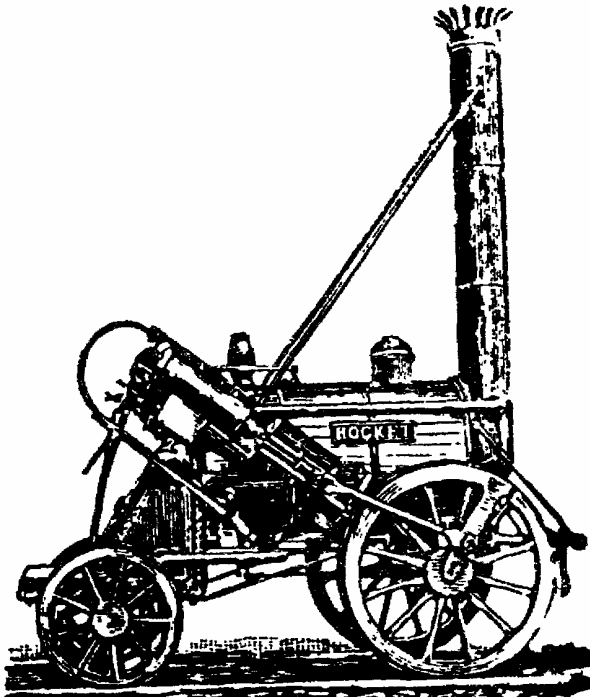


Рис. 2.3. Паровоз „Ракета” Стефенсона

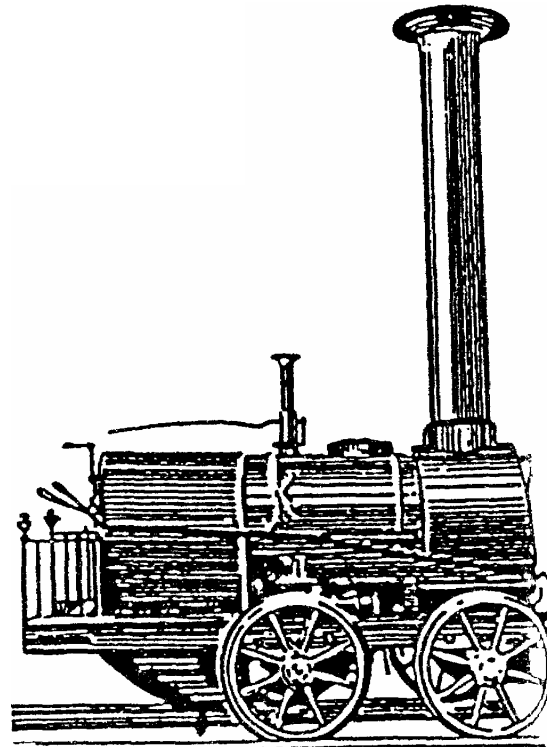


Рис. 2.4. Паровоз Черепанових

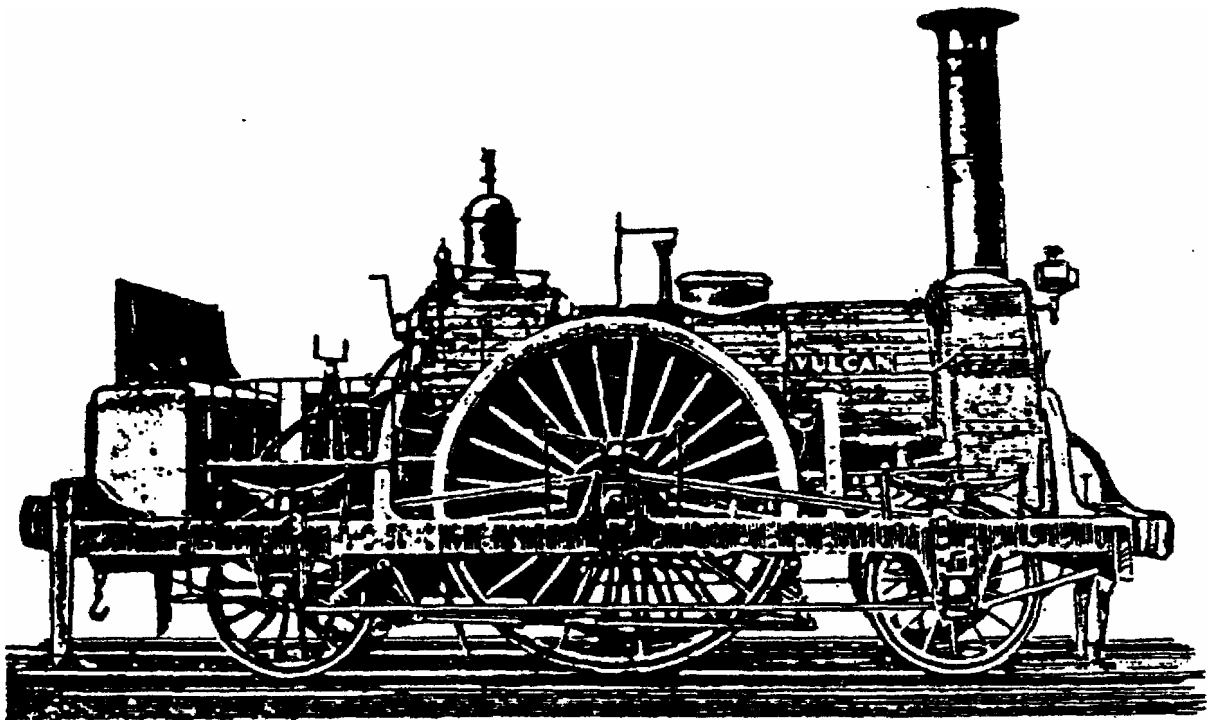


Рис. 2.5. Один з перших паровозів Царскосельської залізниці (1836 р.)



вози, а також пасажирські і вантажні вагони для першої ділянки залізниці Петербург - Москва.

Паровози того часу (рис. 2.6) випускалися з простою двоциліндровою машиною, що працювала на ненасиченій парі. Використовувався безкулісний механізм. На паровозі не було будки для машиніста і кочегара, площадок і поруччя навколо котла. Тендери мали дерев'яну раму і клепаний водяний бак. Паливом були дрова. Тиск пари складав 6 атм, маса машин була порядку 30 т. Вже в 1863 - 1867 рр. дані паровози почали модернізувати і замінювати більш досконалими.

У 1851 р. було закінчене спорудження двоколіїної залізниці Петербург - Москва. На ній було побудовано 252 штучних споруд у тому числі 184 мости. Ширина колії російських доріг була прийнята рівною 5 футам - 1524 мм (ширина колії закордонних залізниць - 1435 мм). П'ятифутова колія в 30 – 40-х рр. застосовувалася в США і була запропонована для російських залізниць інженерами П.П. Мельниковим і Н.О. Крафтом.

У цей час почалося бурхливе будівництво залізниць в усьому світі. Виникла нова галузь техніки - транспортне машинобудування. Розвиток залізниць супроводжувався удосконалюванням паровозів. У період 1840 - 1890 рр. випускалися товарні паровози типу 0-3-0 зі зчіпною масою до 25т, а також пасажирські локомотиви типів 2-3-0 (рис. 2.7), 1-2-0 (рис. 2.8), 0-2-1 зі зчіпною масою до 16 т і двоциліндровою машиною, що працювала на ненасиченій парі. Їх замінили більш потужні машини типу 0-4-0, танки-паровози і паровози системи Ферлі типу 0-3-0+0-3-0. В конструкціях локомотивів використовувалися паророзподільні кулісні механізми Стефенсона і Аллана, тиск пари складав 9 атм.

Для палива і води паровози мали тендери, розташовані за кабіною керування. При роботі на лініях обмеженої довжини необхідний запас води і палива невеликий і ємності для нього розміщували з боків парового котла. В англійській мові ємність – це tank. Звідси і назва - танк-паровоз (рис.2.9). Використовували їх на приміських лініях, а також в якості маневрових станційних і заводських локомотивів. Танки-паровози мали меншу довжину і могли працювати на шляхах із кривими невеликого радіуса. Паровоз системи Ферлі (рис. 2.10) являв собою два танки-паровози, об'єднані в один, із загальною кабіною керування посередині. Такі машини експлуатувалися на лініях, де не було поворотних кіл для зчеплення локомотива з головою потягу при зміні напрямку руху.

До 40-х рр. XIX в. максимальна швидкість руху експериментальних рекордних паровозів досягла 100 км/год. У цей же період роки з'явилися закриті товарні вагони, гвинтові стяжки для зчіпки вагонів, пасажирські спальні вагони, а в 60-х рр. - пульманівські спальні вагони-люкс. Велике значення мав винахід і впровадження пневматичного гальма американця Дж. Вестінгауза (патент 1869 р., впровадження - з 1872 р.). У 1875 р. довжина залізниць в усьому світі складала 294 тис. км, а до 1917 р. досягла 1146 тис. км. До 1913 р. у Росії було вже 70,5 тис. км залізничних колій.

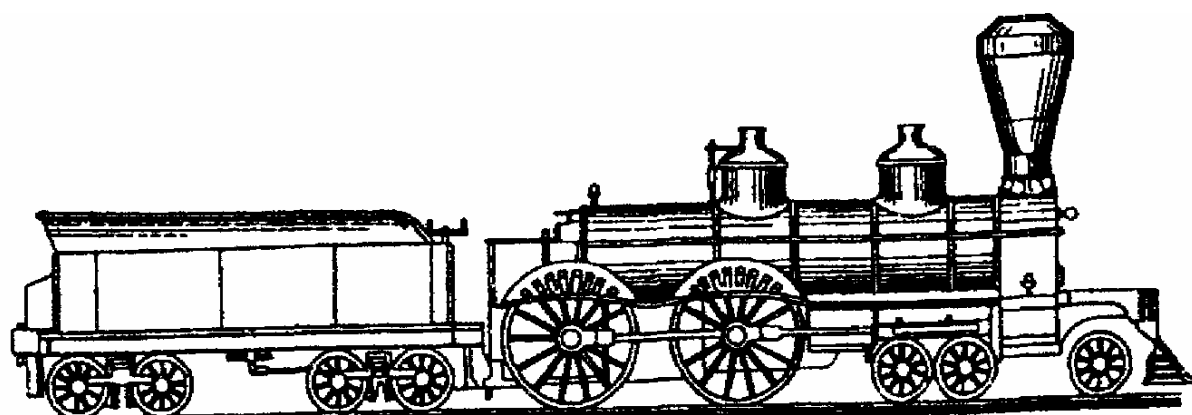


Рис 2.6. Пасажирський паровоз 3-2-0 Олександрівського заводу (1858 р.)

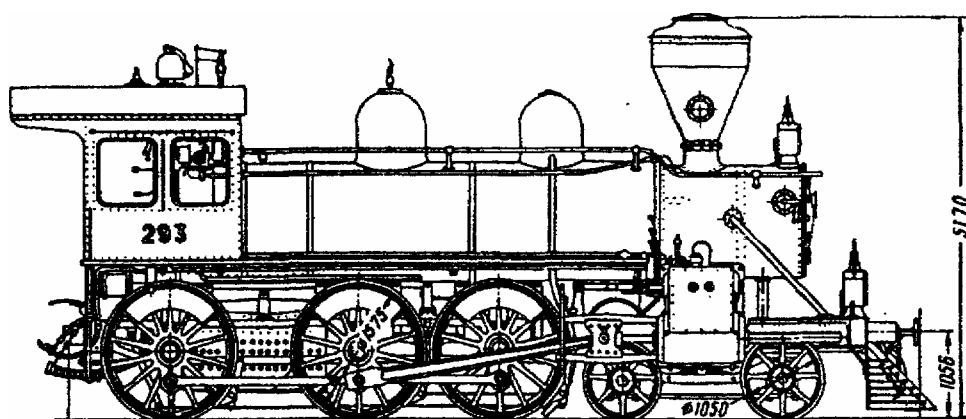


Рис. 2.7. Паровоз 2-3-0

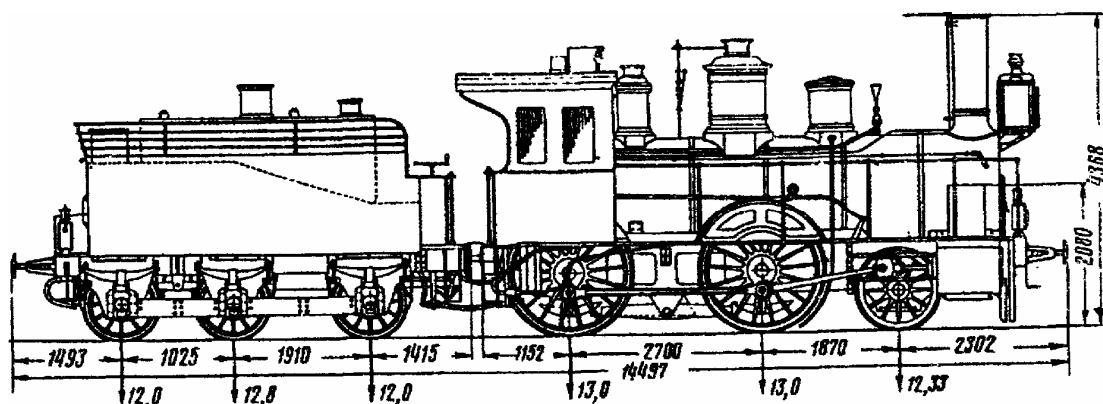


Рис. 2.8. Пасажирський паровоз 1-2-0 (1900 р.)

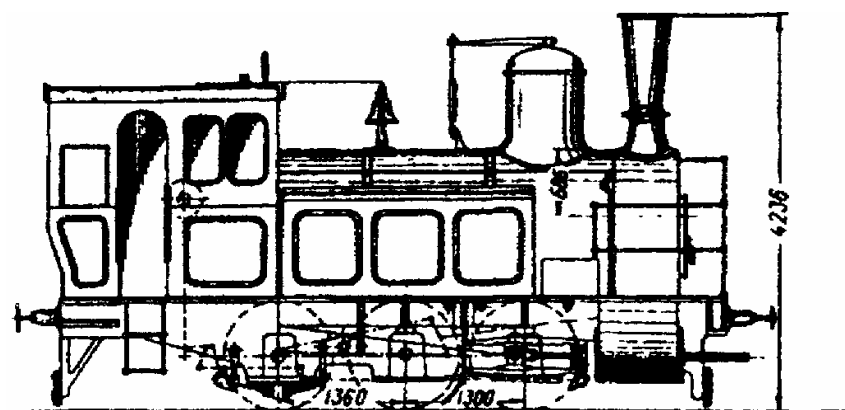


Рис. 2.9. Маневровий (заводський) танк-паровоз

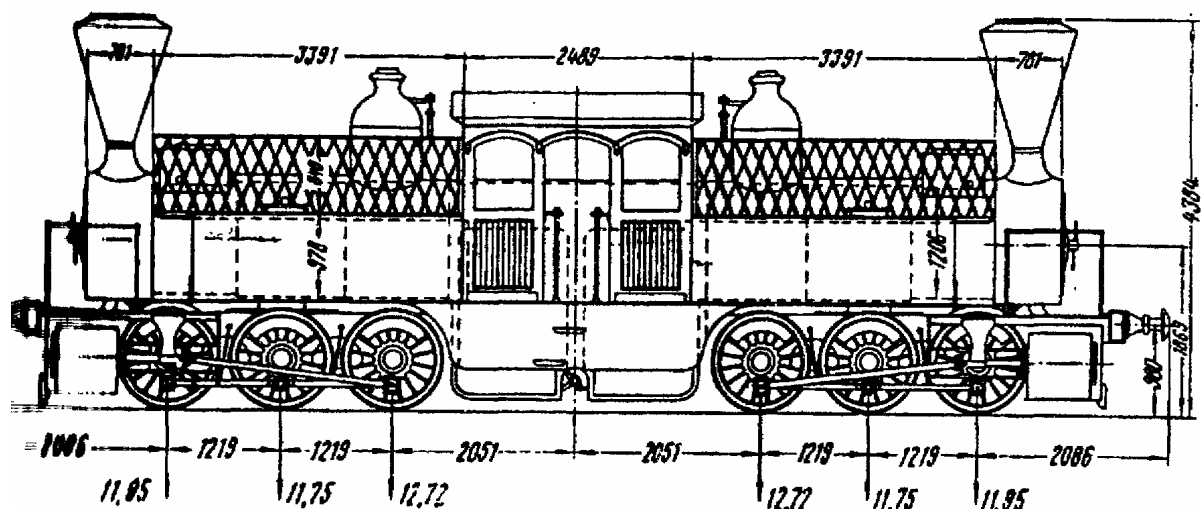


Рис. 2.10. Паровоз системи Ферлі Кавказьких залізниць

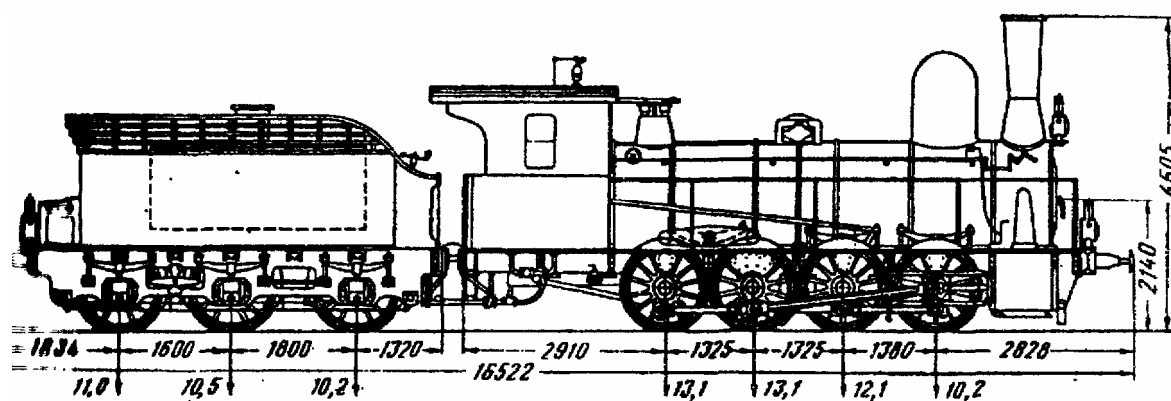


Рис. 2.11. Товарний паровоз 0-4-0 Мальцевського заводу (1914 р.)

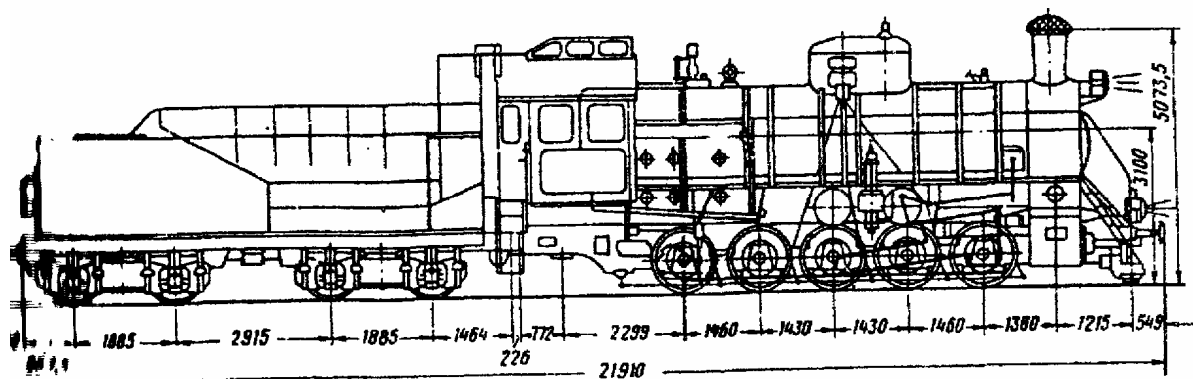


Рис. 2.12. Паровоз Э<sup>р</sup> типу 0-5-0

У 1850 р. англійський машиніст Дж. Нікольсон запропонував проект паровоза системи "компаунд". Машина компаунд-паровоза містила послідовно установлені циліндри високого та низького тиску. Пара, що відпрацювала в циліндрі високого тиску, переходила у циліндр низького тиску більшого діаметра і удруге віддавала енергію і розширювалася, після чого виходила в атмосферу. Це дозволило знизити витрати вугілля на 30%. У 1855 р. були виготовлені перші компаунд-паровози. Широке розповсюдження вони одержали з 1878 р., після того, як французький інженер М.Маллет удосконалив компаунд-машину і організував серійний випуск паровозів на заводі Шнейдера. У Росії перший компаунд-паровоз був виготовлений у 1891 р. Коломенським заводом, на якому пізніше будували і потужні паровози дуплекс-компаунд із чотирма паровими машинами.

Зі збільшенням обсягів перевезень у 90-х рр. відбувся перехід до паровозів типу 1-4-0, 0-4-0 (рис. 2.11), 0-5-0, 1-5-0 і 1-5-1 з машинами, що працювали на насиченій і перегрітій парі. Застосування перегрівників систем В. Шмідта (1898 р.), Н.М. Ноткіна, Неймаєра, С.М. Чусова підвищило економічність паровоза і його ККД. Зчіпна маса локомотивів досягла 85 т, швидкість - 50 км/год. Були впроваджені паророзподільні механізми систем Джоя і Вальсхарта.

Для збільшення потужності локомотива М. Маллет в 1887 р. побудував паровоз типу 0-3-0 + 0-3-0 із загальним котлом. Перша група осей могла повертатися відносно рами паровоза. Циліндри машини низького тиску обертали три передні, а машини високого тиску - три задні осі.

Одночасно відбувався розвиток і удосконалювання вагонного парку, створювалися нові конструкції кузовів різного призначення, колісних візків, ресорних підвісок, зчіпних і гальмових пристроїв.

Після появи парових турбін почалися спроби створення паротурбоелектричних локомотивів. Подібні машини були побудовані Д. Беллузо в Італії (1908 р.) і Р. Ремсі у Великобританії (1911 р.), але розвитку даний напрямок не одержав.

Крім звичайного рухомого составу (локомотиви з вагонами), наприкінці ХІХ в. на залізницях працювали ще і автономні вагони. В одному з кінців вагона-самоходу розміщалася невелика паросилова установка з вертикальним котлом, що приводив у рух одну або дві колісні пари, решта простору призначалась для пасажирів або вантажів. Швидкість досягала 70км/год. З появою двигунів внутрішнього згоряння почали будувати автомотриси, а з 1910 р. - акумуляторні електровагони. Автомотриси, як правило з дизелями, використовують і в наш час. Розвитком їх стали дизель-потяги, що мають швидкість до 120 км/год.

Для залізниць Росії паровози в основному купувалися за рубежом, однак деяка їх частина будувалася і вітчизняними заводами: Камсько-Воткінським, Невським, Коломенським - з 1869 р., Мальцевським - з 1870р.), Брянським - з 1892 р., Путиловським, Сормовським - з 1894 р. - до 1951 р., Харківським - з 1897 р. і Луганським - з 1900 р. До 1917 р. було

випущено понад 19 тис. машин. В 1917 р. на залізницях Росії працювали товарні паровози серій О, Щ, Э, пасажирські - К, Г, С й їх модифікації. Після 1917 р. частина локомотивів пройшла модернізацію. Значне поширення одержали товарні паровози модифікованої серії Э<sup>р</sup> (рис. 2.12) і пасажирські - С<sup>у</sup>, однак забезпечити зростаючі обсяги перевезень вони не могли.

У 1931 р. Луганський паровозобудівний завод випустив перший радянський магістральний товарний локомотив "Фелікс Дзержинський" - ФД типу 1-5-1 (рис. 2.13). Керував його розробкою К.Н. Сушкін. ФД мав потужність 3000 к.с., швидкість руху до 100 км/год. Загальна маса складала 145 т, зчіпна - 110 т. У 1934 р. Харківським паровозобудівним заводом за-своєний випуск магістральної товарної машини "Серго Орджонікідзе" - СО типу 1-5-0, що мала масу 105 т, зчіпну масу 94 т і швидкість до 75 км/год. СО був створений під керівництвом П.М. Шаройко. У 1932 р. Коломенським машинобудівним заводом був побудований пасажирський локомотив "Йосип Сталін" - ІС типу 1-4-2 (рис. 2.14). Розробка була виконана колективом інженерів на чолі із К.Н. Сушкіним. Паровоз мав потужність 3200к.с., швидкість 115 км/год., а з обтічником - 155 км/год., маса складала 133 т, зчіпна маса - 80,7 т. Останнім типом магістральних товарних паровозів, виготовленим вже після Великої Вітчизняної війни в 1946 - 1947 р., був локомотив "Перемога" - П типу 1-5-0, потужністю 2125 к.с. зі швидкістю 80 км/год., масою 107 т, зчіпною масою 94 т. Паровоз працював на перегрітій парі тиском 14 атм. Конструкція була розроблена К.С. Лебедянським. Пасажирський варіант локомотива - ПЗ6 - був випущений у 1950 р. Він мав масу 135 т, зчіпну масу 75 т, потужність 2600 к.с. і швидкість 125км/год. ККД сягав 9,22%.

Паровози 30-50-х рр. механізувалися, їх обладнували конденсаторами пари, додавали обтічні форми [12] і т.д. (рис. 2.15).

Серед паровозів були чемпіони. Найбільшу швидкість - 202 км/год. з пасажирським потягом - показав у 1938 р. паровоз "Маллард" N 4468. У тому ж році швидкісний паровоз Луганського заводу N 6998 типу 2-3-2 розвив швидкість 180 км/год.

Паровози пропрацювали на залізницях близько 120 років і в 60 -70-х рр. почали замінюватись тепловозами та електровозами. Пояснюється це, в першу чергу, - порівняно низькими ефективністю та питомою потужністю паровозів. Їх загальний ККД не перевищує 10% при ефективному ККД не вище 8%. Для порівняння: ККД тепловоза - до 16%, електровоза - до 19 %. В СРСР паровози СО використовувалися до 1974 р., ФД - до середини 60-х рр., ІС - до 1972 р., П - до середини 70-х рр.

З ХІХ в. рейковий транспорт експлуатується і як міський суспільний. У квітні 1831 р. у Нью-Йорку організується перша компанія, що займалася будівництвом міських кінно-залізних доріг. Перші два вагони аналогічні вагонам кінних диліжансів почали курсувати між Нью-Йорком і Гарлемом вже 14 листопада 1832 р. У 1835 р. запрацювала кінно-залізна дорога в Новому Орлеані, а до 1884 р. у США було побудовано 525 міських залізниць.

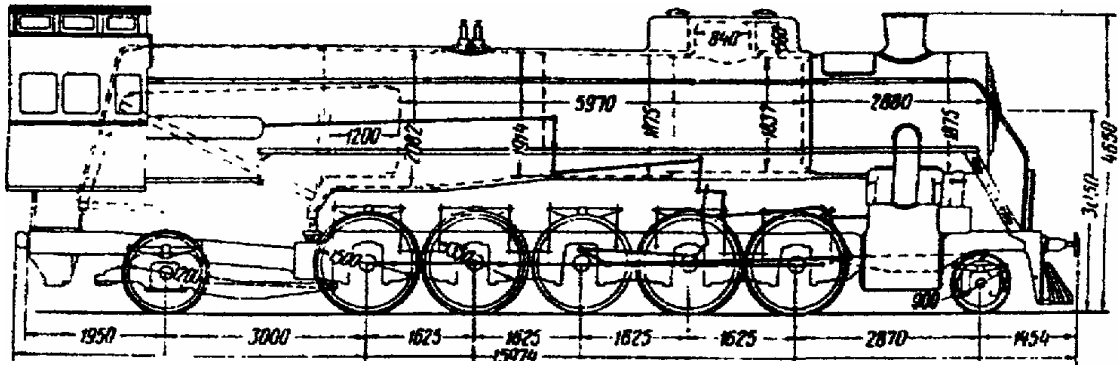
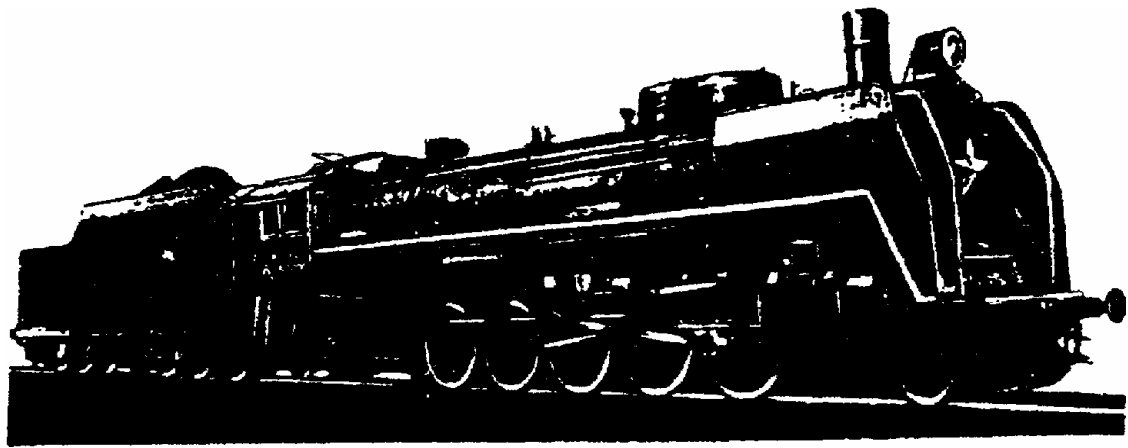


Рис. 2.13. Паровоз серії ФД типу 1-5-1

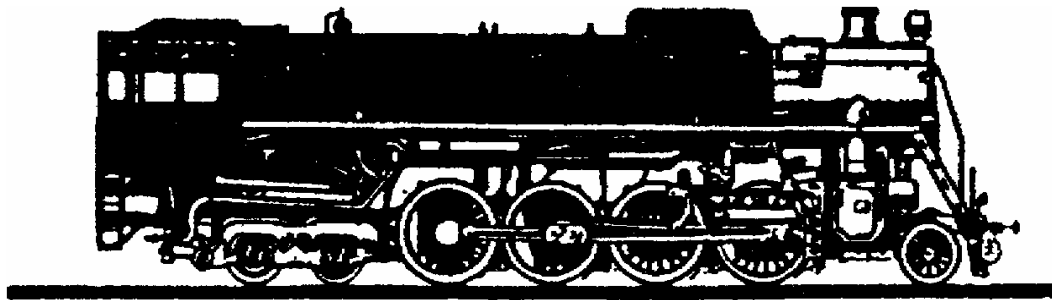


Рис. 2.14. Пасажирський паровоз серії ІС типу 1-4-2

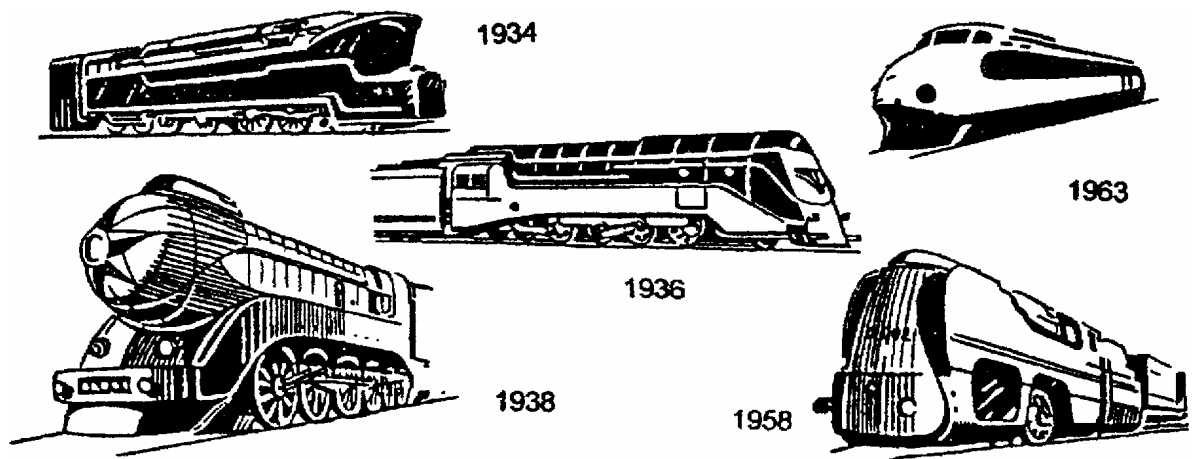


Рис. 2.15. Зовнішній вигляд локомотивів 30-60-х рр.

В 1863 р. пущена перша кінно-залізна дорога у Санкт-Петербурзі. Потяг складався з двох вагонів, місткістю 45 чоловік. У 1876 р. довжина ліній конки досягла 83 км, потяги містили, як правило, один вагон.

Залізниці відкривалися в багатьох містах світу: Парижі (1854 р.), Чикаго (1859 р.), Берліні (1865 р.), Відні (1865 р.), Женеві (1869 р.), Лондоні (1870 р.), Москві (1872 р.), Одесі (1880 р.), Самарі (1890 р.) і т.д.

Вже у 70-х рр. в США була зроблена спроба заміни кінної тяги на механічну - були випробувані вагони з паровими і пневматичними машинами, а також із ДВЗ. Перший міський танк-паровоз типу 0-2-0, оснащений вертикальним котлом і суміщений з пасажирським вагоном, розвивав максимальну швидкість 35 км/год. У вагонах із пневматичним приводом машина конструктивно була аналогічна поршневій паровій, але працювала на стисненому повітрі, що перевозилось у балонах. Запас ходу складав близько 15 км. Такі вагони з пневматичною тягою експлуатувалися в Нью-Йорку, Парижі, Відні й інших містах.

Парові вагони уперше вийшли на вулиці в 1873 р. у Новому Орлеані (США). У Петербурзі перший паровик німецької фірми "Краусс і К°" з'явився в 1881 р., а регулярний рух паровиків почався в 1886 р. Зовнішній вигляд міського паровика представлений на рис. 2.16.

Перші спроби використання електротяги на транспорті відносяться до кінця XIX в. Відомі успішні досліди Ф.А. Піроцького (1845 - 1898рр.), пов'язані із електроприводом вагона міської конки в Петербурзі (1880 р.), які були припинені під тиском правління Суспільства кінно-залізних доріг Петербурга. У 1881 р. у Берліні була відкрита перша електрична трамвайна лінія довжиною 2,5 км, а до 1895 р. у найбільших містах Європи і США конки і паровики вже були замінені електричним трамваєм.

У Росії перший трамвай був пущений у 1892 р. у Києві, а потім у 1899 р. - у Москві. До 1914 р. довжина трамвайних ліній Москви склала 129 км. У Петербурзі трамвай з'явився в 1907 р.

У наш час міський електричний трамвай працює у всіх великих містах світу. Він став швидкісним (до 70 км/год.), малошумним, має низькі підлоги і входи. Місткість вагонів виросла до 200 чоловік і більше, потужність приводних електродвигунів досягла 600 кВт.

Окрім трамвая, у теперішній час розвиваються ще два види міського електрифікованого пасажирського рейкового транспорту: метро і монорельсові дороги. Назва "метро" запозичена з французької мови, в англійських країнах його називають підземкою.

Перша підземна залізниця малого закладення на глибині 10...15 м довжиною 3,6 км із паровою тягою була побудована в Лондоні в 1863 р. До 1884 р. там же було створено кілька ліній і 27 станцій, а у 1891 р. здана в експлуатацію електрифікована лінія глибокого закладення (до 50 м), обладнана ескалаторами. У 1868 р. метро почало працювати в Нью-Йорку, у 1892 р. - в Чикаго, у 1896 р. - у Будапешті, у 1898 р. - у Відні, у 1900 р. - у Парижі, у Москві - з 1935 р., у Києві - з 1960 р. Швидкість руху потягів

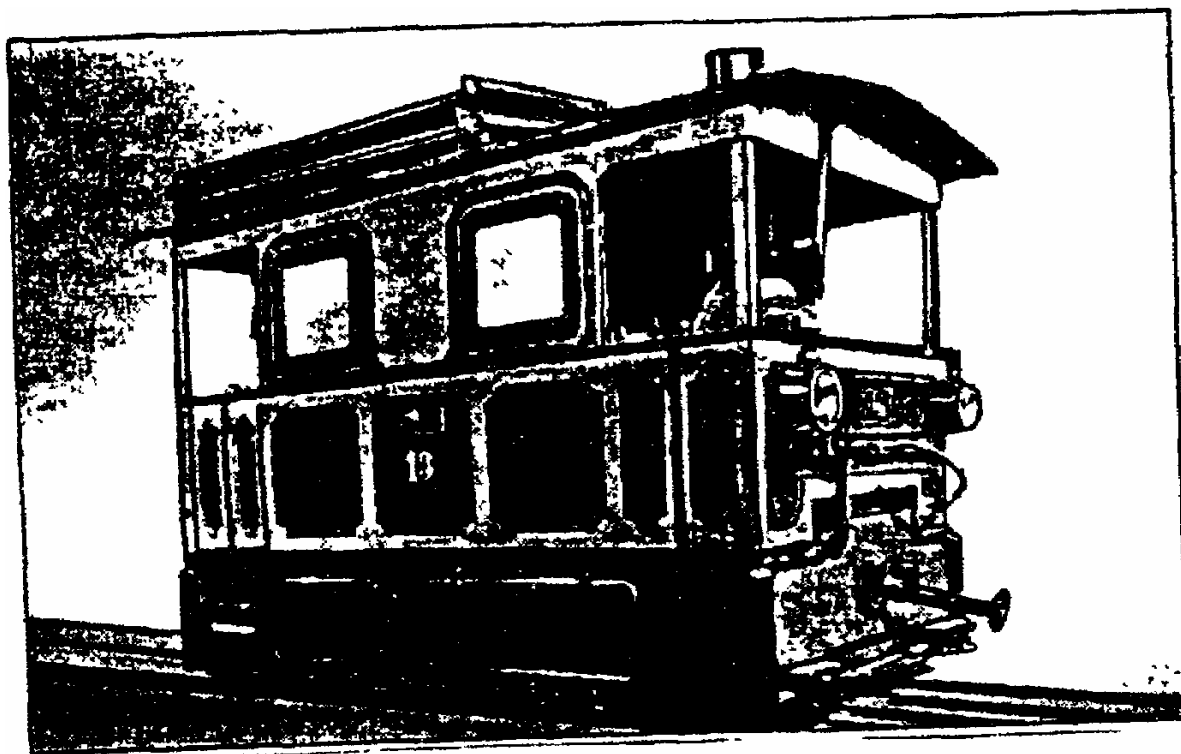


Рис. 2.16. Танк-паровоз для міської залізниці

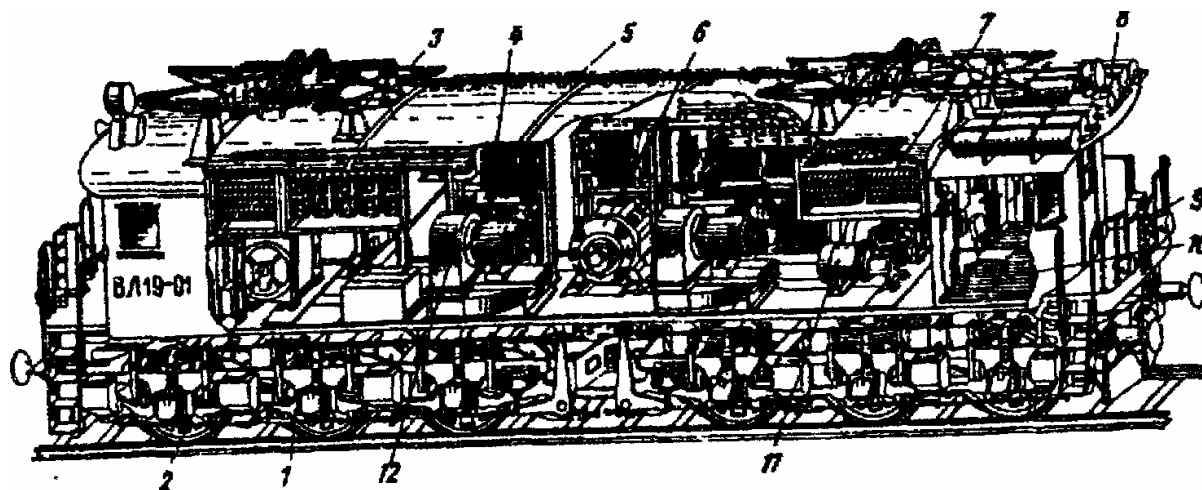


Рис. 2.17. Електровоз ВЛ19 - 01: 1 - вісний візок; 2 - динамомотор; 3 - пантограф; 4 - контактори; 5 - знімна частина даху; 6 - мотор-генератор; 7 - пусковий реостат; 8 - головні резервуари; 9 - міжелектровозні з'єднання; 10 - кабіна; 11 - мотор-компресор; 12 - мотор-вентилятор



метро складає близько 100 км/год. Для підведення живлення (825 В постійного струму) використовується контактна рейка.

Перша пасажирська монорельсова дорога споруджена у Вупперталлі (Німеччина) в 1901 р. Монорейка була покладена на бетонні опори на висоті 4...7 м. Сучасні монорельсові поїзди розвивають швидкість руху до 125 км/год. Вартість спорудження монорельсових доріг в два рази менша, ніж для метро.

Успішна експлуатація електричного трамвая показала достоїнства електротяги. При однаковій з паровим локомотивом масі електровоз має у 2...3 рази більші потужність і швидкість руху, що дозволяє підвищити пропускну здатність дороги, прискорює транспортування вантажів. В електровозі є можливості для рекуперації енергії, секціонування, керування секціями з одного поста. Поліпшені умови роботи машиністів. Переваги електротяги дозволили використовувати її там, де реалізація парової тяги утруднена: тунелі, важкі профілі - підйоми, часті зупинки - приміський рух, необхідність забезпечення високої пропускну здатності.

У 1879 р. В. Сименс на Берлінській промисловій виставці демонстрував вузькоколіяку довжиною 300 м з електровозом постійного струму і п'ятьма візками для перевезення пасажирів. Аналогічну дослідну залізницю на постійному струмі довжиною 600 м у 1880 р. побудував Т.А. Едісон. В обох випадках для підведення струму використовувалися рейки. Наприкінці 80-х рр. була розроблена система повітряного підведення живлення електровоза. На магістральних залізницях електротяга вперше була використана в США в 1895 р., а починаючи з 1901 р. – і на приміських залізницях Парижа. У 1903 р. у Німеччині на ділянці Марієнфельд - Цоссен електропоїзд на трифазному струмі розвив швидкість 210 км/год.

У 20-х рр. ХХ в. починається електрифікація основних залізниць США, Франції, Німеччини, Італії і СРСР. Системи електроживлення в різних країнах були прийняті різні: у США і Франції - постійний струм напругою 1500 і 3000 В, в Італії - трифазний змінний струм напругою 3000...4000 В, Німеччина, Швеція, Швейцарія і Норвегія в 20-х рр. використовували на залізницях однофазний перемінний струм зниженої частоти 16 2/3 Гц напругою до 15 кВ. У СРСР була прийнята система постійного струму напругою 3000 В, однак з 50-х рр. проводилися дослідження з переведення електровозів на змінний струм підвищеної напруги (20 кВ при частоті 50 Гц). Доцільність такого переходу пов'язана зі значним зниженням витрат на спорудження підвісної мережі і тягових підстанцій.

До 1917 р. у Росії електротяга для пасажирських приміських перевезень практично не використовувалася, якщо не брати до уваги дві електрифіковані ділянки вузькоколіяки довжиною 10,5 і 15 км у пригороді міста Лодзь. Існували проекти електрифікації ділянок залізниці Москва - Істра, Москва - Раменське, Петербург - Червона Гірка, але до їх реалізації не приступали.

Перша побудована після 1917 р. електрифікована лінія довжиною

19км ввійшла в лад між Баку і Сабунчі в 1926 р. На ній використовувались електровагони на постійному струмі напругою 1200 В. Кожен вагон мав два двовісних візки з чотирма двигунами по 75 кВт кожний, розрахованих на напругу 600 В. Швидкість руху складала до 43,5 км/год. У 1929 р. була відкрита електрифікована лінія Москва - Митищі. Використовувалася напруга 1500 В, вагони мали по чотири двигуни 110 кВт кожен, максимальна швидкість руху дорівнювала 95 км/год.

В даний час широке розповсюдження в якості приміського пасажирського транспорту одержали моторні електровагони з двигунами потужністю до 700 кВт і причіпні електровагони - електрички. Вони мають швидкість руху до 130 км/год. і початкове прискорення до  $1 \text{ м/с}^2$ .

В 1932 р. у СРСР був побудований для роботи на Сурамському перевалі (Кавказ) перший магістральний електровоз постійного струму серії С потужністю 2800 к.с. зі зчіпною масою 124 т і максимальною швидкістю 70 км/год. З 30-х рр. серійно виготовлялися електровози серій ВЛ (рис.2.17), Н8 (рис. 2.18) і інші. Випускалися також дослідні електровози змінного струму потужністю 3200...7600 к.с. Найпотужнішим (11400кВт) електровозом у світі є радянський локомотив ВЛ-86, створений у 1986 р., який має швидкість до 110 км/год. Довжина електрифікованих доріг продовжує збільшуватись і роль електротяги постійно зростає.

Прагнення замінити парову машину, що має низький ККД, більш ефективним рушієм довгий час стримувалося відсутністю потужного і надійного двигуна, який працює на важкому рідкому паливі, а також трансмісії, яка забезпечує надійну передачу енергії від двигуна на осі ведучих коліс. У 1894 р. проф. В.Л. Кіріпчов розробив проект локомотива з основним нафтовим калоризаторним двигуном і паровою машиною для початку руху і розгону, під час яких обидва двигуни працювали спільно.

З винаходом дизеля питання вибору теплового двигуна для локомотива було вирішено. Однак дизель запускається стисненим повітрям або електростартером і працює в обмеженому діапазоні частот обертання. У зв'язку із цим, для впровадження його на залізничному транспорті, необхідна була проміжна передача (механічна, електрична або гідромеханічна) між двигуном і колісними парами.

Були виконані ряд розробок локомотивів з дизелями - тепловозів. У 1905 р. проф. В. І. Гриневицький розробив спеціальний локомотивний дизель, що був виготовлений у 1912 р. на Путиловському заводі. Паралельно В.І. Гриневицький і інженер Б.М. Ошурков проектували тепловоз з безпосередньою передачею енергії на колісні пари. Робота не була доведена до кінця через смерть Гриневицького. У 1905 р. інженер Н.Г. Кузнєцов і полковник А. І. Одинцов запропонували використовувати в тепловозі електротрансмісію. У 1913 р. студент МВТУ А.Н. Шелест у своєму дипломному проекті розробив тепловоз з газогенератором і поршневим двигуном, що обертав колеса. Пізніше Шелест спроектував газотурбовоз. У 1913 р. інженер А.І. Липец розробив проект тепловоза з пневмомуфтою для регулю-

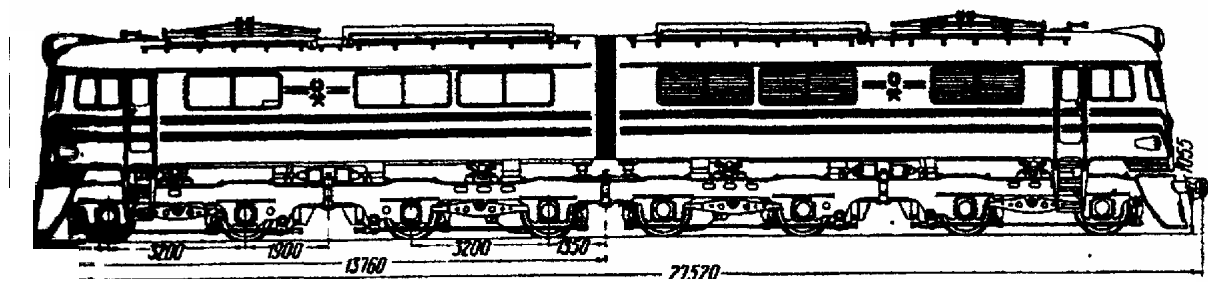


Рис. 2.18. Електровоз Н8-001

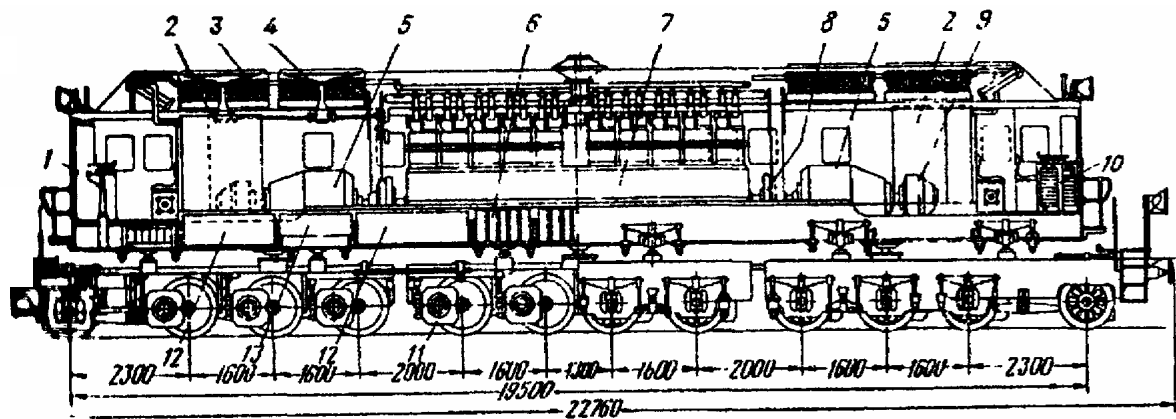


Рис. 2.19. Тепловоз Ш<sup>эл</sup>1: 1 - ручне гальмо; 2 - водяний бак; 3 - холодильник; 4 - вентилятор; 5 - тяговий генератор; 6 - акумуляторна батарея; 7 - дизель; 8 - муфта; 9 - збуджувач; 10 - контролер; 11 - тяговий електродвигун; 12 - паливний бак; 13 - бак для масла

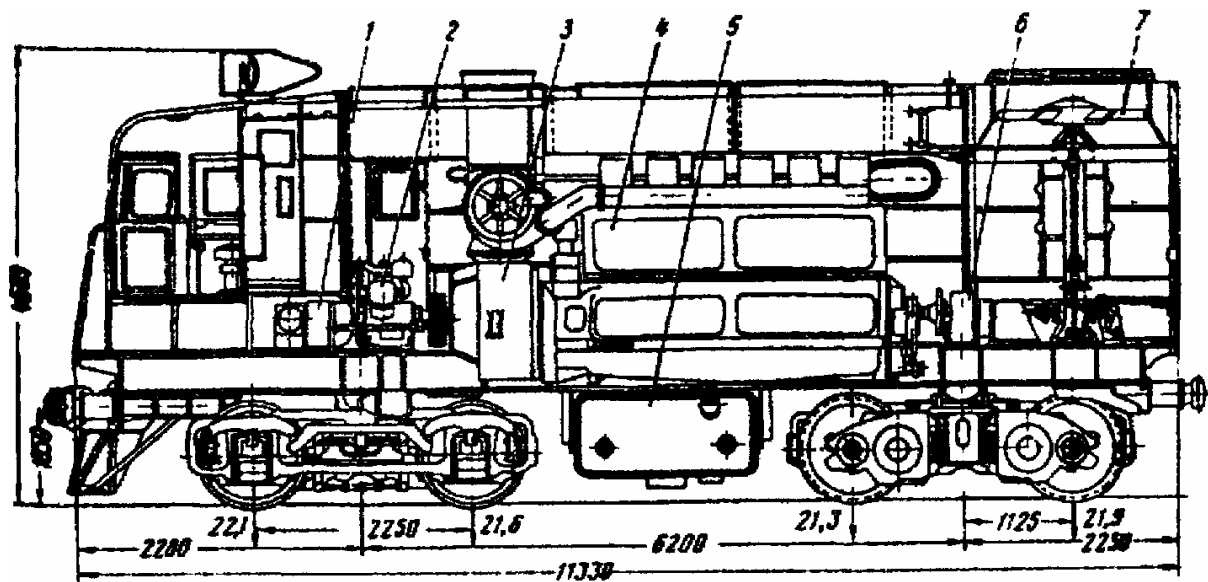


Рис. 2.20. Секція тепловоза ТЕ2: 1 - двомашинний агрегат; 2 - компресор; 3 - тяговий генератор; 4 - дизель; 5 - паливний бак; 6 - вентилятор тягових двигунів; 7 - вентилятор холодильника

вання швидкості, а в 1915 р. Є.Є. Леонткевич запропонував використовувати для цього триступінчасту коробку швидкостей. Згадані розробки в металі реалізовані не були.

У 1922 р. за пропозицією В.І. Леніна був оголошений конкурс на розробку тепловоза, на який проф. Я.М. Гаккель представив проект машини з електричною трансмісією. У 1924 р. даний проект був реалізований (рис. 2.19). Дизель взяли із заводу Віккерс, кузов виготовив Балтійський завод, раму і ходову частину - Путиловський завод, електродвигуни - завод "Електрик". Потужність локомотива складала 800 к.с, маса 180 т, швидкість до 75 км/год. Наприкінці 1924 р. тепловоз пройшов обкатку і почав працювати з вантажними потягами, а потім був переданий у ВНДІЗТ. У цей же час у Німеччині за проектом проф. Ю.В. Ломоносова був виготовлений тепловоз дещо меншої потужності. Пізніше у СРСР були побудовані ряд експериментальних і серійних машин Э, ВМ і Д.

Серійний випуск тепловозів у СРСР розпочався у 1932 р. З 1937 р. вони виготовляються й експлуатуються в США. Фірми АЛКО і Балдвін випускали локомотиви серії Д із трансмісією постійного струму, потужністю 1000 к.с., масою 121 т і швидкістю до 96 км/год. У 1945 р. вони поставлялися в СРСР. Після Великої Вітчизняної війни Харківський завод транспортного машинобудування налагодив випуск машин серії ТЕ (рис. 2.20). Виготовлялися дизельні, газогенераторні, двосекційні і інші локомотиви. Тепловоз ТЕЗ потужністю 2700 кВт зі швидкістю до 100 км/год. став основним видом вантажного локомотива на неелектрифікованих дорогах і прототипом подальших розробок.

Широке впровадження й об'ємне виробництво тепловозів у СРСР було почато у 1956 -1960 рр. Тепер вони мають потужність 3...4 тис. кВт і випускаються з електричними та гідравлічними трансмісіями.

Слід згадати також і про спроби поєднання паровоза і тепловоза в одній машині - теплопаровозі. Подібні локомотиви оснащувалися одночасно паровим двигуном і двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ). Рух поршнів обох двигунів передавався на колеса. Розгін локомотива передбачався за допомогою парової машини, подальший рух забезпечували обидва двигуни. У 1926 р. у Генуї на заводі Ансальдо й у 1928 р. на заводі Кітсон у Лідсі були побудовані перші теплопаровози.

У 1935 р. студент Московського електромеханічного інституту інженерів транспорту Л.М. Майзель запропонував локомотив, в якому парова машина використовувалась для початку руху, тоді як після розгону її циліндри працювали в складі ДВЗ. У 1939 -1941 р. за даним принципом були побудовані кілька машин потужністю до 3000 к.с. зі швидкістю до 105 км/год. Теплопаровози виявилися економічними - ККД до 16%, витрати палива в 2 рази менші, ніж у паровоза ІС. Випробовування продовжувалися до 1948р. У цей час з'явилися тепловози, перед якими складний конструктивно й в експлуатації теплопаровоз вже не мав переваг.

Прагнення до підвищення швидкості руху магістральних поїздів

обумовило створення газотурбовозів – локомотивів з газотурбінними двигунами (ГТД), - що мають великі потужності при порівняно низькій власній масі. Перші газотурбовози були побудовані в США на початку 50-х рр. компаніями "Дженерал електрик" і "Америкен локомотив". У 1958 р. був створений трисекційний локомотив потужністю 8000 к.с. Газотурбовози працюють на дешевому мазуті, мають ККД 18% і розвивають швидкість до 160...200 км/год. У СРСР перший локомотив даного типу потужністю 3500к.с. був виготовлений на Коломенському заводі в 1959 р.

Перспективи розвитку залізниць пов'язані зі збільшенням їх пропускної здатності насамперед за рахунок збільшення швидкості руху рухомого складу при умові дотримання вимог безпеки. В 30-х рр. швидкість пасажирських потягів не перевищувала 100 км/год. До 40-х рр. вона досягла 160...180 км/год., причому подальше її зростання стримувалось, в основному, недосконалістю шляхів. Після другої світової війни роботи зі збільшення швидкості руху були продовжені. Вони включали розробку швидкісних потягів та удосконалення шляхового господарства. У 50-х рр. у Франції на серійних вагонах була досягнута максимальна швидкість 331км/год., в 70-х рр. - 380 км/год. У 80-х рр. став вже не рідкістю рух електропоїздів на лініях з середньою швидкістю 220...300 км/год. Такі потяги ходять у Японії, Франції, Іспанії й інших країнах. Однак надійним рух колісного транспорту по рейках може бути зі швидкістю не більше 400км/год. Це межа технічних можливостей, а границя рентабельності експлуатації нижча. Основних перешкод для підвищення швидкості дві - недостатня безпека руху по традиційній залізничній колії і швидке зношування коліс і рейок. Перспективним рішенням можна вважати створення рухомого складу на повітряній чи магнітній подушках, а також на електродинамічному підвісі. Технічні передумови для реалізації електродинамічного підвісу існують, але проблем ще більше. Це і необхідність у надточному керуванні підвісками, забезпеченні надпровідності у великогабаритних елементах і т.д. В якості двигуна для швидкісного руху може бути використаний лінійний електричний або реактивний двигун. Незважаючи на фантастичність деяких ідей у США, Великобританії, Німеччині, Японії і Франції йдуть розробки і макетування різноманітних варіантів швидкісних доріг. У 1990 р. у Франції експрес TGV показав швидкість 515,3 км/год. Наприкінці 1997 р. у Японії експериментальний потяг MLX-01 на магнітній підвісці, оснащений лінійним двигуном з надпровідною обмоткою розвив швидкість 550 км/год. і це ще не межа.

Одночасно проводиться удосконалення і впровадження серійних швидкісних локомотивів і вагонів. Окрім електродвигунів на локомотивах установлюються газові турбіни з електротрансмісією і розподіленням по колісних візках електроприводом. Корпусам рухомого складу надають обтічні аеродинамічні форми. Прикладами швидкісних локомотивів можуть бути:

- газотурбовоз "Turbotrain" фірми "ЮАК/Сікорський" (Канада) з мак-

симальною швидкістю 290 км/год., що експлуатується з 1969 р.;

- газотурбовоз "HST" (Великобританія) з максимальною швидкістю 200 км/год., рік початку виробництва - 1975;

- електровоз Е-103 (ФРН) з максимальною швидкістю 200 км/год.

У Франції, Великобританії, Японії, Іспанії й інших країнах будуються швидкісні пасажирські потяги зі швидкістю до 250 км/год.

Підвищення швидкості руху супроводжується модернізацією всього господарства залізниць - шляхів, електромереж, автоматики, станцій і т.д., що вимагає значних капіталовкладень і часу.

Слід зазначити, що в ряді країн (Індія, КНР, Аргентина, ПАР) ще досить широко використовується парова тяга і будуються потужні вугільні паровози на основі новітніх досягнень теплотехніки і машинобудування з мікропроцесорним керуванням паророзподілом і подачею палива. На деяких з них використовується електрична передача до рушійних коліс. ККД сучасних паровозів складає близько 15%. В умовах підвищення вартості нафти такі машини можуть конкурувати з тепловозами й електровозами.

## 2.2. Велосипеди і мотоцикли

Першим машинним засобом індивідуального пересування був велосипед. Він приводиться в рух мускульною силою людини і, разом з тим, може розглядатися як прямий попередник мотоцикла.

Перший велосипед був побудований у 1817 р. німецьким лісничим фон Драйсом. Це був двоколісний одноколійний пристрій з дерев'яним ослоном - сидінням (рис. 2.21). Сидячи на ньому, можна було пересуватися, відштовхуючись від землі ногами. Пристрій за ім'ям автора одержав назву "дрезина". У 1836 р. англієць Далсел прилаштував до дрезини підніжки - педалі. У 1869 р. француз Мішо виготовив дерев'яний педальний велосипед - "павук" з великим переднім поворотно-приводним колесом і маленьким заднім опорним колесом (рис. 2.22). Пізніше Мажі (Франція) побудував велосипед зі сталі, а англієць Каупер запропонував колесо зі спицями.

Англієць Дж. Старлей зробив велосипед з колісьми однакового діаметра 28 дюймів, сталеву рамою і роликовою ланцюговою передачею на заднє колесо (рис. 2.23). У 1883 р. у Німеччині для велосипедів уперше виготовили кулькові підшипники і, нарешті, у 1888 р. англієць Денлоп вперше установив на велосипеді пневматичні шини, в результаті чого він отримав всі основні елементи сучасних машин. Спочатку велосипеди випускали у Великобританії в Бірмінгемі, пізніше - й в інших країнах, причому не тільки двоколісні, але і три - і чотириколісні.

У Росії першу фабрику велосипедів відкрив у 1886 р. А. Лейтнер у Ризі. Випускались машини фірм Ю. Меллера, "Дукс", "Нальотів", "Лідтке", "Глоор", "Старлей" і інших. У Петербурзі велосипеди виготовляли майстерні А.А. Андрєєва і завод "Старлей". У 1915 р. фабрика "Лейтнер і К°" була евакуйована в Харків і стала основою Харківського велосипедного заводу.



Рис. 2.21. „Дрезина” фон Драйса (1817 р.)

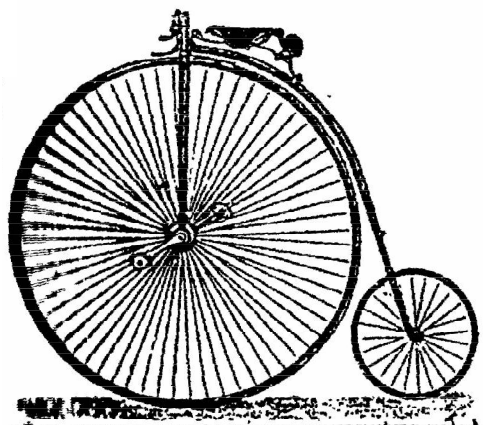


Рис. 2.22. Велосипед „Павук” (1885 р.)

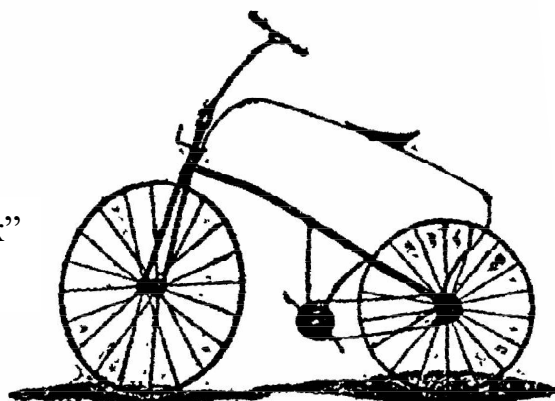


Рис. 2.23. Велосипед з ланцюговою передачею (1886 р.)

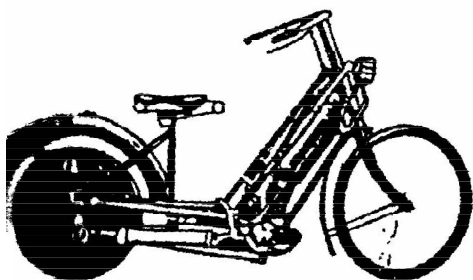


Рис. 2.24. Паровий мотоцикл „Гільдербрандт-Вольфмюллер (1894 р.)

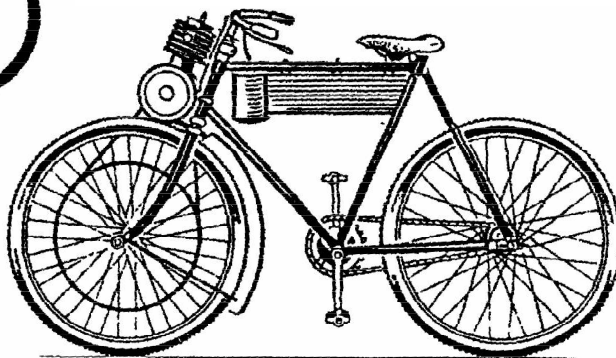


Рис. 2.25. Легкий мотоцикл братів Вернерів (1897 р.)

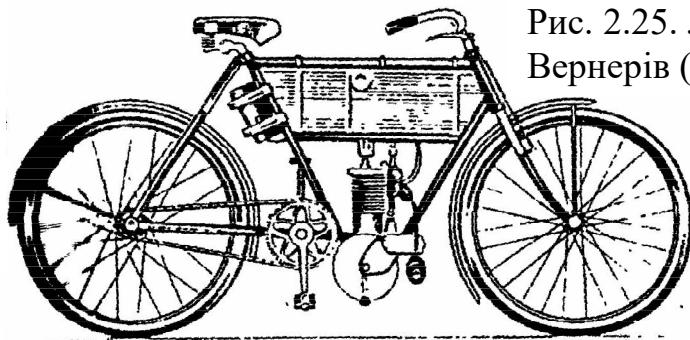


Рис. 2.26. Веломотоцикл братів Вернерів (1899 р.)

Незважаючи на те, що основною залишається модель двоколісного одномісного велосипеда для індивідуального пересування, продовжується пошук нових конструктивних схем. Міняється конфігурація рами, розмір коліс; велосипеди роблять складними, оснащують коробками передач і обтічниками, виготовляють двомісні зразки - тандеми, а також веломобілі.

Після появи перших велосипедів виникла ідея створення двоколісної машини з механічним приводом і вже в 1818 р. з'явилося зображення парового "велосипедрейзивапориана". В 1869 р. француз Перро установив невелику парову машину з котлом на велосипед Мішо. Машина називалася "Мішо-Перро" і була, по суті, першим мотоциклом.

У 1883 р. фірма "Де Діон, Бутон і Трепарду" побудувала триколісний паровий велосипед, а в 1894 р. випробувався німецький паровий мотоцикл "Гільдербрандт-Вольфмюллер" (рис. 2.24). Поршні його парової машини передавали рух на кривошип ведучого заднього колеса. У 1885 р., після винаходу Г. Даймлером ДВЗ, двоциліндровий двигун з вертикальним розташуванням циліндрів потужністю 0,5 к.с. при 600 об/хв. був установлений на двоколісну машину, за компонуванням аналогічну сучасному мотоциклу. Це був перший мотоцикл із ДВЗ. Привод на заднє колесо здійснювався пасовою передачею, швидкість досягала 12 км/год. У 1894 р. двигун для мотоцикла потужністю 2 к.с. при 1000 об/хв. побудував Б.Г. Луцької. З 1894 по 1896 рр. фірма "Гільдербрандт-Вольфмюллер" серійно випускала мотоцикли "Моторрад" із двигуном 2,5 к.с. при 240 об/хв. Швидкість складала 35 км/год.

У 1895 р. де Діон і Ж. Бутон виготовили компактний одноциліндровий двигун 0,5 к.с. при 1200 об/хв. і установили його на трицикл. Пізніше вони збільшили потужність двигуна до 1,75 к.с. Трицикли мали великий успіх, їх почали випускати й інші фірми.

Легкі мотоцикли виготовляли москвичі брати Вернери. У 1897 р. вони установили двигун на передню вилку велосипеда (рис. 2.25). Даний зразок одержав офіційну назву "Мотоцикл", яка згодом закріпилася за двоколісними машинами з ДВЗ як видова.

У 1899 р. Вернери перейшли до класичного мотоциклетного компонування: двигун був установлений на рамі між колісьми (рис. 2.26). Потужність його складала 1,25, а пізніше і 1,5 к.с. До 1901 р. фірмою "Вернер і К°" було випущено понад 3,5 тис. мотоциклів. Компанія одержала авторитет у Європі і проіснувала до 1914 р. Михайло Вернер вважається засновником мотоциклетної промисловості.

У 1902 -1907 рр. виникли ряд мотоциклетних фірм, причому на випуск мотоциклів переходили і велосипедні фабрики - наприклад, "А. Лейтнер і К°" у Ризі, "Старлей" у Петербурзі. Остання почала виробництво трициклів із двигунами 6,5 к.с., шинами широкого профілю і підресореним переднім колесом. У 1911 р. фабрика була придбана компанією "Промет".

У результаті накопичення досвіду розробок та будівництва, до 20-х рр. ХХ в. мотоцикл отримав свої характерні ознаки двоколісного без-



кузовного одно- або двомісного засобу пересування з трубчастою або корбковою рамою і ДВЗ, установленим на рамі між колісьми, з передачею на заднє колесо і переднім амортизованим поворотним колесом.

Подальше удосконалювання мотоциклів йшло шляхом модернізації амортизаторів і двигуна. З'явилися двотактні і чотиритактні двигуни, одно- і багатопіліндрові з вертикальним, V - подібним або опозитним розташуванням циліндрів. Пасові передачі були замінені ланцюговими та карданими. На мотоциклах почали установлювати вітрові стекла, застосовувати електронні схеми запалювання і т.д. У 50-х рр. з'явилася і до сих пір користується популярністю міська модифікація мотоцикла - моторолер. Помітно змінився дизайн машин.

Потужність двигунів сучасних мотоциклів доходить до 50 к.с. і більше, швидкість - до 200 км/год.

Внаслідок недостатнього комфорту водія мотоцикл в містах витісняється мікроавтомобілем, а в сільській місцевості - автомобілем підвищеної прохідності.

### 2.3. Автомобілі

Попередниками автомобіля, у яких було запозичені компонування, підвіска коліс, кузов і інші елементи, були кінні екіпажі. У Древній Греції, Римі і у середні віки виготовлялись в основному вантажні візки. До XVI в. люди при пересуванні віддавали перевагу верховій їзді і тільки в XVI в. з'явилися й одержали поширення пасажирські кінні екіпажі. Спочатку вони мали відкритий кузов, пізніше почали оснащуватись складним верхом з парусини або шкіри. У 1599 р. в Італії виготовили карету із закритим кузовом і зашкльованими дверцятами. Ведучою країною з виробництва пасажирських екіпажів у XVIII в. стала Великобританія. У 1704 р. були вперше застосовані ресори з листової сталі, у 1792 р. - металеві осі коліс, у 30-х рр. XIX в. з'явилися суцільні, а в 1845 р. - пневматичні шини. У 1816 р. кучер Ланкеншпергер вперше обладнав екіпаж поворотною на шворнях передньою віссю. Усе це було використано в автомобілях, так само, як і назви типів кузовів: фаєтон, ландоле, візаві, кабріолет, брогам, багті і т.д.

У 1600 р. в Голландії був реалізований перший саморушій вітрильний візок Стівена, який перевозив 28 чоловік зі швидкістю до 34 км/год. Однак вітрило на суші не могло відігравати роль двигуна, - не було відповідних доріг, змінювались напрямки та сила вітру.

Незважаючи на створення паровоза і безуспішні спроби реалізації Н.-Ж. Коньо й У. Мердоком безрейкових парових екіпажів, на початку XIX в. у Великобританії заявився паровий диліжанс [49, 51]. Чотири "паровики" Голдсуорсі Гюрнея (рис. 2.27) робили регулярні рейси і в 1831 р. наїздили 6 тис. км. З технічними зупинками на заправлення водою відстань 120 км вони долали за 12 год. У 30-х рр. XIX в. тільки у Великобританії експлуатувалися вже біля сотні паромобілів. Найбільш досконалі з них пересувалися зі швидкістю до 30 км/год. (рис. 2.28). Експлуатація

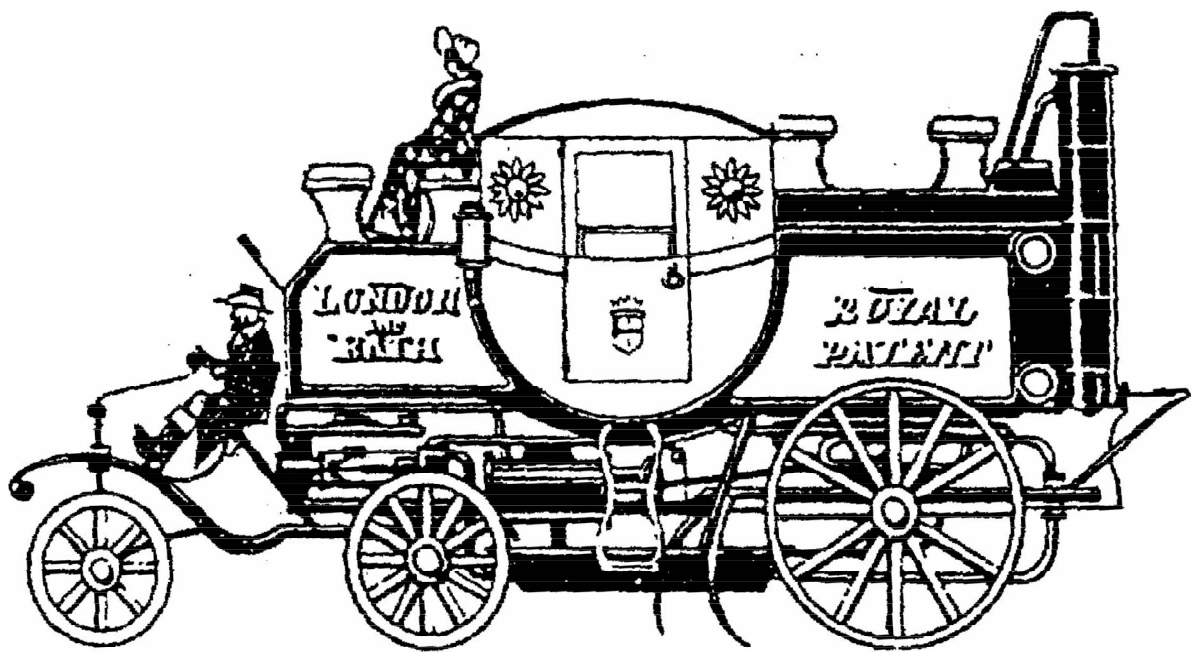


Рис. 2.27. Паровий диліжанс Гюрнея (1824 р.)



Рис. 2.28. Паровий диліжанс лінії Лондон - Бірмінгем (1832 р.)

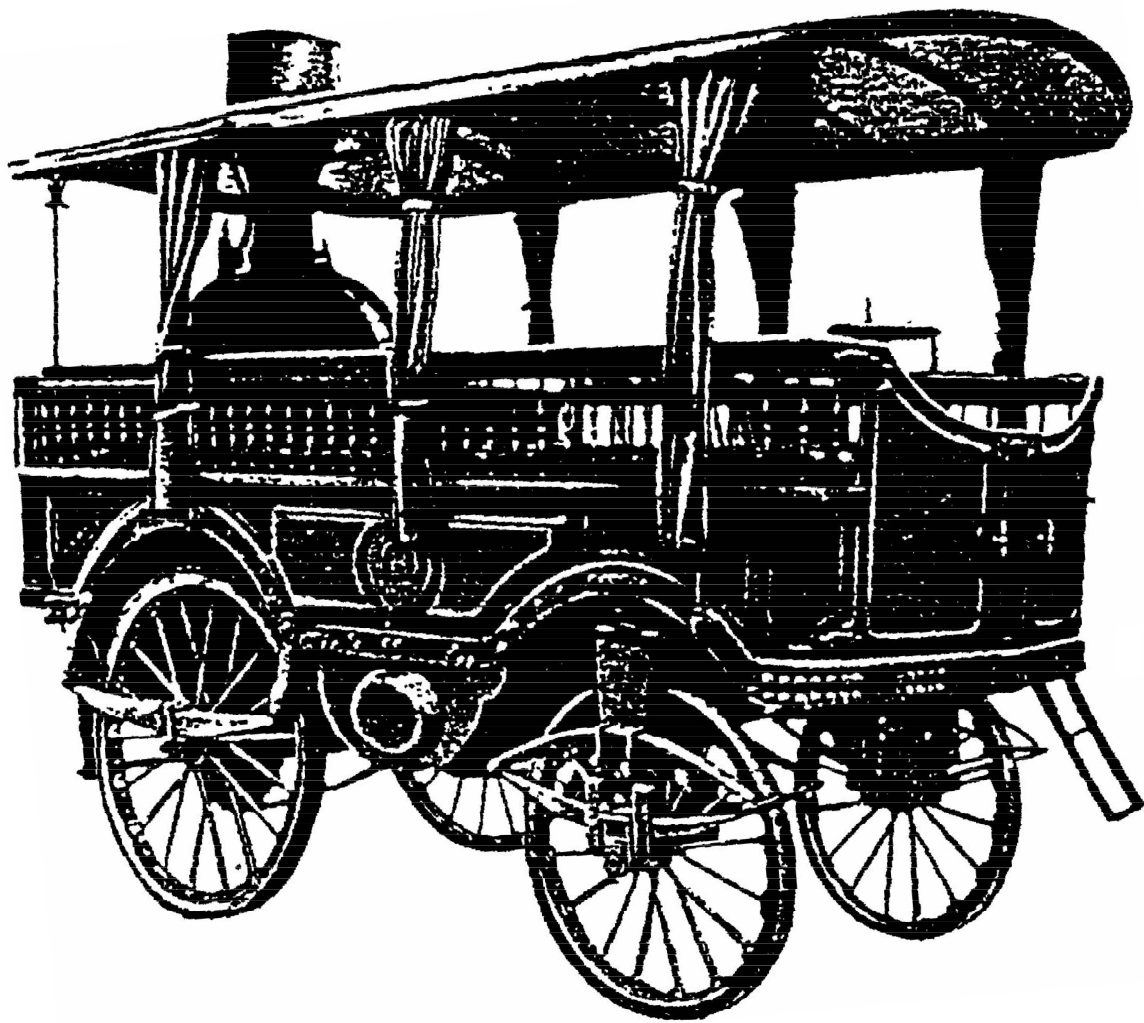


Рис. 2.29. Диліжанс А. Болле (1875 р.)

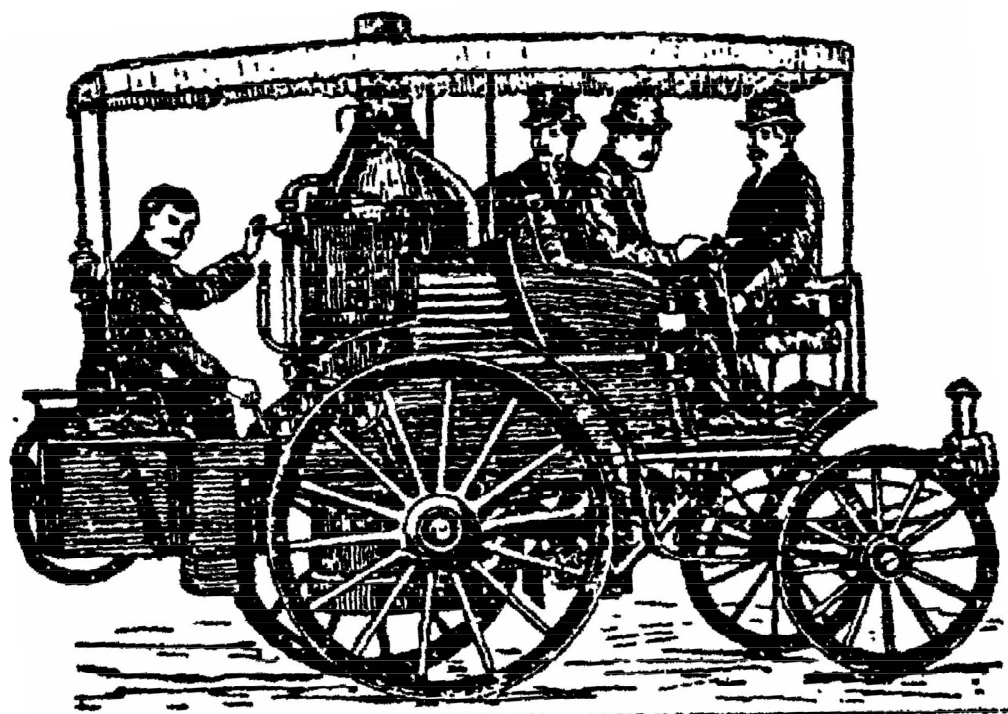


Рис. 2.30. Паровий автобус (Франція, 1886 р.)

паромобілів у Великобританії продовжувалася до 1865 р., коли англійський парламент видав закон про обмеження швидкості дорожніх локомотивів: на замських дорогах - 6,5 км/год., у населених пунктах - 3,5 км/год., причому перед екіпажем повинна була йти людина з прапорцем.

В армії Великобританії під час Кримської війни (1853 - 1856 рр.) застосовувалися колісні парові тягачі з котлом паровозного типу потужністю 6 к.с. для транспортування облогових гармат і боєприпасів загальною масою до 15 т зі швидкістю 6...7 км/год. Аналогічні тягачі англійської фірми "Евелінг-Портер", а також тягачі, виготовлені на Мальцевських заводах (м. Брянськ), знаходилися на озброєнні російської армії під час турецької кампанії 1877 - 1878 рр. Останні парові дорожні локомотиви брали участь в англо-бурській війні 1899 - 1902 рр.

Парові екіпажі з'явилися і у Франції. Леон Серполле (1858 - 1907 рр.) використав на своїй машині котел зі змійовиком і гасовими пальниками, диференціал і ланцюгову передачу на колеса. Амадей Болле (1844 - 1917рр.) у 1875 р. продемонстрував візок, що принципово повторював екіпаж Серполле. Він мав масу 5 т і витрачав на 1 км пробігу 2,5 кг вугілля і 14 л води при швидкості до 25 км/год. У 80-х рр. Болле виготовив візок масою 3,5 т з витратами вугілля 1,5 кг і води 7 л на 1 км шляху при максимальній швидкості руху 38 км/год. (рис. 2.29). На візку Болле були реалізовані незалежна підвіска коліс і металевий кузов. Пізніше у Франції почали ходити парові автобуси (рис. 2.30).

У США паровики будували до кінця XIX в. Так, у 1898 р. фірма "Стенлі" випустила 100 паромобілів, а в 1899 р. фірма "Локомотиль"-400 машин.

У Росії з початку XIX в. понад 50 винахідників пропонували проекти паромобілів [49]. Петербурзький лафетний майстер Казимир Янкевич у 1830 р. розробив і виготовив екіпаж із трубчастим котлом, що мав швидкість до 30 км/год. У 1835 р. В.П. Гур'єв запропонував побудувати мережу брукованих доріг для пересування паромобільних потягів. У 1861 р. був створений і випробуваний "санний паровоз для їзди по льоду узимку", який складався з парового локомотива на колесах із шипами і двох причіпних саней, розрахованих на перевезення 50 пасажирів або 200 пудів вантажу зі швидкістю до 26 км/год.

Однак незважаючи на всі удосконалення, паровий автомобіль залишався незручним в експлуатації і значного поширення не одержав. Пуск паровика вимагав багато часу і великого уміння машиніста. Парова машина була недостатньо надійною і дорогою. Паромобіль поступився місцем автомобілю з ДВЗ. Проте, з його допомогою була доведена можливість механічного безрейкового пересування. Від паровиків залишилося і слово "шофер" - у перекладі з французької - "кочегар".

Перший патент на екіпаж з ДВЗ, що працював на світільному газі був виданий Франсуа Ісаку де Рівазу (1752 -1829 рр.) ще в 1807 р. У 1826р. у Лондоні випробуваний екіпаж із газовим двигуном С. Брауна, який був

досить громіздким і неекономічним, внаслідок чого досліди припинили. Створення практично придатного засобу безрейкового пересування стало можливим з винаходом у 1884 р. Г. Даймлером і К. Бенцом бензинового карбюраторного двигуна. Зовнішній вигляд двигунів Г. Даймлера і К. Бенца показаний на рис. 2.31.

У 1885 р. Г. Даймлер вперше установив свій ДВЗ на одномісну моторну коляску. У 1886 р. двомісний автомобіль Даймлера розвив максимальну швидкість до 18 км/год. Одночасно з Даймлером К. Бенц побудував триколісний автомобіль, що досяг швидкості 15 км/год. Зображення автомобілів Даймлера і Бенца наведено на рис. 2.32.

Створення автомобіля було підготовлено попереднім розвитком техніки. Уже були відомі паромобілі, запропонований ДВЗ, сконструйований карбюратор (70-і рр.), у 40-х рр. були винайдені суцільні гумові, а потім й пневматичні шини - Р.-У. Томпсон (1845 - 1847 рр.) і Д.Ж. Денлоп (1884 - 1888 рр.), коробка передач входила у конструкцію металорізальних верстатів, відомий був диференціал - А. Бо де Рош (70-і рр.). Поєднання вказаних елементів дало якісно новий результат. Була створена принципово нова машина, що постійно удосконалювалася. У 90-х рр. Р. Бош розробив котушку запалювання і магнето, пізніше, у 1910 р., Ч. Кеттерінг запропонував електростартер.

Виникла нова галузь промисловості - автомобілебудування. У 1890р. Даймлер заснував компанію з виробництва автомобілів і почав їх одиничний випуск. У 1896 р. був побудований завод Бенца в м. Айзенах. До 1890р. відноситься створення французького виробництва автомобілів. У 1899 р. у м. Турін (Італія) пущений завод „Фіат”. В Австрії перший автомобіль побудований у 1897 р., у США - в 90-х рр. У 1913 р. Г. Фордом (1863 - 1947 рр.) у Детройті (США) вперше організовано масове виробництво автомобілів.

Перші автомобілі нагадували кінні візки і були малопотужними: машина Даймлера - 12 к.с., Бенца - 5 к.с., „Фіат” - 8 к.с. До 1900 р. потужність автомобілів збільшилася до 30...40 к.с. Число циліндрів виросло до 4 і вже в 1899 р. була досягнута швидкість 112 км/год. У перших машин двигун розміщувався позаду, під сидінням. Е. Левассор (1814 - 1896 рр.) першим установив на автомобілях фірми "Панар-Левассор" двигун і радіатор попереду під капотом. При цьому обертальний момент від двигуна передавався через зчеплення і коробку передач на проміжний поперечний вал, а з нього ланцюгом - на задній міст. Гонки 1894 р. довели надійність даних конструктивних рішень. У 1898 р. французький конструктор А. Рено замінив ланцюгову передачу карданним валом.

Майже одночасно з бензиновими автомобілями з'явилися електричні, які мали швидкість до 30 км/год. і запас ходу між підзарядками акумуляторної батареї до 50 км при ємності батареї 10 кВт/год. Електромобілі оснащувалися двигунами постійного струму і ланцюговими передачами. Керування машиною було досить простим. До недоліків електромобілів

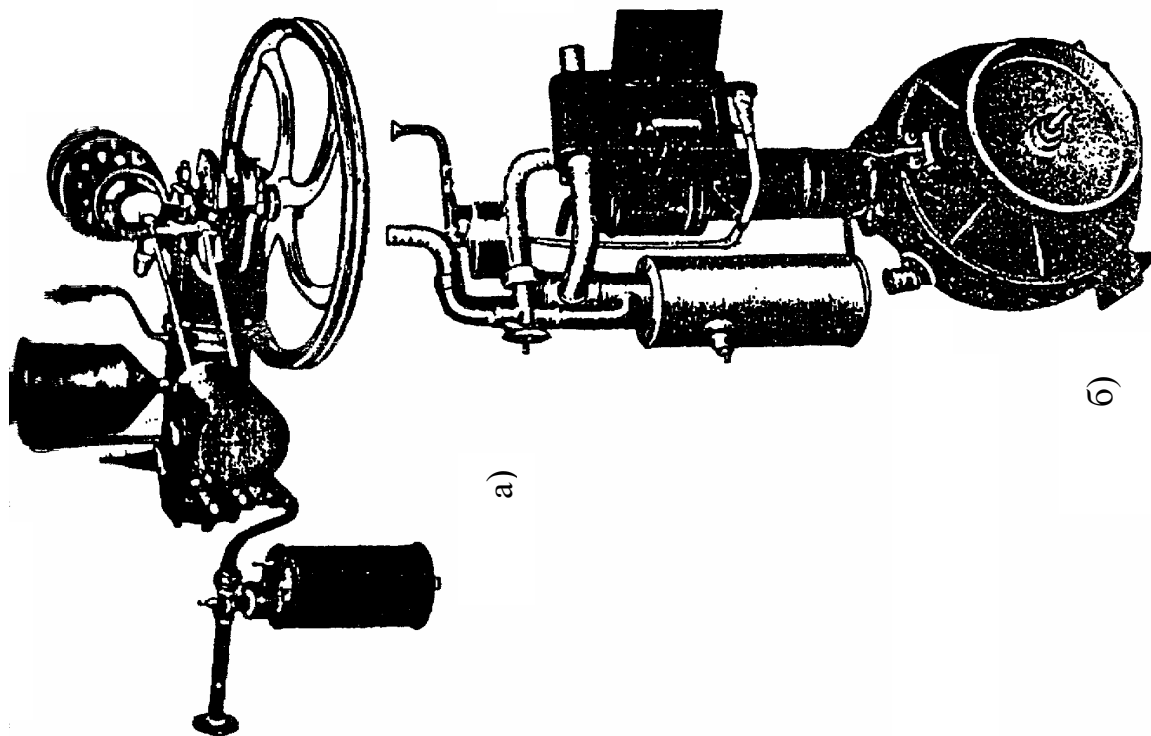


Рис. 2.31. Зовнішній вигляд двигунів Бенца (а) та Даймлера (б)

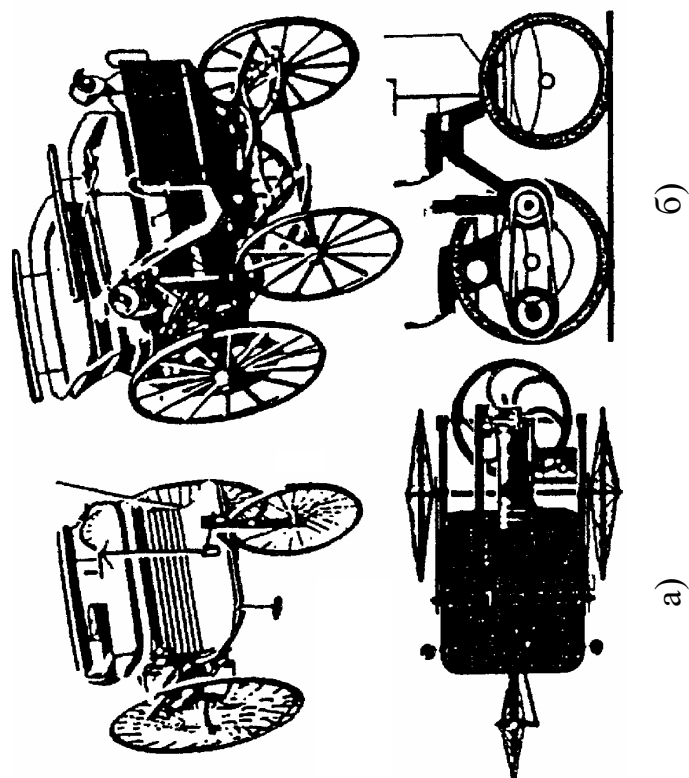


Рис. 2.32. Перші автомобілі (1885 – 1886 рр.): а – Бенца; б - Даймлера

відносились мала ємність і велика вага батареї. У 1899 р. у США електромобілі складали 38%, паромобілі - 40%, бензинові автомобілі - 22% від загального числа машин. З удосконалюванням ДВЗ електромобілі перестали будувати. У 1914 р. у Європі експлуатувалось тільки 1584 машини з електродвигунами (з них 8 - у Росії). Пізніше вони, як і паромобілі, зникли зовсім.

Слід згадати, що ще в 1899 р. австрійська фірма "Лонер" запропонувала індивідуальний електропривод кожного колеса машини, який був реалізований на важких автомобілях в другій половині ХХ в. Та ж сама фірма в 1902 р. побудувала легковий бензиновий автомобіль з електротрансмісією і ведучими передніми мотор-колесами.

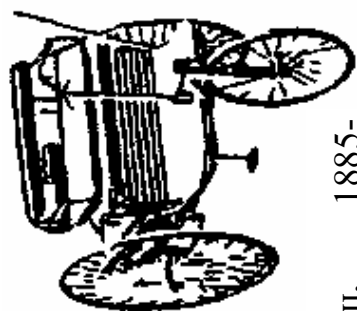
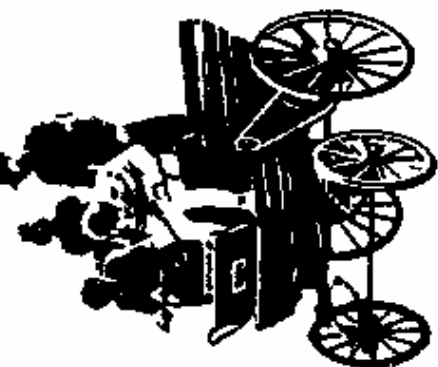
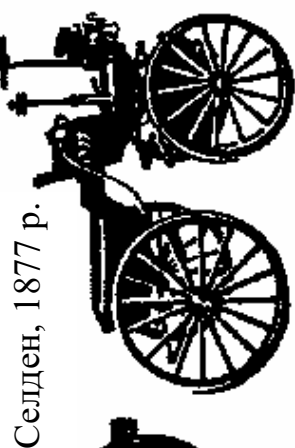
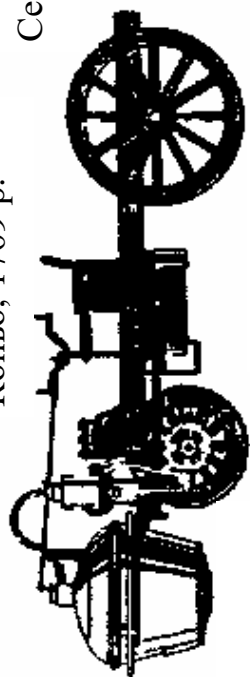
На початку ХХ в. автомобіль став загальнодоступним засобом пересування. В усіх промислових країнах виникали компанії з виробництва машин. Відомими конструкторами того часу були: Д. Б'юік (1855 - 1920рр.), А. Рено (1877 - 1944 рр.), А. Сітроен (1878 - 1935 рр.), М. Ліланд (1843 - 1932 рр.), Д. Студбейкер (1833 - 1917 рр.), В. Лянча (1881 - 1937рр.), Ф. Порше (1875 - 1951 рр.), М. Ройс (1881 - 1910 рр.), М. Остін (1866 - 1941 рр.), Р. Олдс (1864 - 1950 рр.), Г. Форд, Г. Шевроле (1878 - 1941 рр.), Е. Бугатті (1881 - 1947 рр.), Д. Додж (1864 - 1920 рр.) і інші.

Зростали обсяги випуску машин. У 1900 р. світовий парк автомобілів складав 20000 машин, в 1914 р. він збільшився до 1,9 млн. Автомобілі забезпечували перевезення військ у період першої світової війни. В англійській армії нараховувалось 76 тис. машин, у французькій - 92 тис., німецькій - 59 тис., російській - 20,5 тис.

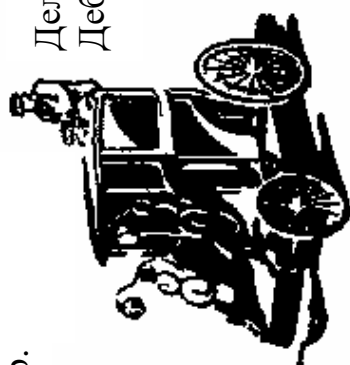
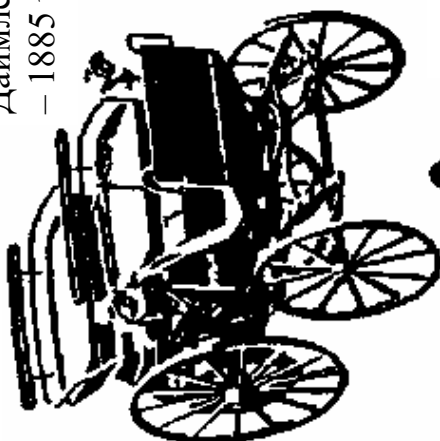
Безупинно удосконалювалися двигуни, гальма, підвіска й особливо кузова, змінювався зовнішній вигляд автомобілів (рис. 2.33 – 2.38) [51]. На машинах установлювалися покажчики повороту, склоочисники, підсилювачі гальм, автоматичні і гідравлічні трансмісії, передні гальма. Виготовлялися автомобілі з безрамними кузовами, змінювалося місце установки двигуна і ведучих мостів. Створювалися машини з переднім приводом і заднім розташуванням двигуна. Випускалися дешеві ("Сітроен", "Пежо", "Опель", "Остін", "Форд", "Фіат") і дуже дорогі ("Роллс-Ройс", "Кадиллак", "Бугатті") автомобілі. Одночасно з випуском легкових машин було налагоджено виробництво вантажівок, причому до 50% з них оснащувались дизелями. У 1940 р. у світі було вже 46 млн., а в 1950 р. - 70 млн. автомобілів.

У СРСР масове виробництво автомобілів було розвернуто з 1924 р., але їх історія в Росії почалася задовго до цього [49 - 51]. Перша машина марки "Панар-Левассор" була завезена у Одесу в 1891 р. У Москві автомобіль з'явився в 1899 р. До 1901 р. у Росію за даними митного відомства було завезено 40 автомобілів і 7 мотоциклів, а в 1903 р. організоване імператорське Російське автомобільне суспільство. У 1909 р. почав роботу "Санкт-Петербурзький таксомотор", - число машин сягнуло 328. У 1911 р. у Росії було зареєстровано вже 7000 "авто": у Петербурзі - 1598, Москві - 820, Севастополі - 84, Сімферополі - 43, Воронежі - 20 і т.д. До 1917 р. у

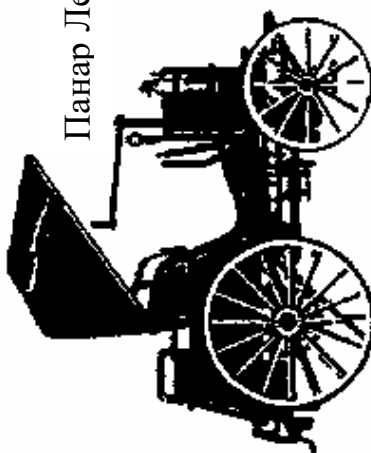
Коньо, 1769 р.



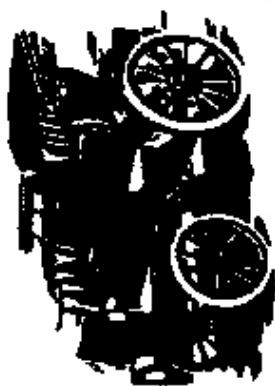
Даймлер, 1884  
– 1885 рр.



Деламар-  
Дебутвиль, 1884 р.



Панар Левассор



Штевер

Де-Діон, 1894 р.

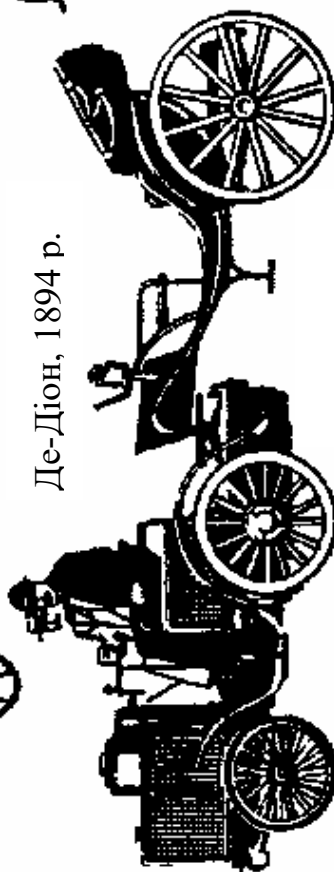


Рис. 2.33. Еволюція автомобіля (1769 – 1900 рр.)



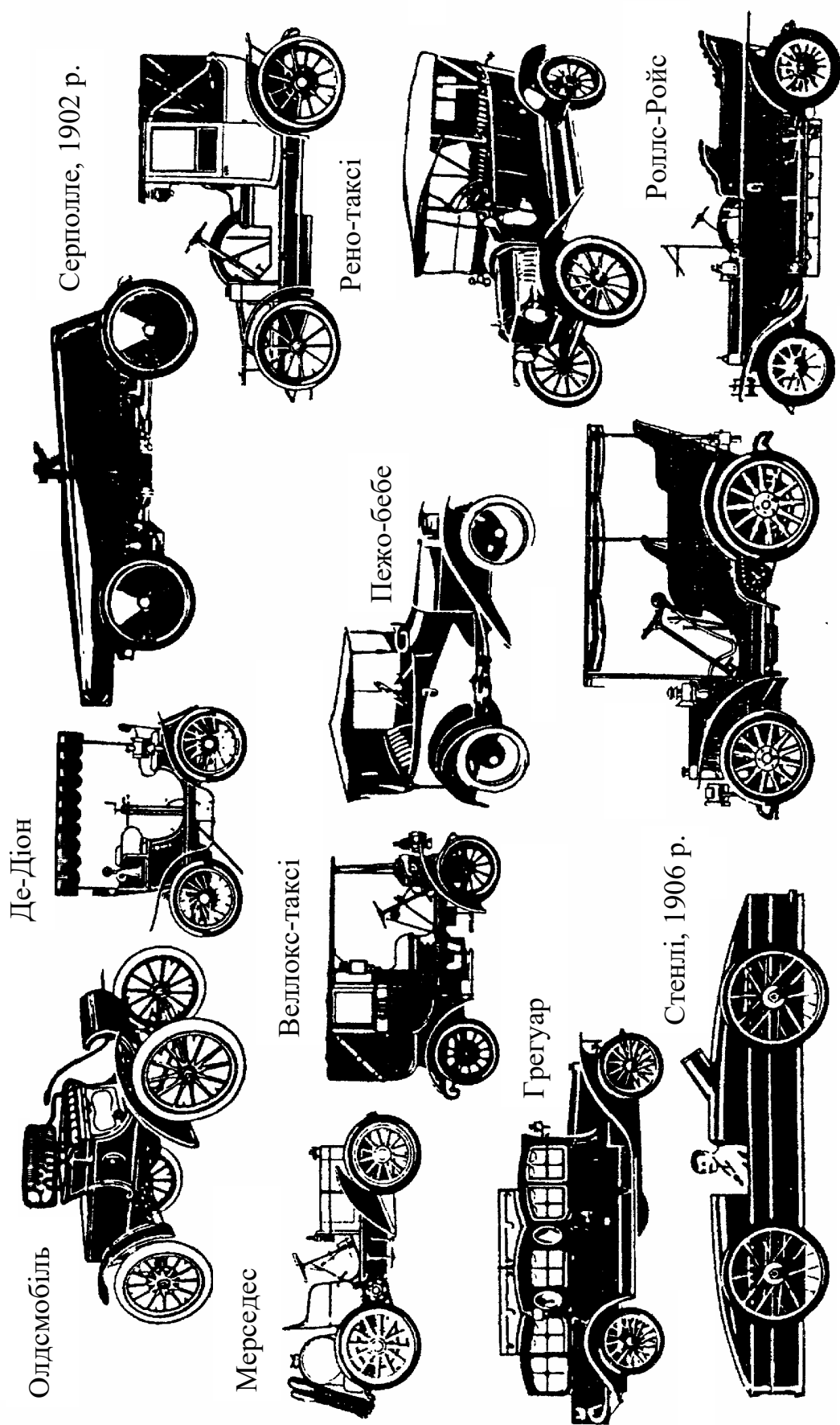


Рис. 2.34. Еволюція автомобіля (1900 – 1910 рр.)

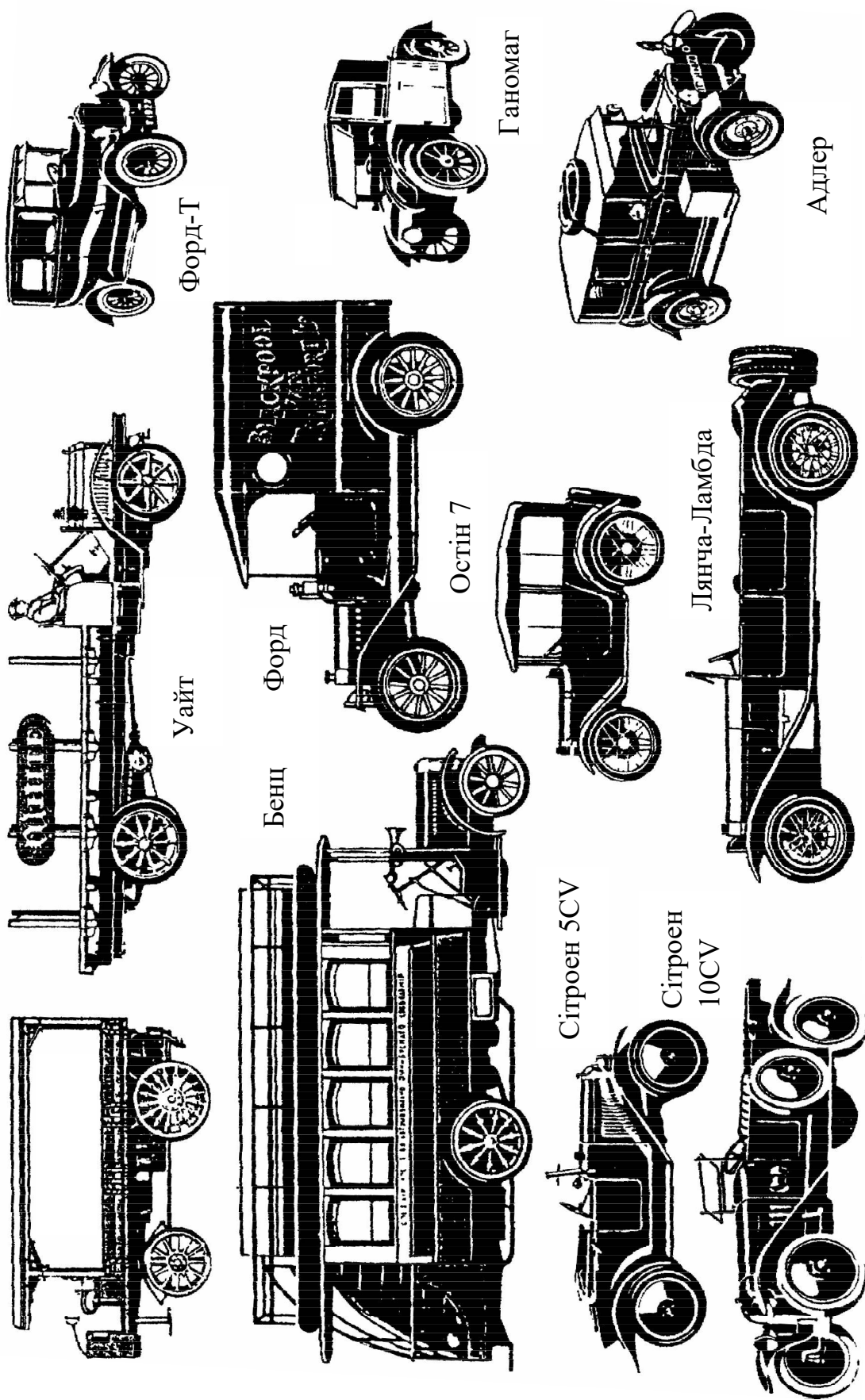
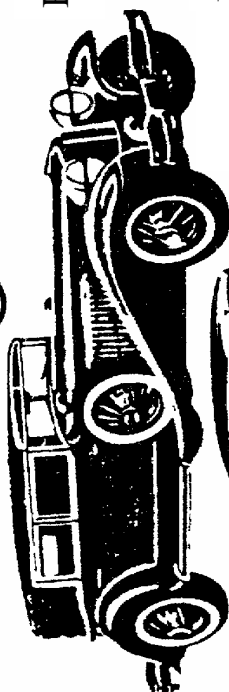


Рис. 2.35. Еволюція автомобіля (1910 – 1920 рр.)

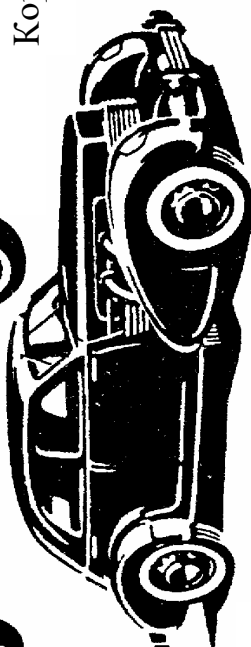
Дюсенберг



Корд, 1929 р.



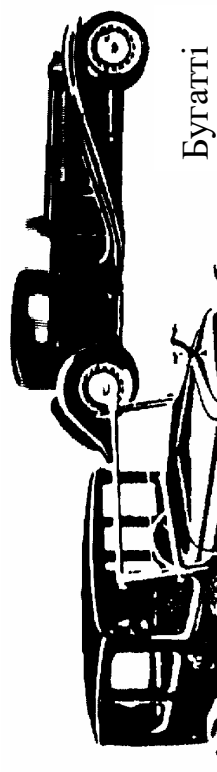
Корд, 1936 р.



Вуазен

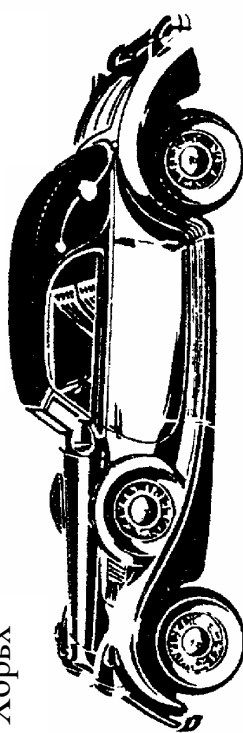


Сітроен-2CV



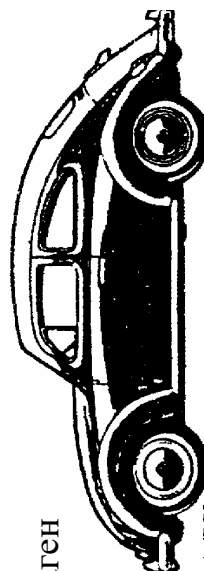
Бугатті

Іспано Суїза



Хорьх

Фольксваген



Фіат-500

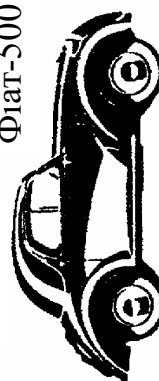


Рис. 2.36. Еволюція автомобіля (1920 – 1940 рр.)

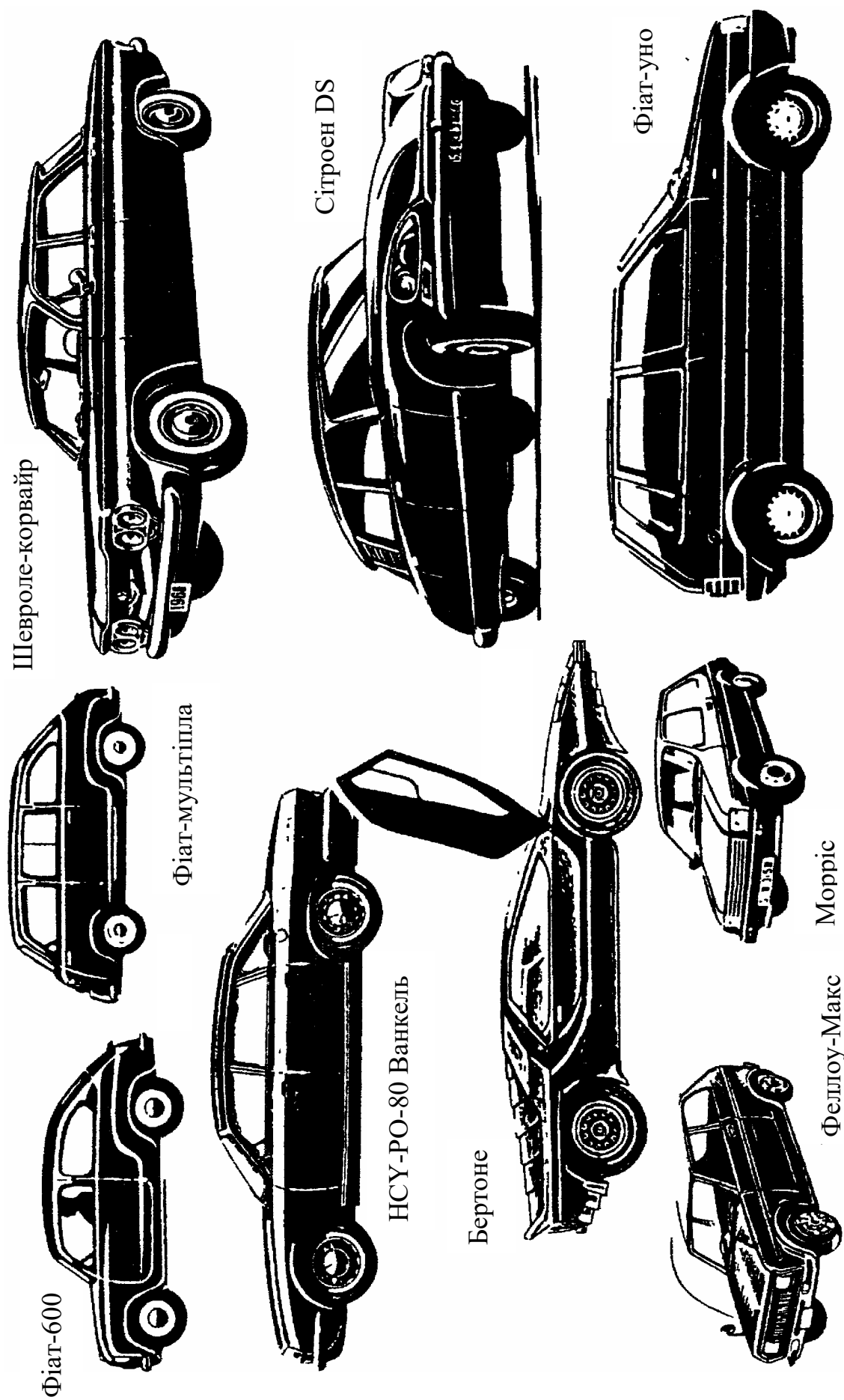


Рис. 2.37. Еволюція автомобіля (1940 – 1970 рр.)

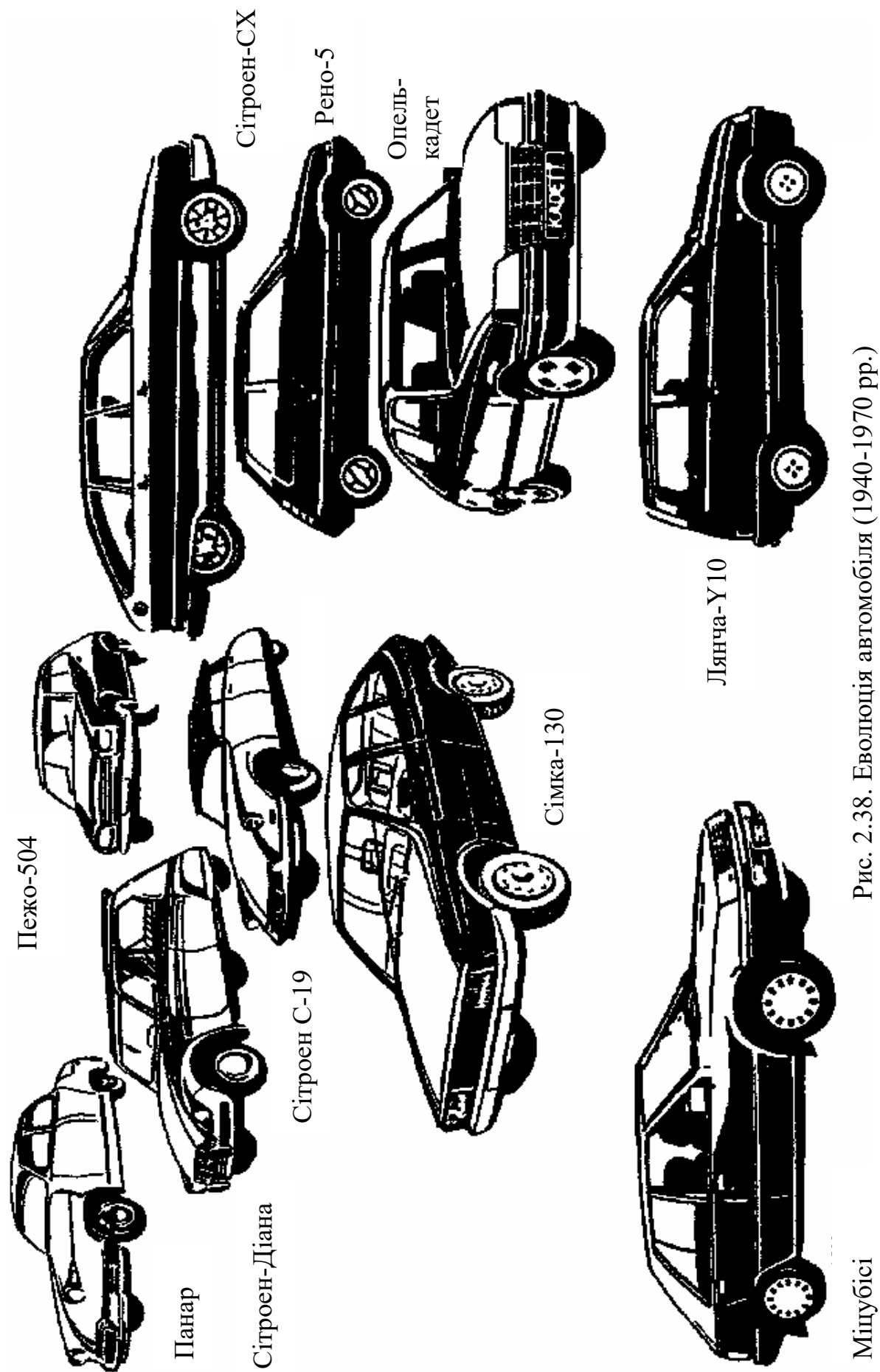


Рис. 2.38. Еволюція автомобіля (1940-1970 рр.)

країні нараховувалося близько 50 тис. машин.

Використовували в Росії і машини власного виробництва. 1896 р. вважається датою народження вітчизняного автомобілебудування. Тоді Є.А. Яковлев (1857 - 1898 рр.) і П.А. Фрезе продемонстрували першу побудовану ними машину (рис. 2.39). У 1898 р. І. Романов створив двомісний електромобіль. Пізніше близько 20 компаній намагалися налагодити виробництво автомобілів. У 1902 - 1906 р. машини випускали заводи братів Бромлей, Скавронського, "Аксай", "Леснер", "Дукс", "П.П. Ільїн", "Руссо-Балт", суспільство "Політехнік" у Петербурзі і інші. Для усіх них виготовлення автомобілів було побічною справою і здійснювалося кустарно.

У 1901 р. на фабриці Фрезе була побудована перша вантажівка, у 1902 р. - поштові фургони, у 1903 р. - автобус, у 1904 р. - пожежний автомобіль. У ті ж роки Д.М. Балаховським був виготовлений перший автомобіль з електротрансмісією, причому якір генератора служив одночасно маховиком бензинового двигуна. У 1902 р. створений тролейбус, електрична частина якого була розроблена графом С.І. Шуленбургом.

Фрезе підтримував контакти з фірмою "Де Діон і Бутон" і будував машини з їх двигунами. У 1910 р. він продав свою фабрику "Руссо-Балту". Завод "Руссо-Балт" першу автомашину випустив у травні 1909 р. Автомобілі даної фірми відрізнялися високою якістю виготовлення та надійністю. Потужність двигунів досягала 60 к.с. а швидкість руху - 139 км/год. "Руссо-Балт" будував і вантажівки. Усього було виготовлено близько 1100 автомобілів. На чолі виробництва стояли І.А. Фрязіновський і швейцарський конструктор Ж. Поттера. Вигляд деяких російських автомобілів показаний на рис. 2.40.

Першим російським підприємством, у якого автомобілі стали основною продукцією, став завод І.П. Пузирьова побудований в 1909 р. біля Санкт-Петербурга. У 1911 р. він випустив першу машину. Усього виготовлено 30 автомобілів, які мали двигуни потужністю 35...40 к.с. і швидкість 70...80 км/год.

Не дивлячись на все відмічене, серійного виробництва автомобілів в Росії не було. Уряд країни не підтримував автомобілебудівників замовленнями і фінансуванням. Замість цього було видано розпорядження купувати автомобілі для казенних потреб за рубіжем, причому і в 1913 р. 81% їх імпорту припадав на Німеччину. Політика недопущення розвитку російського автомобілебудування знайшла вираження й у митній стратегії: мита на ввезення матеріалів, необхідних для виробництва автомобілів, складали до 90...95 %, а на готові машини - 3...5 %. З 1901 р. по 1911 р. Росія витратила на закупівлі автомобілів 27,5 млн. крб., у 1912 р. - 10,8 млн. крб., у 1913 р. - 17,13 млн. крб. Під час першої світової війни у 1914 - 1916 рр., коли потрібно було велике число машин, на їх закупівлю були витрачено понад 275 млн. крб. Тільки в 1916 р. в Росії було вирішено побудувати п'ять приватних і один державний автозаводи на що виділено 133,5 млн. крб. Загальна продуктивність заводів повинна була скласти близько 10 тис. автомо-

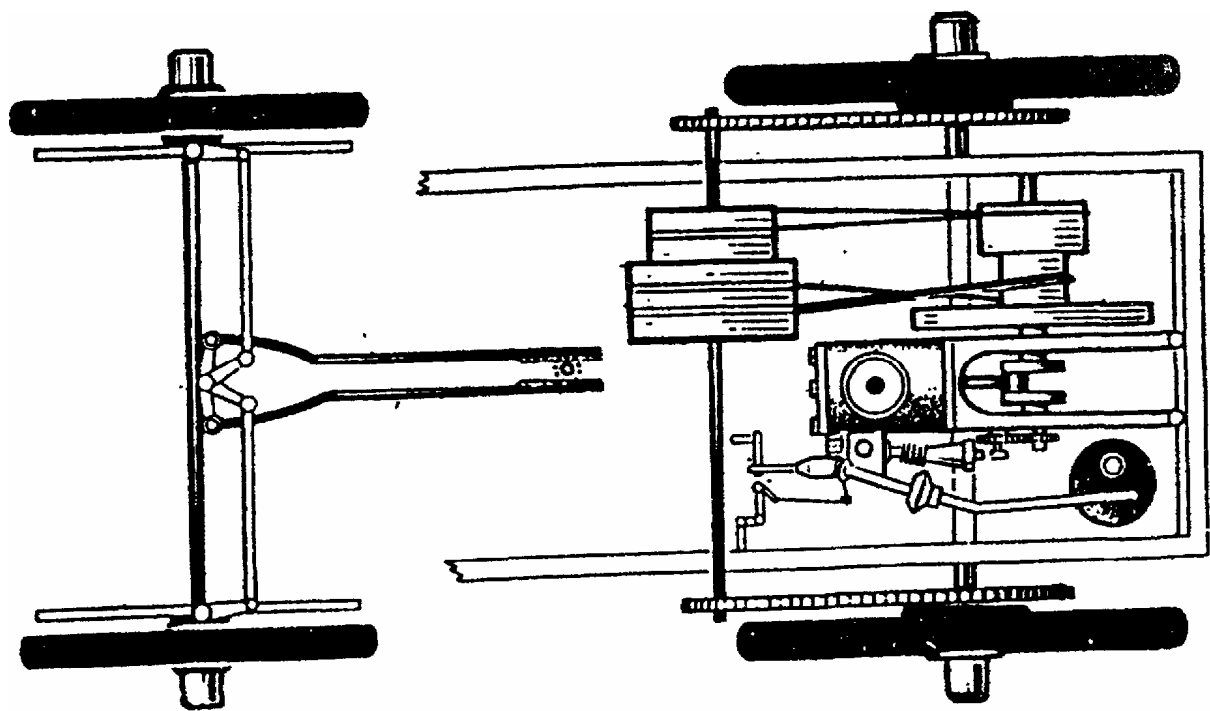
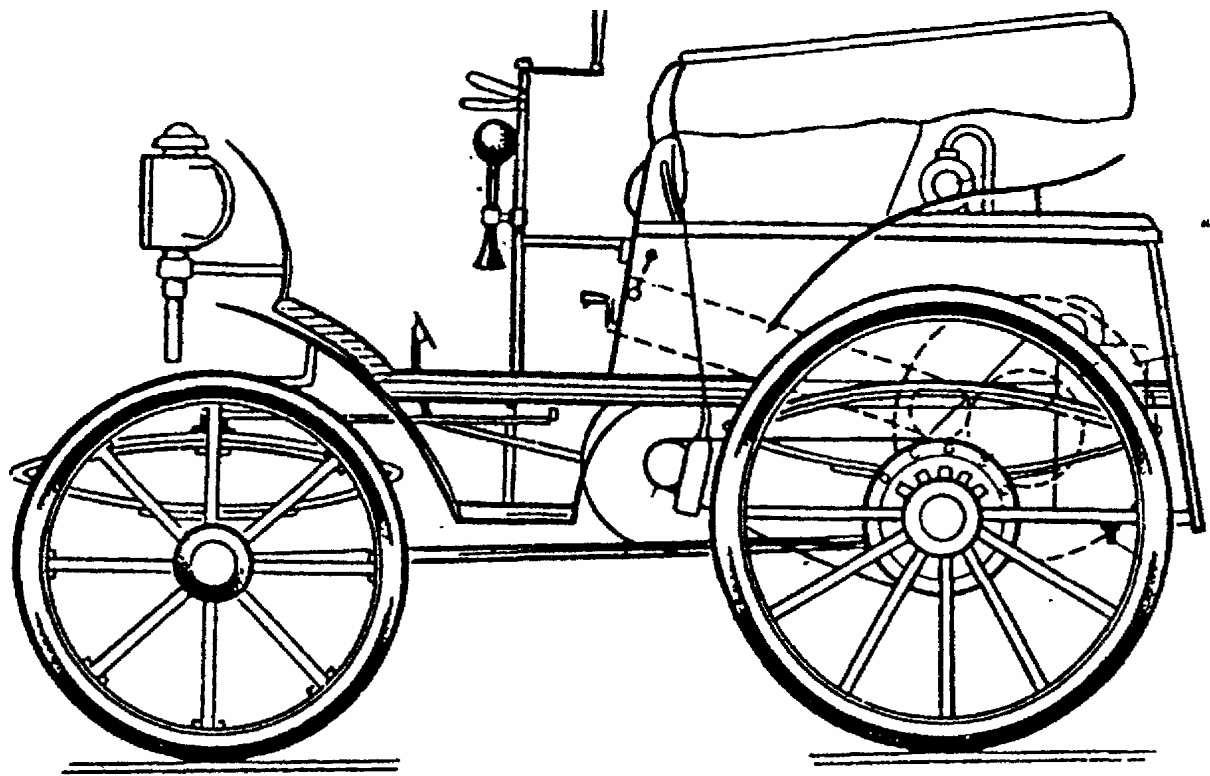


Рис. 2.39. Перший російський автомобіль Є.А Яковлева і П.А. Фрезе

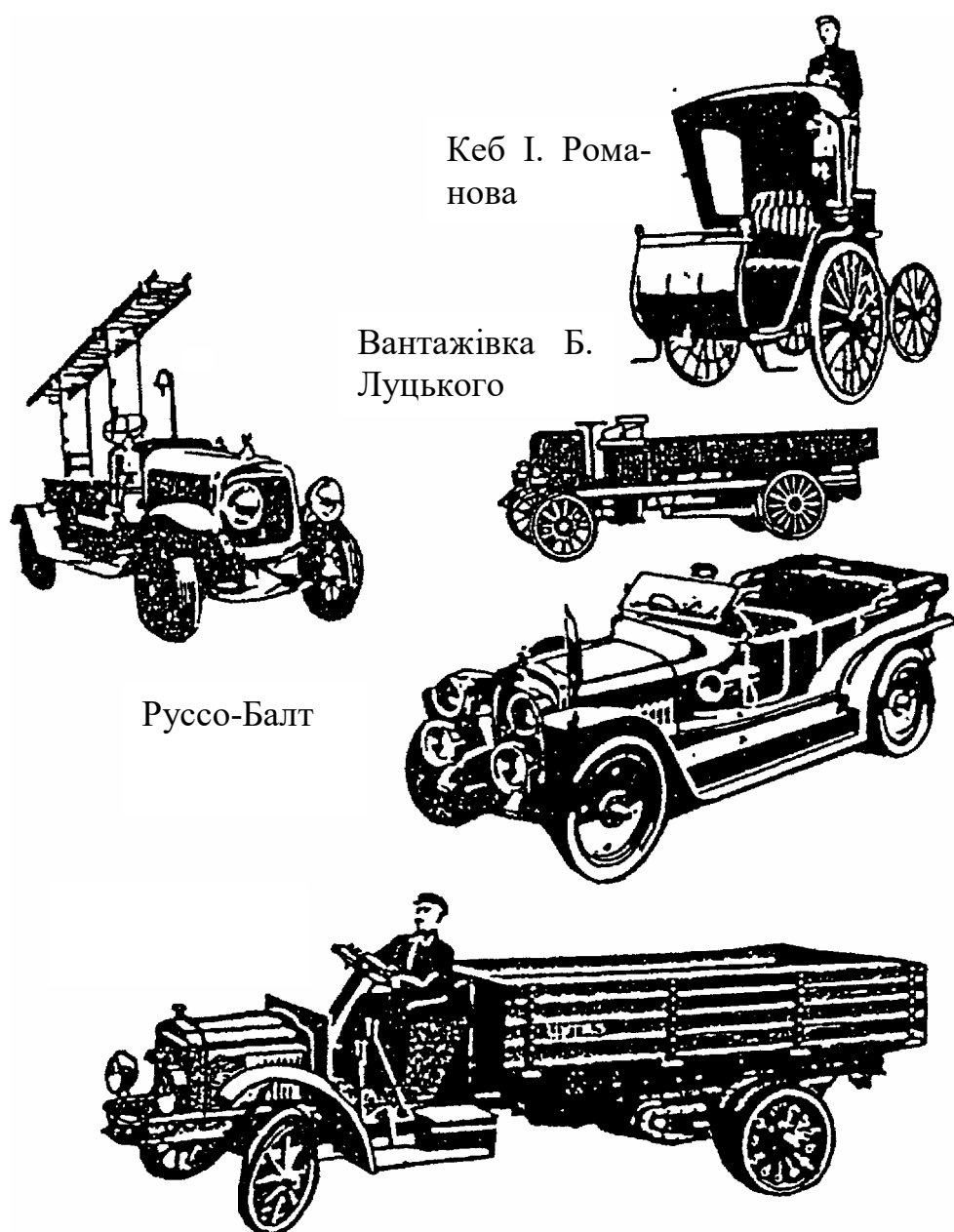


Рис. 2.40. Російські автомобілі

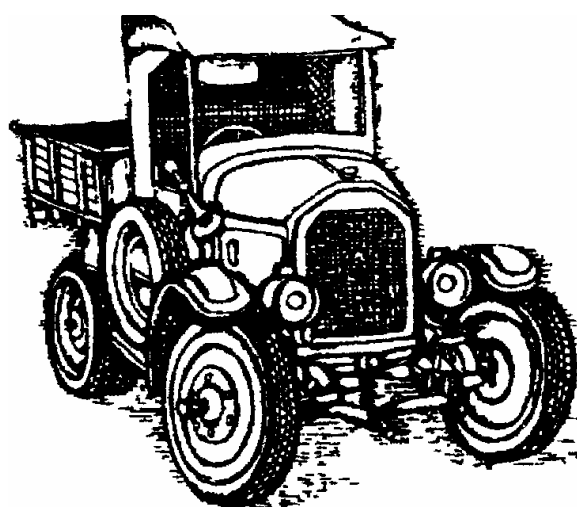


Рис. 2.41. Перший радянський автомобіль АМО-Ф-15



білів у рік. До кінця 1917 р. жоден завод не був запущений. Акціонерне Московське Суспільство (АМС), створене в 1916 р. для будівництва автопідприємств, ввело до ладу московський автозавод на 75%. У 1917 р. він збирав вантажівки „Фіат”. До жовтня 1917 р. завод мав лише 25 верстатів і недобудовані корпуси. Про самостійне виробництво машин не могло бути і мови. Інші автомобільні підприємства були в ще гіршому стані.

15 серпня 1918 р. ВСНХ оголосив АМС власністю республіки. Пізніше були націоналізовані ще 7 підприємств, що увійшли до одного тресту Державтозаводів. З 1919 по 1924 рр. трест займався ремонтом автотехніки. У 1924 р. АМС приступив до підготовки, а з 1.11.1924 р. - і до випуску півторатонних вантажівок АМО-Ф-15 (рис. 2.41). Першим головним конструктором заводу був В.І. Ципулін (1882 - 1940 рр.). З 1926 р. директором автозаводу став І.А. Лихачьов (1896 – 1956 рр.).

Перша радянська розробка легкового автомобіля НАМІ була виконана під керівництвом К.А. Шарапова (1899 -1980 рр.). У 1927 - 1930 рр. здійснювалось його серійне виробництво, загалом випущено 403 автомобілі. Під час першої п'ятирічки був побудований Горьківський і реконструйовані заводи Ярославський і АМС. Після реконструкції на них було налагоджене масове виробництво автомобілів.

У Горькому випускали 1,5-тонні вантажівки ГАЗ-АА і ГАЗ-ААА, а також легкові автомобілі ГАЗ-А (Форд-А), на АМС - 2,5-тонні вантажівки ЗІС-5 (модернізовані "Отокар"), у Ярославлі - великовантажні (3, 4 і 5 тонн) машини Я-3, Я-4 і Я-5 і, крім них, - 50 і 100-місні автобуси і тролейбуси. Названі заводи разом з інститутом НАМІ склали кістяк автомобільної промисловості СРСР, яка перед Великою Вітчизняною війною випускала машини усіх типів і видів, задовольняючи потреби країни [50].

Після війни однією з перших моделей стала легкова машина ГАЗ-М-20 "Перемога", розроблена у 1944 р. під керівництвом головного конструктора ГАЗ А.А. Ліпгарта (1898 - 1980 рр.). Дизайн машини запропонував В. Самойлов. У наступні десятиріччя у СРСР побудовані ряд автозаводів - Білоруський, Волзький, Єрewanський, Запорізький, Енгельсовський, Іжевський, Курганський, Кутаїський, Камський, Кременчуцький, Львівський, Лікінський, Луцький, Мінський, Митищенський, Могильовський, Нефтекамський, Павловський, Ризький, Саранський, Соломбальський, Уляновський, Міаський - зі спеціалізацією за типами автомобілів. Зовнішній вигляд деяких радянських машин показаний на рис. 2.42 – 2.45.

Динаміка випуску автомобілів усіх типів у СРСР виглядає таким чином: 1945 р. - 74657, 1950 р. - 362895, 1960 р. - 523594, 1970 р. - 916118, 1980 р. - 2199000 машин.

Конструкція автомобілів постійно змінюється. В різних країнах світу за рядом напрямків ведеться робота з удосконалення машин. Одним з основних напрямків є модернізація кузова. Він виготовляється з одного боку естетично й аеродинамічне досконалішим, з іншого - міцнішим, довговічнішим і безпечнішим. Створюються кузови із силовим каркасом і дефор-

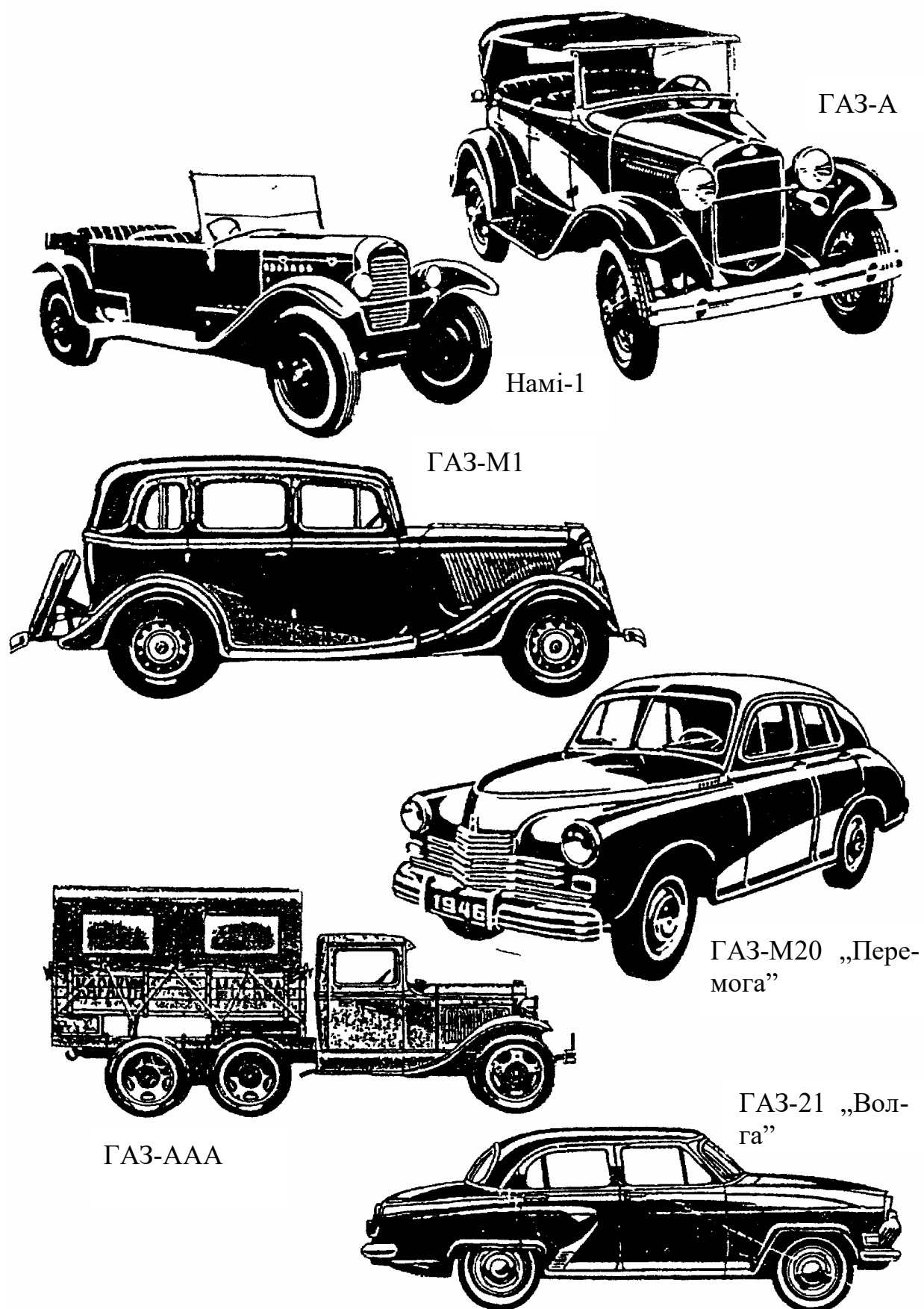
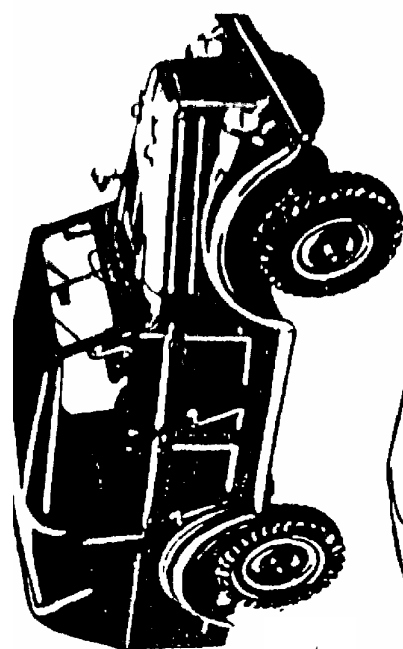
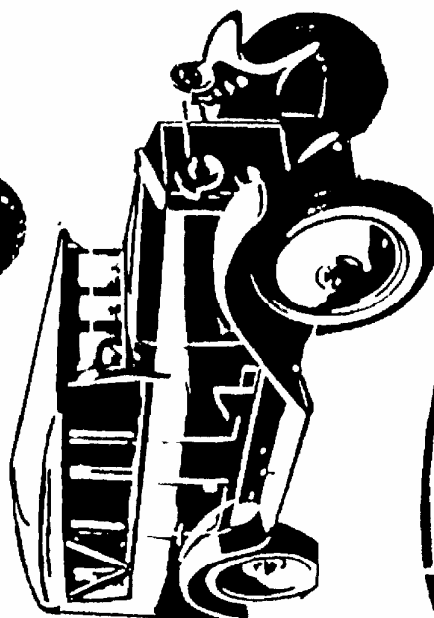


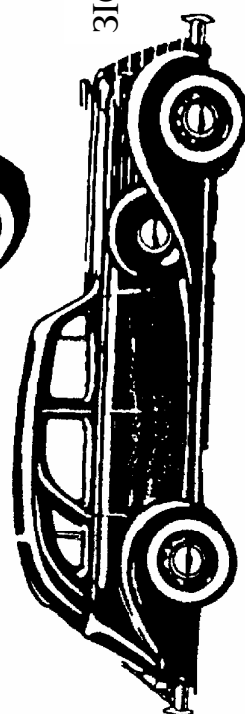
Рис. 2.42. Радянські автомобілі



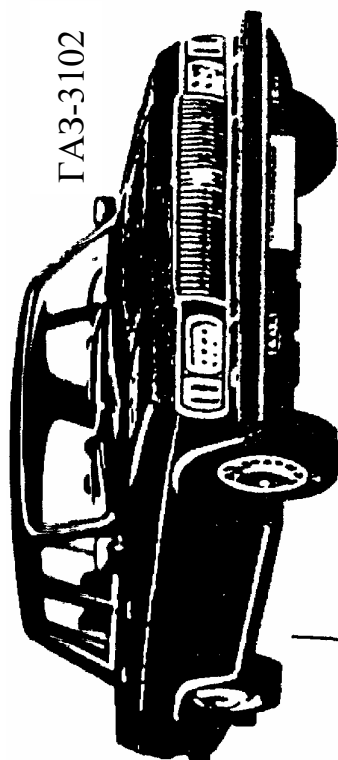
ГАЗ-69А



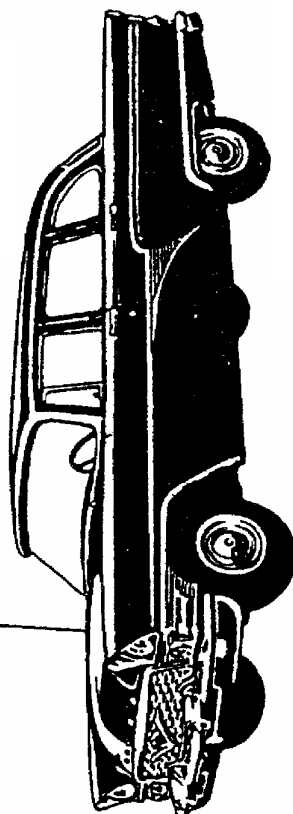
Легковий  
АМО-Ф-15



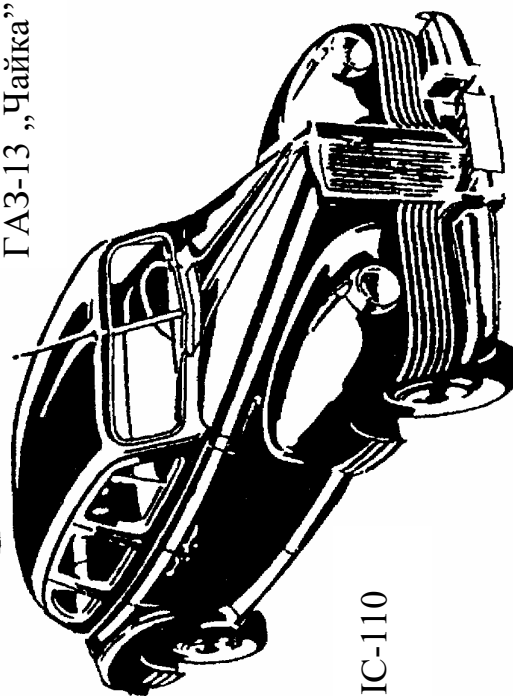
ЗІС-101



ГАЗ-3102



ГАЗ-13 „Чайка”



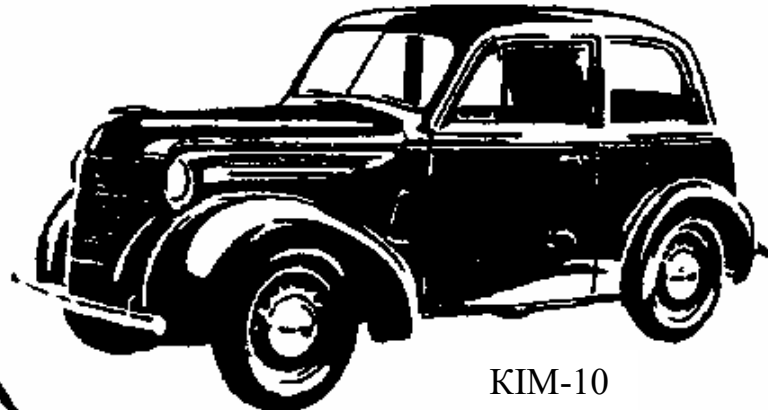
ЗІС-110

Рис. 2.43. Радянські автомобілі

ЗІЛ-112



ЗІЛ-4104

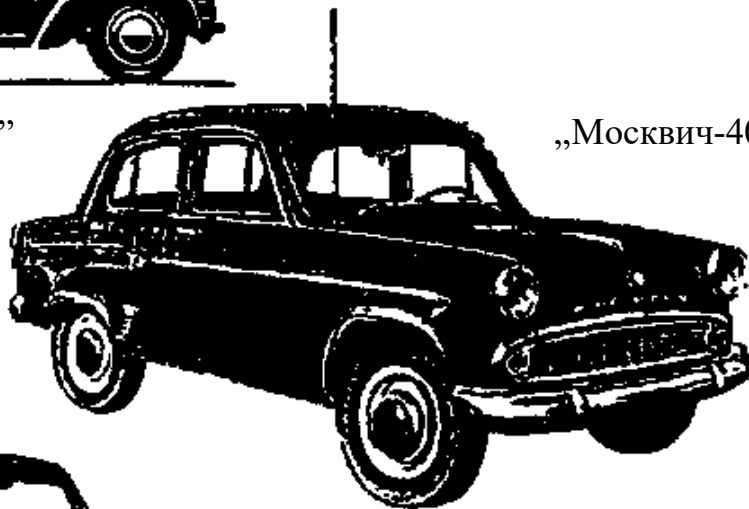


KIM-10



„Москвич-400”

„Москвич-407”

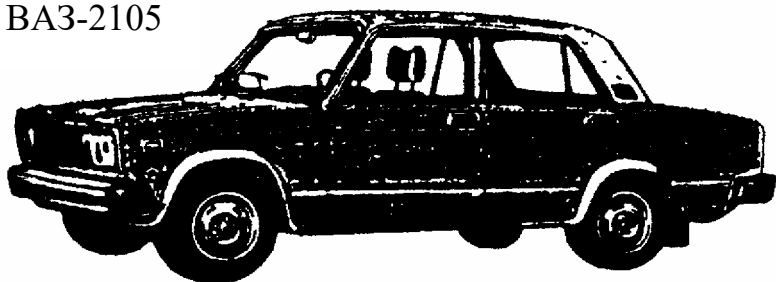


„Москвич-2140”



Рис. 2.44. Радянські автомобілі

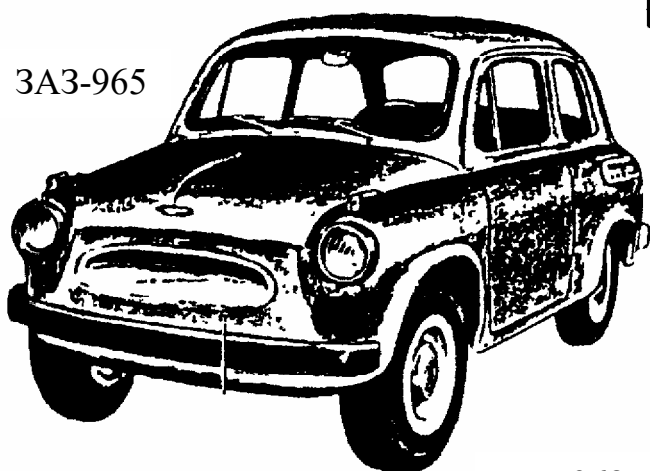
BA3-2105



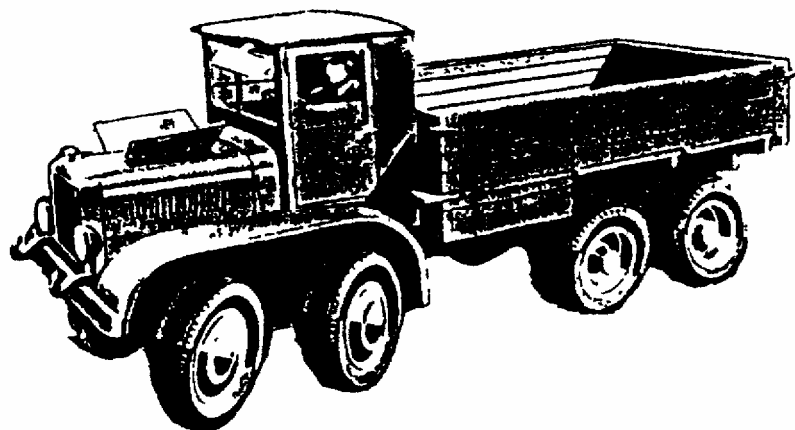
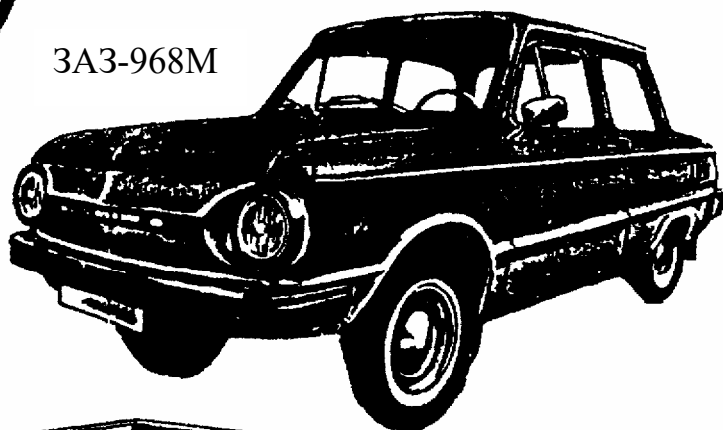
BA3-2121



3A3-965



3A3-968M



ЯГ-12

Рис. 2.45. Радянські автомобілі

мованими зонами. Збільшується ступінь закління салону, поліпшується огляд для водія і пасажирів. Застосовуються надувні подушки безпеки. Велика увага приділяється "малій" механізації - електроприводним пристроям підйому й опускання стекол, антени радіоприймача, регулювання висоти сидінь і т.д. Стає більш м'якою підвіска кузова і двигуна. Застосовуються автоматичні трансмісії з електронним контролем тягового зусилля, електронне запалювання і т.д. Значні за обсягом роботи проводяться і в напрямку удосконалювання гальмових та кермових пристроїв. Однак головною задачею залишається створення екологічно чистого автомобіля, що не викидає в атмосферу окис вуглецю й інші шкідливі речовини. Згідно із даним напрямком розглядаються та розробляються автомобільні двигуни декількох типів: ДВЗ, дизелі, ГТД, двигуни Стірлінга (ДС), парові машини, електродвигуни, маховикові двигуни й інші. Проведемо короткий аналіз названих варіантів.

Підвищення екологічної безпеки ДВЗ можна досягти трьома основними способами: зменшенням змісту палива у паливоповітряній суміші, що подається в циліндри двигуна (реалізується при форкамерно-факельному запалюванні), підвищенням температури згоряння палива і використанням в якості палива зрідженого газу. Здійснення перших двох варіантів пов'язане з помітним збільшенням вартості двигуна. Тому більш доцільним виявляється третій варіант.

В дизельному двигуні забезпечується більш повне згоряння палива ніж в карбюраторному, однак його складніше модернізувати. Існують проекти дизелів з передкамерою і з іскровим запалюванням. При цьому дизель залишається відносно чистим, надійним і економічним двигуном, у зв'язку з чим, в перспективі можливе його широке використання як на легкових, так і на вантажних автомобілях.

Раціональним двигуном вважається і газова турбіна. У 1950 р. фірма "Бритіш Ровер" випробувала перший автомобіль з ГТД потужністю 150к.с., що працював на низькосортному паливі. У 1952 р. була створена 10-тонна газотурбінна вантажівка. В Італії, США і СРСР випускались автобуси і легкові автомобілі з ГТД. Ефективність ГТД обумовлена значно меншими, ніж у ДВЗ масою і габаритами при аналогічній потужності, простотою конструкції, хорошими динамічними характеристиками, надійним запуском при високих і низьких температурах. Разом з тим, газовим турбінам властиві і недоліки: більші ніж у ДВЗ витрати пального, більша вартість, складність обслуговування і ремонту, чутливість до засмічення. У майбутньому імовірна поява важких вантажівок з ГТД.

Про ДС детально розповідалось у розд. 2.7.6, Ч. І даного навчального посібника. У зв'язку з тим, що паливо в ньому горить постійно, токсичних речовин у вихлопних газах мало. ДС відрізняється вищою екологічною чистотою ніж ДВЗ. Однак поки що не вдається зробити двигун прийнятних розмірів та вартості.

За екологічними параметрами до ДС наближається паросилова уста-

новка із замкненим циклом, розроблена в 70-х рр. у Німеччині Інститутом Лайнга. Установка включає котел, парову машину і конденсатор. Котел являє собою плівковий випарник, теплота до якого надходить в результаті постійного згоряння палива. Пуск котла вимагає малого часу. Як конденсатор використаний циркуляційний теплообмінник нового типу. Розроблювачі цілком герметизували робочий об'єм двигуна і вивели енергію обертання за допомогою електромагнітної герметичної муфти. За розмірами двигун не більший ДВЗ. Вихлоп не токсичний, шум практично відсутній. Можливий варіант періодичної роботи двигуна з нагріванням випарника від акумулятора. При цьому вихлопних газів взагалі немає. Швидкість двигуна така ж сама, як у ДВЗ потужністю 100 к.с. Слід зазначити, що наявність в паровому двигуні конденсатора змусить змінити аеродинаміку кузова автомобіля.

Одночасно ведуться розробки електромобіля. Основна проблема даного напрямку - створення достатньо енергоємного акумулятора. В теперішній час його маса сягає 30...50% маси всієї машини. Ємність сучасних акумуляторів дозволяє переміщуватись зі швидкістю до 110 км/год. на відстань до 200 км. Можливий варіант машини із комбінованою силовою установкою, що включає ДВЗ і електродвигун. Однак в даному випадку енергоємність ще менша. Все вищевикладене обумовлює необхідність пошуку принципово нових рішень, що відсуває час широкого використання електромобілів на невизначений термін.

Продовжуються також дослідження маховикового акумулятора енергії для автомобіля. Для усунення негативного впливу маховика на динамічні характеристики автомобіля, він повинен розміщуватись у горизонтальній площині в об'ємі зі зниженим тиском. Не дивлячись на великий об'єм проведених технічних розробок поява серійних інерційних автомобілів у найближчому майбутньому не очікується.

Говорячи про розвиток автомобілів, варто згадати і про перспективи збільшення швидкості руху. Перші автомобілі пересувалися зі швидкістю до 18 км/год. До 30-х рр. максимальна швидкість у легкових автомобілів складала 100 км/год., у вантажних – 60 км/год. Сучасні вантажні автомобілі розвивають швидкості до 120 ... 150 км/год., масові легкові - до 180 км/год., легкові вищого класу - до 250 км/год. Подальше збільшення швидкостей руху неперспективне, внаслідок недосконалості доріг і необхідності дотримання вимог безпеки руху. Останнє відноситься, безумовно, до транспорту, а не до експериментальних і рекордних автомобілів. Їх максимальні швидкості набагато більші, ніж у серійних машин. Так, у 1997 р. машина з турбореактивними двигунами розвила надзвукову швидкість.

Потрібне також і удосконалення системи керування рухом. У майбутньому одержать поширення бортові комп'ютери, що будуть автоматично установлювати найефективніші режими роботи двигуна і швидкість, забезпечувати безпечний рух, стежити за шляхово-транспортною ситуацією, визначати оптимальні маршрути пересування і т.д.

## 2.4. Водний транспорт

Переміщуватись по воді використовуючи плоти людина навчилася ще у первісний період. Потім почалось будівництво найпростіших човнів. У античний період історії розвивається морська справа, будуються гребні і вітрильні судна [51, 52]. Еволюція суден від древніх часів до XVIII в. показана на рис. 2.46 – 2.47.

Найдревнішими вважаються човни і судна древнього Єгипту. На плотах і човнах з дерева і папірусу можна було здійснювати далекі морські подорожі. На рис. 2.46, а наведений плоскодонний давньоєгипетський річковий човен з папірусу. Міцність папірусу була невелика і для подовжнього зміцнення корпусу використовували мотузку, натягнуту між короткими щоглами, що встановлювались на носі і кормі. Такий човен керувався і приводився в рух за допомогою весел. Пізніше з'явилися вітрильні судна (рис. 2.46, б). Мореплавні якості суден древнього Єгипту були низькими.

Торгові морські судна з кілем і шпангоутами для збільшення міцності корпусу вперше почали будувати на острові Крит. Для приведення судна в рух критяни використовували як весла, так і прямокутні вітрила. У XVII – IV вв. до н.е. Крит був першою морською державою Середземного моря.

Морські судна древньої Греції і, пізніше Рима, були аналогами фінікійських кораблів (рис. 2.46, в). Греки розпочали перші далекі подорожі. У 325 - 330 рр. до н.е. Піфей з Массілії пройшов за Геркулесові Стовпи, досяг Британії й обстежив береги Скандинавського півострова до полярного кола. Торгові судна були переважно широкими і тихохідними, приводилися в рух вітрилом і керувалися кормовим веслом. Військові кораблі робили більш вузькими. Функцію їх основного рушія виконували гребці з веслами, що розміщувались спочатку в один ярус, а зі зростанням розмірів суден - у два, три – до восьми ярусів (рис. 2.46, г, д). Триярусні судна називали трієрами. Довжина їх сягала 40 м, висота бортів - 1,5 м, чисельність екіпажа - 500 чоловік, швидкість - 8 -10 вузлів. У III в. до н.е. греки будували кораблі водотоннажністю до 4000 т. Як додатковий рушій використовувалися вітрила - головне прямокутне і невелике допоміжне, укріплене на похилій щоглі. Пізніше стали встановлювати дві, а потім і три щогли, прямокутне вітрило замінили косим, У ході подальшого розвитку почали будувати галеаси (рис. 2.46, е), які являли собою комбінацію галери і вітрильника. Довжина галеасів досягала 70 м, ширина - 16 м, водотоннажність - 1000 т, екіпаж - 1000 чоловік.

У X - XII вв. на півночі Європи жили вікінги, що були гарними мореплавцями. Їх кораблі являли собою безпалубні дерев'яні човни з носом і кормом симетричної форми (рис. 2.47, а). Судно приводилося в рух веслами і прямокутним вітрилом. Часто ніс корабля мав прикрасу у вигляді голови дракона (звідси назва - драккар). Довжина драккарів досягала 45 м, вони мали до 30 пар весел. На даних суднах вікінги плавали в Білому морі, досягали Гренландії, а у X в. – і Північної Америки.

У XII - XIII вв. у Європі з'явилися великі торгові судна - нефи



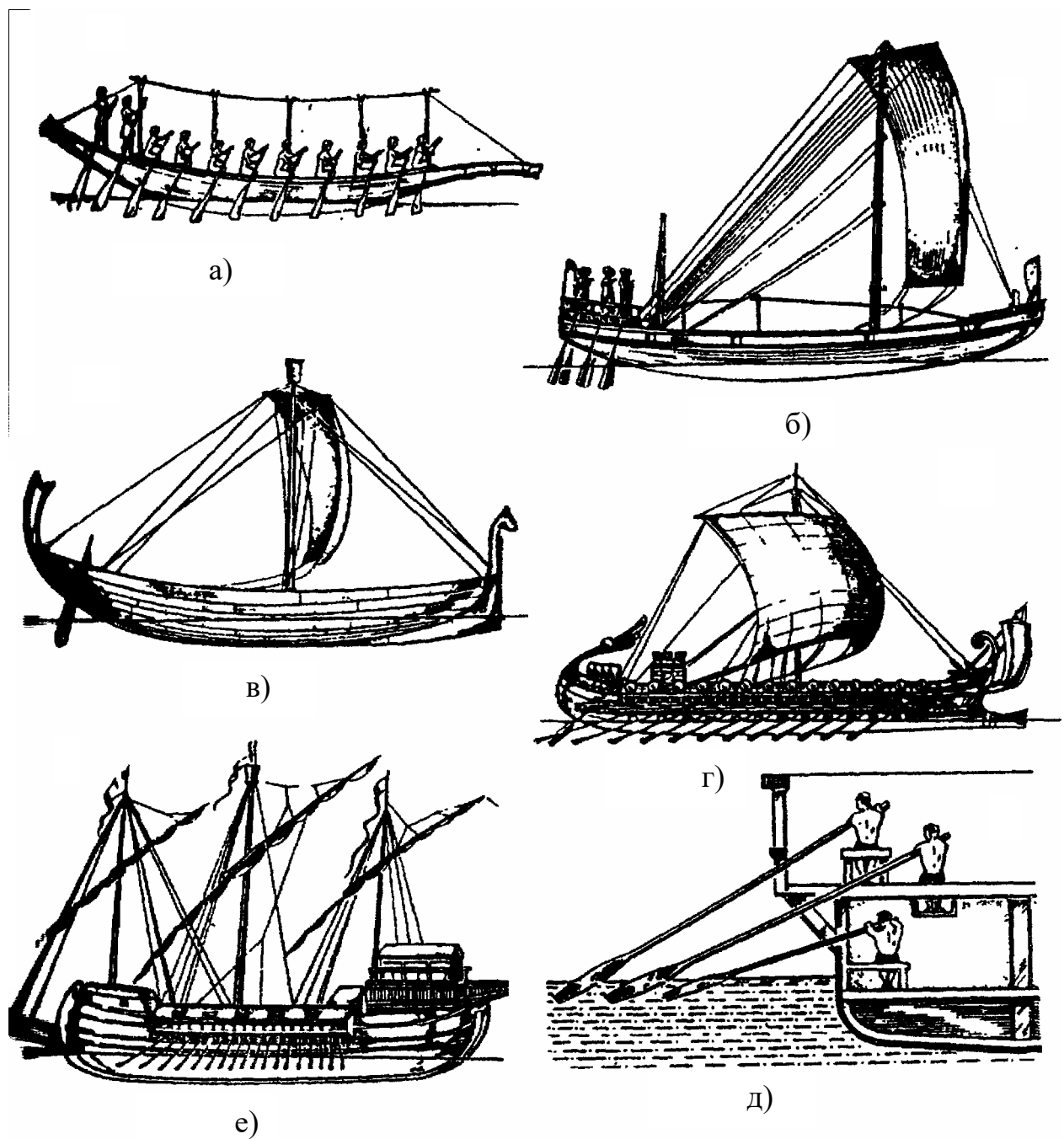


Рис. 2.46. Еволюція гребних і вітрильних судів: а – єгипетський папірусний човен; б – єгипетське вітрильне судно; в – фінікійське судно; г - римська галера; д – розташування гребців на трієрі; е - галеас

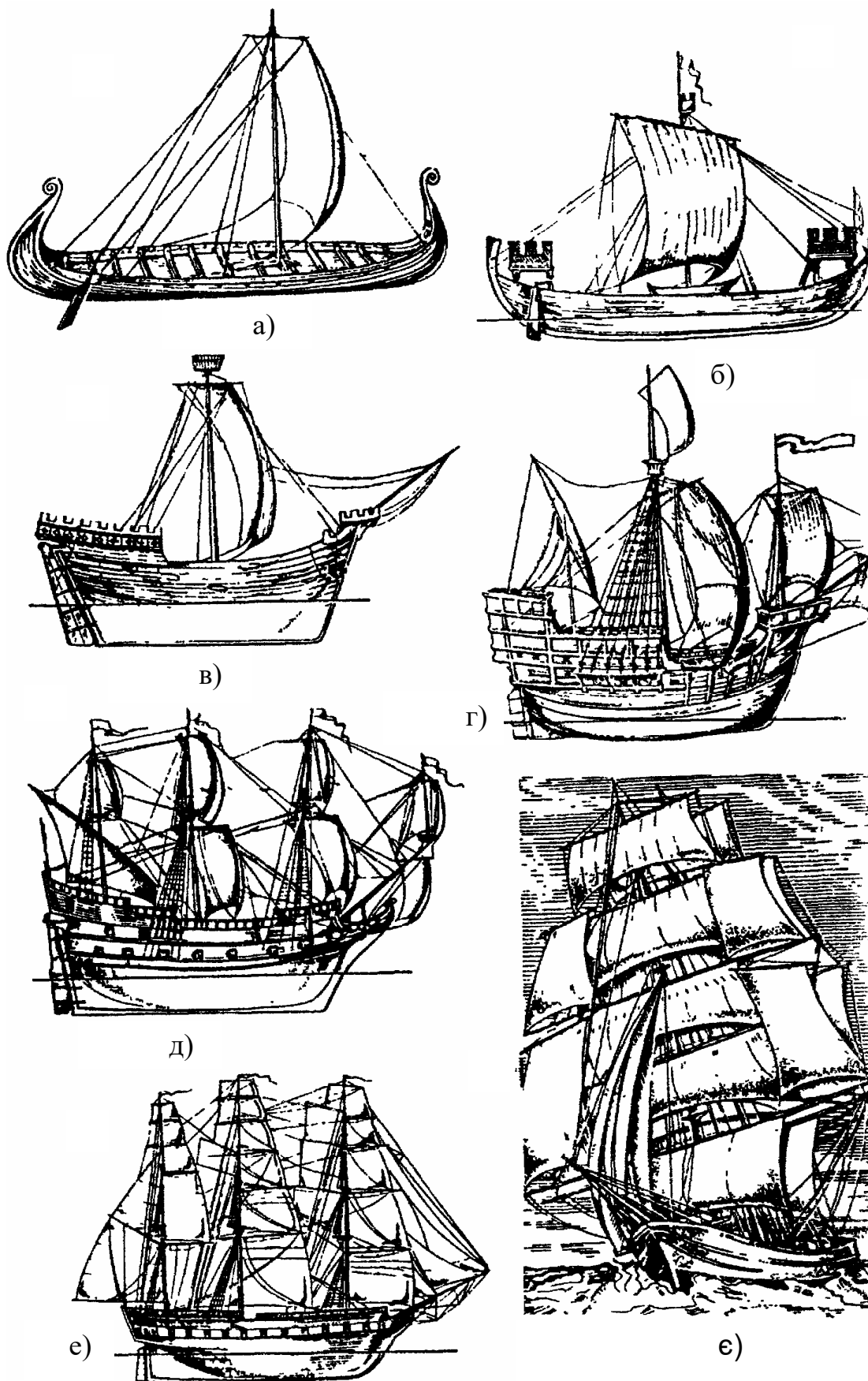


Рис. 2.47. Еволюція гребних і вітрильних судів: а – судно вікінгів; б – неф; в – однощогловий когг; г – каракка часів Колумба; д – флейт; е – фрегат; е - кліпер

(рис.2.47, б). Вони мали однакову форму носа і корми, рушієм служило пряме вітрило. Кермове весло було встановлено на правому борті. З кінця XII в. на носі і кормі нефів установлювалися надбудови - вежі.

У XIII - XV ст. ганзейські купці будували когги - високобортні однощоглові судна з вертикальними фор- і ахтерштевнями (рис. 2.47, в). На носі і кормі когга розміщалися надбудови. Судно мало шарнірне кермо з румпелем, установлене по осі корпусу, що підвищувало його маневреність.

У XIV в. було винайдене трикутне вітрило, що одержало пізніше назву латинського. З'явилася каравели - трищоглові судна з латинськими вітрилами і шарнірним кермом. У цей же час будуються караккі (рис. 2.47, г). Вони мали високу надбудову на кормі, оснащувалися шарнірним кермом і вітрилами усіх видів: на носовій щоглі знаходилося пряме вітрило, на середній - одно - два прямих вітрила, на кормовій – латинське вітрило. На носі установлювали похилу щоглу - бушприт з невеликим прямим вітрилом.

На каравелах і каракках Васко да Гама, Колумб і Магеллан зробили великі географічні відкриття. Кораблі того часу були невеликі. Наприклад, флагманське судно Колумба "Санта Марія" мало довжину 23 м, ширину - 8,7 м, осадку - 2,8 м. Команда складалася з 90 чоловік.

Надалі змінилася кормова надбудова караккі, збільшилося число щогл і вітрил. Переважно почали використовуватися прямі вітрила. Основним типом військового корабля у XVII - XVIII ст. став галіон, а торгового - флейт (рис. 2.47, д). Торгівля з Індією викликала необхідність у створенні кораблів "ост-індійського" типу. Це були не дуже швидкохідні, але вантажопідйомні судна. Для захисту від піратів їх озброювали гарматами, на щоглах ставили по три або чотири прямих вітрила, на кормовій щоглі - косе гафельне вітрило, на носі - латинські. За аналогією з військовими кораблями такої ж самої схеми описані судна називали фрегатами (рис. 2.47, е). Потреби перевезень чаю з Індії вимагали створення особливо швидкохідних кораблів, якими стали кліпери (рис. 2.47, є). Кліпери мали вузький корпус, розвинене вітрильне озброєння. Вантажопідйомність їх сягала 2000 т., швидкість - 18 вуз.

Вітрильний флот в значній мірі залежав від погодних умов. Необхідні були рушій і джерело енергії більш ефективні ніж вітрила і вітер.

У 1661 р. англійці Тугуд і Хітс запатентували рушій для суден, який, по суті, являв собою насос-водомет. У 1681 р. англійський учений Р. Гук запропонував використовувати в якості рушія гребний гвинт із плоскими лопатями. З появою парового двигуна виникло прагнення оснастити ним судно. Першим це спробував зробити Д. Папен. У 1707 р. він створив паровий бот. Але машина Папена могла тільки качати воду, тому винахідник використав частково занурене гребне колесо, на верхню частину якого подавалася вода від парової машини, в результаті чого колесо оберталось. Двигун мав суттєві недоліки, швидкість переміщення судна була недостатньою. У 1736 р. англієць Джонатан Гуль спробував установити на судні

машину Ньюкомена, що приводила гребне колесо (рис. 2.48), але теж зазнав невдачі.

Після появи машини Уатта почались нові спроби створення пароплава. Пропонувались декілька варіантів рушія: гребні колеса, гвинт Архімеда (Дю-Кюе, 1731 р.), гребні лопатеві гвинти (Д. Бернуллі, 1752 р., Д. Брама, 1785 р.). У 1781 р. на річках Соні і Сені успішно пройшов випробування колісний пароплав француза Клода Жофруа д'Аббана. У 1787 р. американець Фітч побудував бот з паровим двигуном шести пар гребних весел (рис. 2.49). При випробовуваннях на р. Делавар він розвив швидкість 4,85 км/год. У 1787 р. Рамзей створив і випробував на р. Потомак парове судно з водометним рушієм, яке мало швидкість близько 4,5 км/год. Незважаючи на певні досягнення, створити судно краще вітрильного у XVIII в. не удалось, що пояснювалось недосконалістю рушіїв і парових машин, а також відсутністю методик їх теоретичних розрахунків. Водний транспорт залишався вітрильним і дерев'яним.

Першим практично придатним пароплавом стало колісне судно Р.Фултона (1765 - 1815 рр.), побудоване у 1803 р. Пароплав розвивав швидкість до 5 км/год і ходив по р. Сена в Парижі. Пізніше Фултон виїхав у США й у 1807 р. створив колісне судно з машиною Уатта "Пароплав північної ріки з Клермонта", відоме під скороченою назвою "Клермонт". Довжина пароплава дорівнювала 43 м, ширина 4,3 м, потужність парової машини 20 к.с., водотоннажність 79 т, гребні колеса з нерухомими лопатями мали діаметр 4,57 м. Схема силової установки судна показана на рис. 2.50. Упродовж першого рейса воно пройшло 270 км за 32 години при швидкості 6,3 км/год. Незабаром почався регулярний рух "Клермонта" по Гудзону.

У 1811 р. був побудований перший пароплав у Великобританії, а в 1815 р. - у Росії. У Петербурзі судно "Єлизавета" (рис. 2.51) здійснювало періодичне сполучення між Петербургом і Кронштадтом. Пароплав (або як тоді говорили - піроскаф) був виготовлений на заводі Ч. Берда і являв собою дерев'яний човен з паровою машиною Уатта, оснащеною балансиrom потужністю 16 к.с. Рушієм служили гребні бортові, металеві колеса діаметром 3,66 м. Швидкість корабля складала 9,7 км/год.

У 1819 р. пароплав "Савана" (рис. 2.52) довжиною 33 м, валовою місткістю 320 т, з машиною 80 к.с. за 26 днів зробив частково під вітрилами перший рейс через Атлантику із США у Великобританію, а трохи пізніше в цьому ж році "Савану" побачили у Петербурзі.

Першим судном, що пересікло у 1838 р. Атлантику без вітрил, став пароплав "Сиріус" з валовою місткістю 703 т. (рис. 2.53). Плавання з англійського порту Корк до Нью-Йорка зайняло 18 діб і 10 годин. Дальність руху і швидкість парових суден поступово збільшувалися. У 1825 р. пароплав "Ентерпрайз" за 113 днів виконав рейс Лондон - Калькутта, а в 1829 р. пароплав "Кюрасо" пройшов з Нідерландів у Вест-Індію за 32 дні. У 1842р. на пароплаві була здійснена перша навколосвітня подорож.

Окрім рушія, що приводився парою, на пароплавах до кінця XIX в.

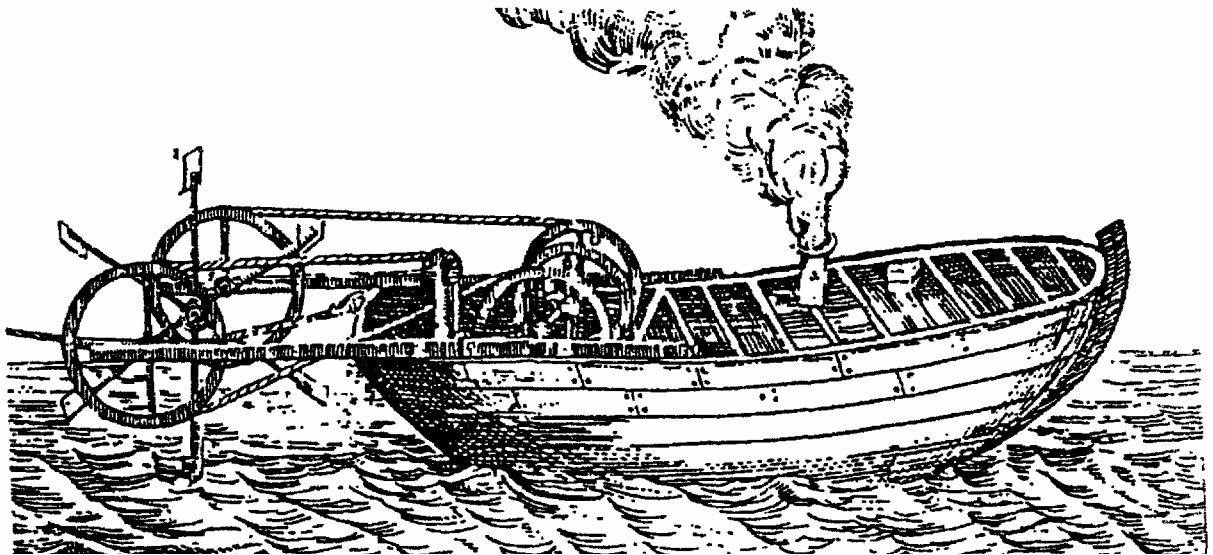


Рис. 2.48. Катер Д. Гулля (1736 р.)

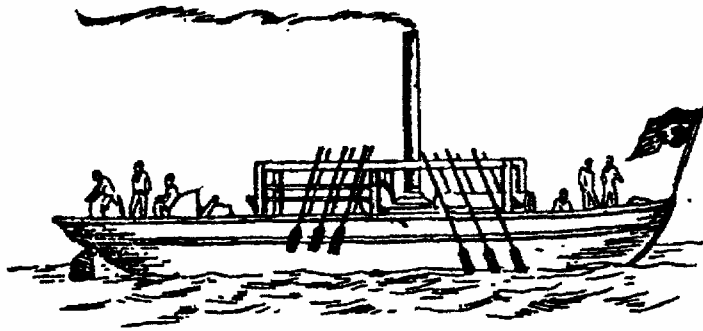


Рис. 2.49. Пароплав Фітча (1787 р.)

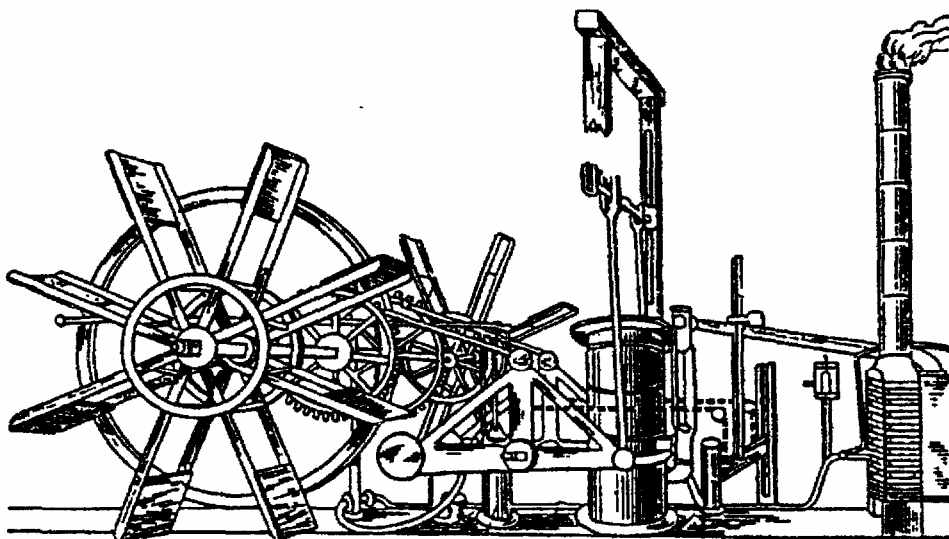


Рис. 2.50. Схема силової установки пароплава „Клермонт”

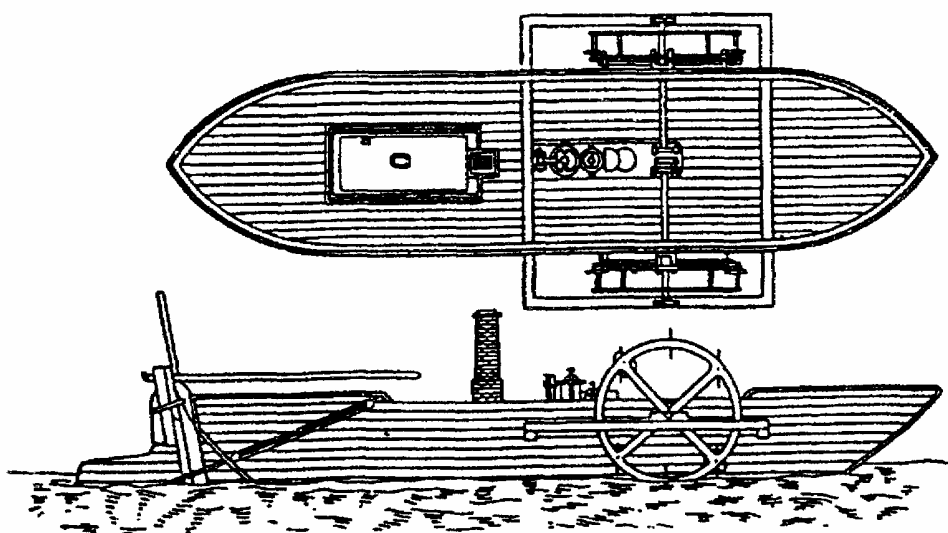


Рис. 2.51. Перший російський пароплав „Єлизавета”

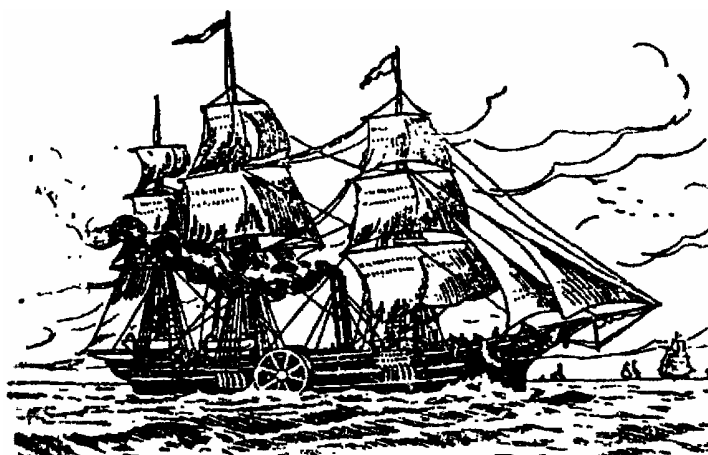


Рис. 2.52. Пароплав „Саванна” – перший трансатлантик

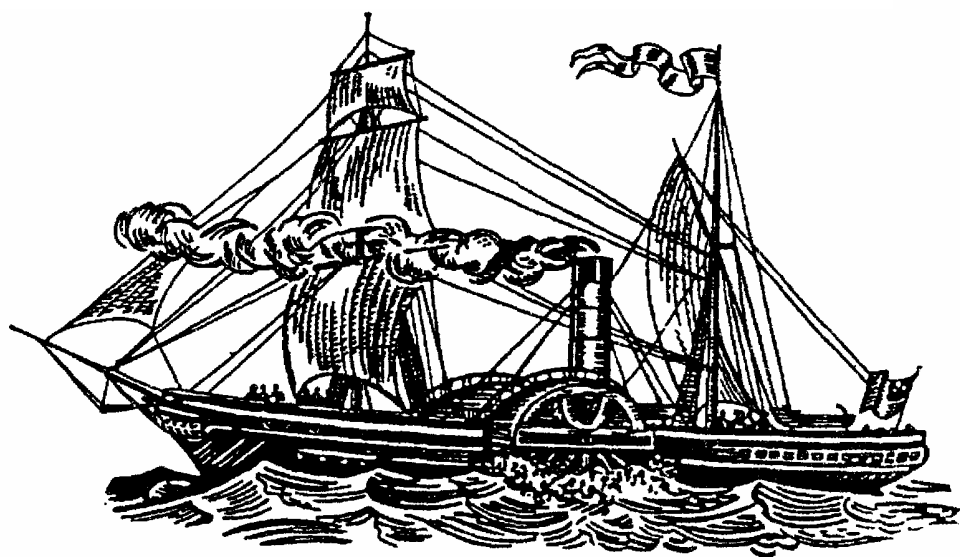


Рис. 2.53. Пароплав „Сиріус”

зберігалося і при необхідності застосовувалося вітрильне озброєння.

Довгий час судна будувалися практично цілком з дерева. З 1707 р. корпуси кораблів стали захищати мідними пластинами, але широке використання металу в конструкції суден почалося наприкінці XVIII в. У зв'язку зі збільшенням розмірів суден, на початку XIX в. була реалізована комбінація металевого каркаса корпусу і дерев'яної зовнішньої обшивки. Палубний настил також виготовлявся з дерева. У 1822 р. було створено цілком металеве парове судно, але широке будівництво подібних кораблів почалося тільки в 50-х рр. XIX в. У 1834 р. в корпусі судна були уперше установлені металеві водонепроникні перегородки. Як річкові, так і морські судна спочатку будувалися з гребними колісьми. Однак, у зв'язку з тим, що на морі колеса часто ламалося хвилями, наприкінці 50-х рр. їх замінили гребними гвинтами. На річкових суднах колеса збереглися трошки довше.

Гребний гвинт пройшов довгий шлях змін, перш ніж став ефективним рушієм. Були розроблені різноманітні конструкції гвинтів: спіральні - Й. Рессел (1826 р.), Ф. Сміт (1836 р.), співвісні лопатеві протилежного обертання - Д. Еріксон (1836 р.), гвинти регульованого кроку - В. Крофт (1844р.), змінного діаметра - Т. Окслей (1845 р.) і інші. Теорія гвинтового рушія була розроблена в 1827 р. Традголдом.

Перший практично придатний гребний гвинт винайшов і випробував у 1826 р. чех Йозеф Рессел (1793 -1857 рр.). Ресселу належить також ідея установки гвинта між кормою та кермом (рис. 2.54). У 1829 р. пароплав "Сова", оснащений машиною потужністю 6 к.с. і гребним гвинтом діаметром 1,88 м, довжиною 1,88 м і кроком 0,5 м здійснив перше плавання між Трієстом і Венецією.

Зростання розмірів суден обумовило необхідність збільшення потужності парових машин, а також їх удосконалення - використання багаторазового розширення пари, пари високого тиску і т.д. Наприкінці 50-х рр. американець І. Брюнель побудував гігантський металевий пароплав "Грейт Істерн" ("Великий східний") (рис. 2.55) із двома двигунами по 8300 к.с. кожен, який перетинав Атлантику за 11 днів [53]. Судно мало довжину 210,4 м, ширину 25,2 м, осадку 9,1 м, швидкість досягала 13 вузлів. "Грейт Істерн" перевозив до 4000 чоловік. Функцію рушіїв виконували гребні колеса діаметром 17 м, вітрила площею 5000 м<sup>2</sup> і гребний чотирилопатевий гвинт діаметром 7,3 м. Близько 30 років "Грейт Істерн" був найбільшим пароплавом у світі. У 1865 - 1874 рр. він використовувався для прокладки п'яти підводних кабелів по дну Атлантичного океану зі Старого у Новий Світ. У 1888 р. корабель був проданий на брухт.

В 1870 р. тоннаж парових суден складав лише 2,4 млн. т проти 15,3млн. т тоннажу вітрильників. Однак пароплави постійно розвивалися, тоді як вітрильники йшли до занепаду. До 1900 р. були побудовані парові судна водотоннажністю 20 тис. т зі швидкістю руху до 20 вузлів (близько 40 км/год.). Виникла необхідність у реконструкції портів і судноремонтних заводів, з метою підвищення їх продуктивності і пристосування до при-

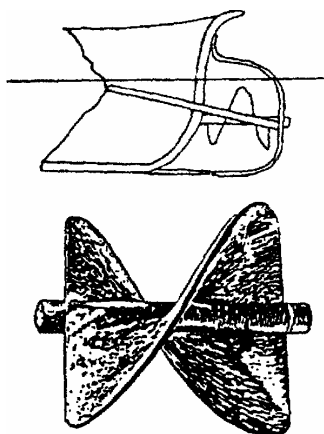


Рис. 2.54. Гвинт Й. Рессела

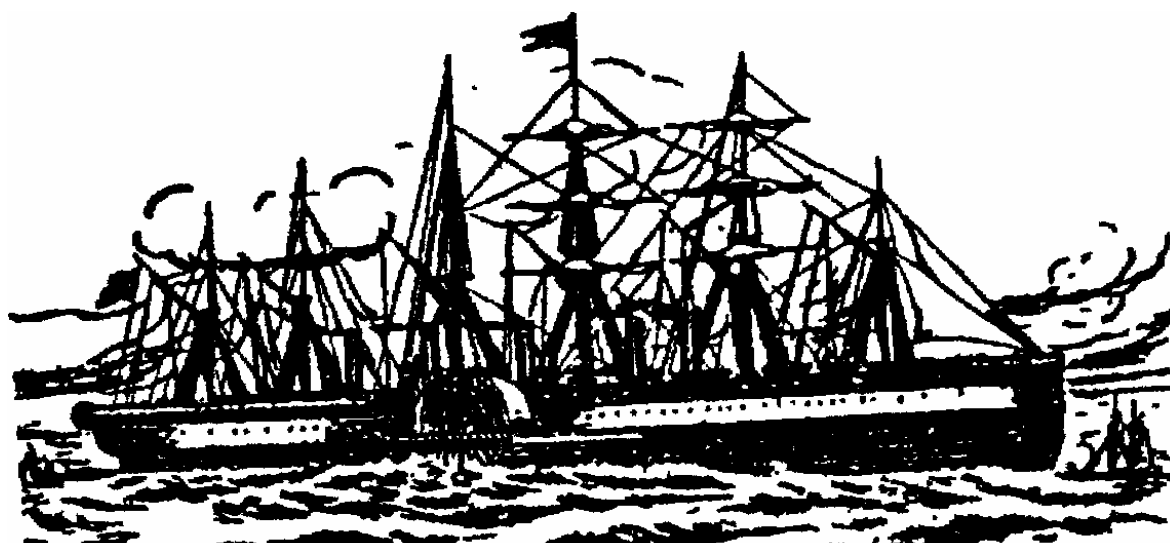


Рис. 2.55. Пароплав „Грейт Истерн”

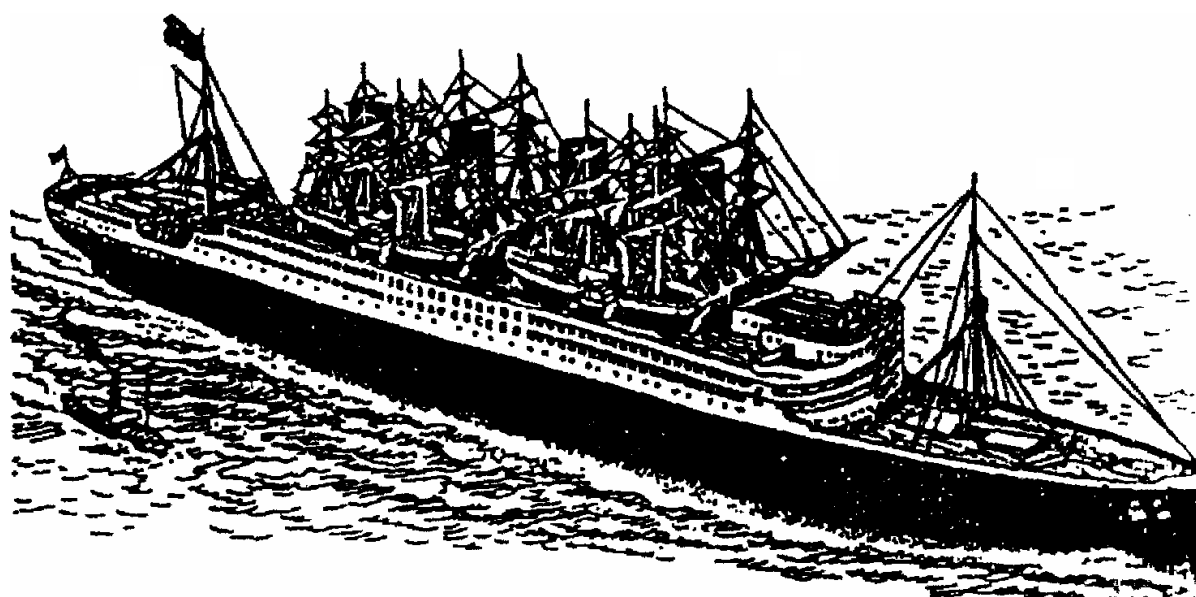


Рис. 2.56. Лайнер „Аквітанія”



ймання суден більших розмірів. Подальше удосконалювання суден пов'язане з установкою на них парових турбін. Перший корабель "Турбінія" з турбіною Ч. Парсонса потужністю 2000 к.с. був побудований в 1894 р. Він розвивав швидкість 32 вузли. У військовому суднобудуванні парова турбіна вперше була використана англієцями на броненосці "Дредноут" (1905 - 1906 рр.).

Одночасно з технікою суднобудування розвивалася і теорія корабля. Видатними теоретиками даної галузі інженерної діяльності були адмірал С.О. Макаров (1848 - 1904 рр.) - теорія непотоплюваності, академік А.Н.Крилов (1863 - 1945 рр.) - теорія морехідних якостей суден і інші.

Наприкінці XIX – на початку XX вв. розпочався наступний етап удосконалення енергоустановок кораблів, пов'язаний з установкою на них електротрансмій і створенням турбоелектроходів. Крім останніх, будуються судна з потужними дизельними двигунами - теплоходи. Перший океанський теплохід був спущений на воду у Данії в 1912 р. Дизелі і на початку XXI в. залишаються основним типом судового двигуна. Потужність судових тихохідних дизелів досягла 40000 к.с. і більше.

З 50-х рр. XX в. на кораблях стали використовувати газотурбінні двигуни. Разом з цим, 50-і рр. ознаменувалися появою атомних судових енергоустановок. Останні устатковуються на кораблях із сумарною потужністю на гребних валах понад 14500 кВт. ККД їх сягає 35%, а питома маса - 220 кг/кВт. У 1955 р. у США був спущений на воду перший атомний підводний човен "Наутилус". Водотоннажність "Наутилуса" складала 3180т при потужності силової установки 50 тис. кВт. Потужність на гребному валу - 9570 кВт, швидкість - 20 вузлів.

У 1957 р. в СРСР введений в експлуатацію перший атомний криголам "Ленін". Він безвідмовно прослужив до 1994 р. Судно мало водотоннажність 17277 т, довжину 134 м, швидкість на воді 19,7 вузлів, у льодах товщиною до 2,5 м - до 2 вузлів, потужність енергоустановки 32353 кВт, маса енергоустановки 1017 т. Досвід проектування й експлуатації "Леніна" використаний при будівництві більш потужних атомних криголамів другого покоління "Арктика", "Росія", "Сибір".

Перше атомне торгово-пасажирське судно "Савана" водотоннажністю 21 тис. т побудовано в США в 1960 р. Енергоустановка "Савани" потужністю 14700 кВт забезпечувала швидкість 21 вузол. Унаслідок помилок під час проектування, судно було виведено з експлуатації через 2 роки.

На початку XX в. гребні гвинти вже практично не відрізнялись від сучасних. Вони мають 3...6, а у великих суден - 7...8 лопатей. Діаметр гвинтів сягає 12 м. Дані рушії можуть оснащуватись знімними лопатями, що дозволяє проводити їх ремонт без заходу в док. Крім цього, гвинти великих кораблів, що приводяться потужними турбінами або дизелями, оснащуються пристроями, які забезпечують реверс тяги без реверса привода, в результаті чого підвищується маневреність судна (на судах з установками порівняно малої потужності з цією метою застосовують реверсивні редук-

тори, що змінюють напрямок обертання гребного вала).

Водний транспорт розвивається в декількох напрямках і ділиться за призначенням на такі категорії суден: для далеких морських й океанських перевезень вантажів і пасажирів, для прибережного (каботажного) плавання, для річкових перевезень.

Потреби далеких морських й океанських пасажирських перевезень вимагали будівництва великих і швидкісних (до 30...35 вузлів) суден, що перевозили з різним ступенем комфорту тисячі пасажирів. Подібні кораблі створювалися в основному у Великобританії, США, Німеччині, Італії і були в свій час великими досягненнями інженерної думки. Назви їх досить відомі: "Борусія", "Бремен", "Британія", "Титанік", "Куїн Мері", "Куїн Елізабет", "Левіафан", "Леонардо да Вінчі", "Лузітанія", "Нормандія", "Аквітанія" і багато інших. Розміри названих суден значно перевищували габарити перших пароплавів. На рис 2.56 зображена "Аквітанія" (рік завершення будівництва 1914, валова місткість 45647 т, потужність турбін 62000 к.с., швидкість 23,5 вузли), на палубі якої - для порівняння - вільно розмістилися чотири пароплави середини позаминулого сторіччя, а поруч показаний першопрохідник Атлантики "Сиріус". Найбільшими пасажирськими суднами на даний момент є "Куїн Мері" і "Куїн Елізабет" (технічні дані останніх двох, а також ряду інших лайнерів приведені в табл. 2.1).

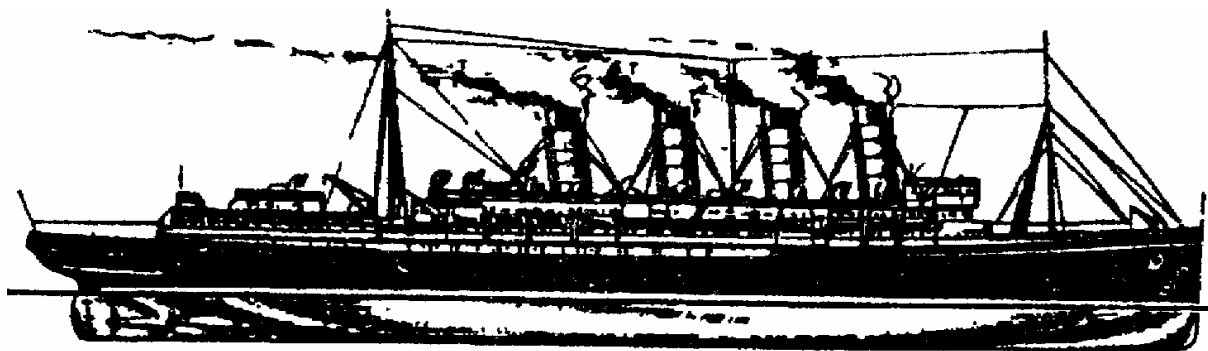
Розвиток авіації змінив пріоритети в напрямках використання пасажирського океанського транспорту - він перетворився у засіб для круїзів та туризму, для якого головним є не швидкість, а комфорт. Змінилася архітектура суден (рис. 2.57). Одночасно поширення одержали вантажні судна, що здійснюють міжконтинентальні океанські і морські перевезення.

Розвиток транспортного флоту йде шляхом збільшення швидкості суден, їх розмірів, вантажопідйомності, розширення спеціалізації. З'явилися морські пороми (рис. 2.58), що перевозять пасажирів, автомобілі і поїзди на порівняно невеликі відстані. У 60 - 70-х рр. почали використовуватись спеціалізовані судна - сухогрузи, танкери, контейнеровози, газовози - для перевезення зрідженого газу (рис. 2.59), ліхтеровози. За даними на початок 1978 р. весь світовий транспортний флот складався з 32239 суден сумарною валовою місткістю 364774 тис. т. Із загального числа кораблів 65% мали місткість до 4000 т, але їх сумарна місткість складала лише 13% тоннажу світового флоту. Валова місткість великих сухогрузів і танкерів сягала 80% загального тоннажу. Найбільший танкер був побудований у 1979 р. у Японії. Повна вантажопідйомність його складає 555000 т. Найбільший сухогруз має повну вантажопідйомність 365000 т при швидкості руху порядку 35...40 вузлів. Потужність силових суднових установок виросла до 100 тис. кВт.

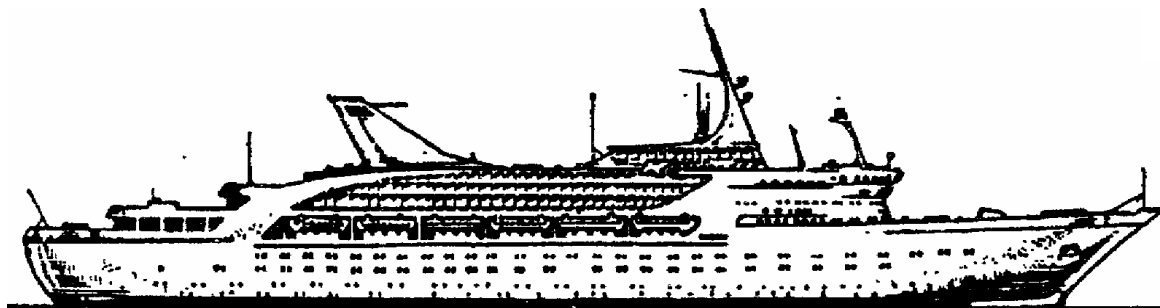
Сучасні кораблі мають високий ступінь автоматизації дизельних, газотурбінних і атомних енергоустановок, насичені комп'ютерами, електронними та супутниковими засобами навігації.

Судна, місткість яких складає 70% валової місткості світового флоту,



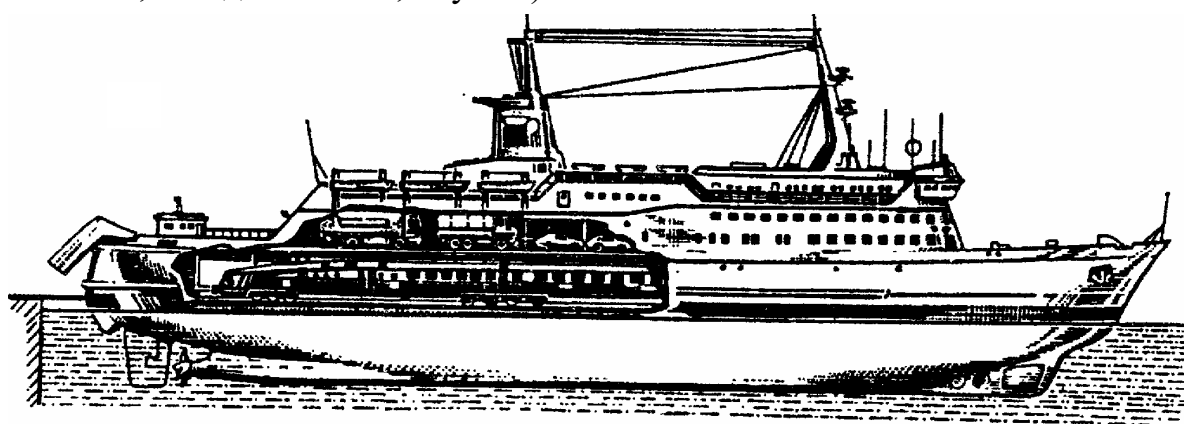


а)

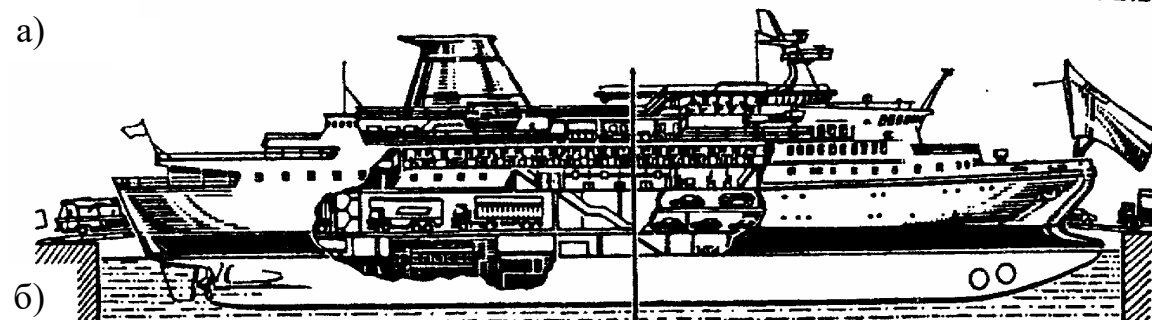


б)

Рис. 2.57. Зміни в архітектурі суден: а - пасажирське парове швидкохідне судно „Мавританія” (1907 р., потужність - 68 тис.к.с., 2200 пасажирів, вал. місткість - 31900 т, швидкість - 25 вузлів); б - круїзне судно „Саутворд” (1971 р., потужність 12783 кВт, 750 пасажирів, вал. місткість 13000 т, швидкість – 21,5 вузлів)



а)



б)

Рис. 2.58. Морські пороми: а – „Рюген”; б – „Готланд”

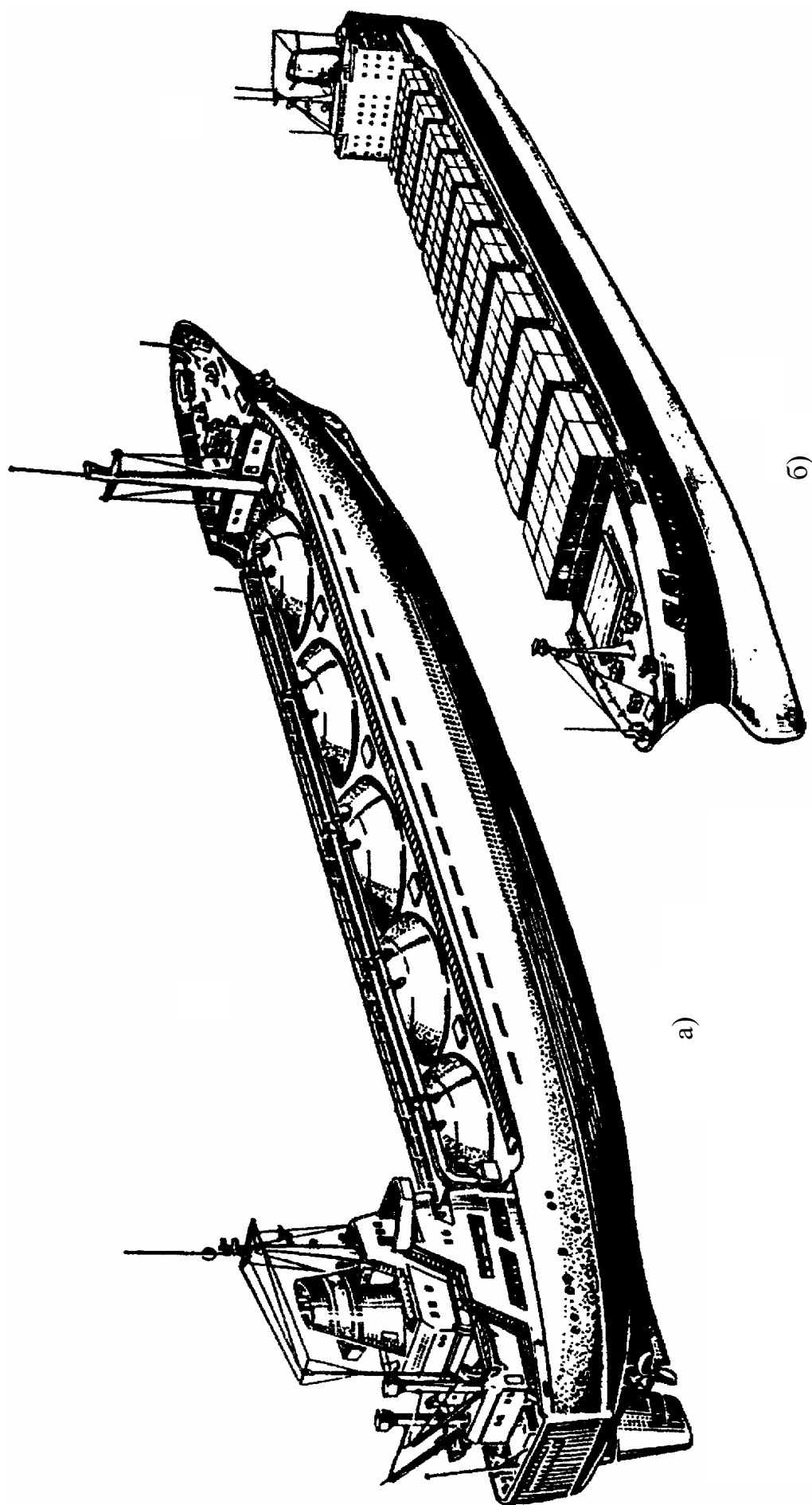


Рис. 2.59. Газовоз зі сферичними танками (а) та контейнеровоз (б)

плавають під прапорами 10 держав - Ліберії, Панами, Японії, Великобританії, Греції, Норвегії, США, Італії, Франції і ФРН.

У 50-х рр. водний транспорт одержав судна на підводних крилах (СПК), що мають швидкість до 100 км/год. В СПК підводне крило при русі піднімає корпус над водою, в результаті чого різко зменшується опір води переміщенню. Схема СПК була запатентована в 1891 р. у Росії інженером Ш. де Ламбером. Перше судно даного типу побудоване Е. Форланіні в 1906 р. Швидкість його досягала 71 км/год. У 1918 р. А.Г. Белл побудував СПК, що розвело швидкість 114 км/год. Наприкінці 30-х рр. у Німеччині інженерами Титьєнсом і Шертелем проводились інтенсивні роботи зі створення дослідних моделей СПК. Однак широке практичне використання підводних крил почалося тільки в 50-х рр. Теорію СПК розробили М.В.Келдиш, Н.Є. Кочин, М.А. Лаврентьев і інші. У 1957 р. під керівництвом Р.Е.Алексєєва було створено перше серійне річкове СПК "Ракета". Приблизно через 10 років побудовані перші морські СПК з автоматично керованими крилами (рис. 2.60). Найбільше судно даного типу належить США. Воно має повну вантажопідйомність 314 т і швидкість до 50 вузлів. Сучасні СПК розвивають швидкості до 100...130 км/год. Подальшому її збільшенню перешкоджає кавітація крила – так званий "кавітаційний бар'єр". Останнє привело до розробки та будівництва швидкісних суден на повітряній подушці (СПП), у яких корпус піднімається над водою за рахунок проміжного шару стисненого повітря, створеного нагнітачами.

Принцип, закладений в основу СПП був сформульований ще в XVIIIв. шведом Е. Сведенборгом, що випередив можливість створення таких кораблів на два століття. Теорія СПП була в основному розроблена К.Е.Цюлковським у 1927 р., але перший зразок судна побудований і випробуваний в СРСР тільки в 1935 р. під керівництвом В.І. Левкова. Аналогічні розробки у Великобританії проводив К. Кокерелл. Будова СПП показана на рис. 2.61. Широке використання даних кораблів почалося в 50-60-х рр. XX в. Швидкість їх складає до 70 вузлів. Рекорд швидкості - 91,9 вузла (170,2 км/год.), - установленний в 1980 р. у США.

У 80-х рр. через Ла-Манш курсували п'ять 190-тонних поромів на повітряній подушці зі швидкістю до 100 км/год. У СРСР було побудоване СПП вантажопідйомністю 900 т, а в США для військово-морських сил компанією "Белл аероспейс" у 1981 р. створено 3000-тонне судно.

Перспективами розвитку водного транспорту є подальше удосконалення гідродинаміки корпусів кораблів і архітектури надбудов, поліпшення характеристик силових установок і гребних гвинтів, автоматизація керування рухом, впровадження сучасних систем навігації. Перспективними є розробки морських пасажирських СПК з водно-реактивними силовими установками, які забезпечують швидкості 45...50 вузлів, а також вантажних гігантів з водотоннажністю в сотні тисяч тонн. Найбільш ефективними з точки зору зменшення витрат на паливо є проекти суден з атомними енергоустановками потужністю 80... 100 тис. к.с., а у майбутньому – і до

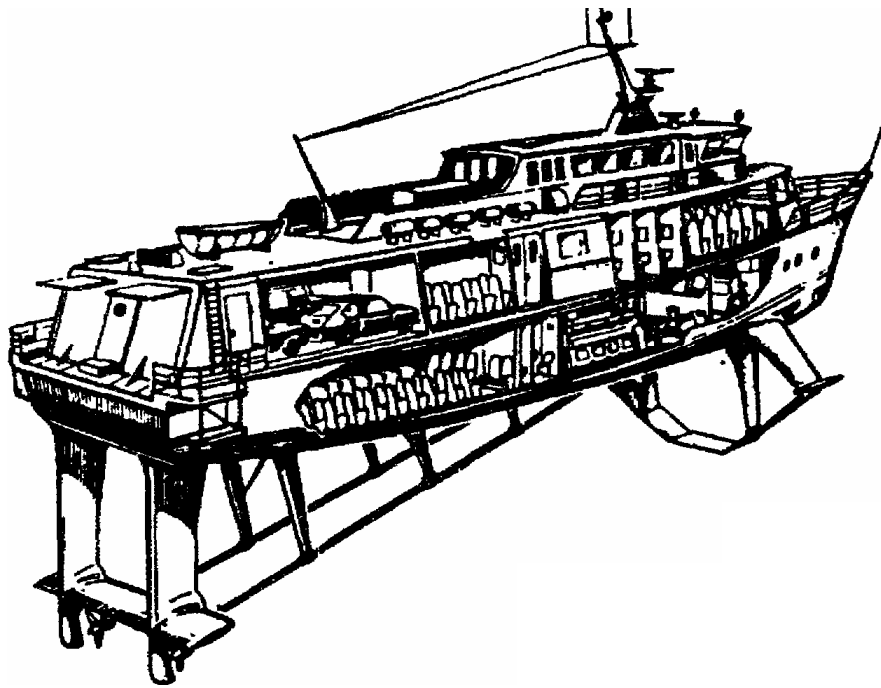


Рис. 2.60. Морське судно на підводних крилах

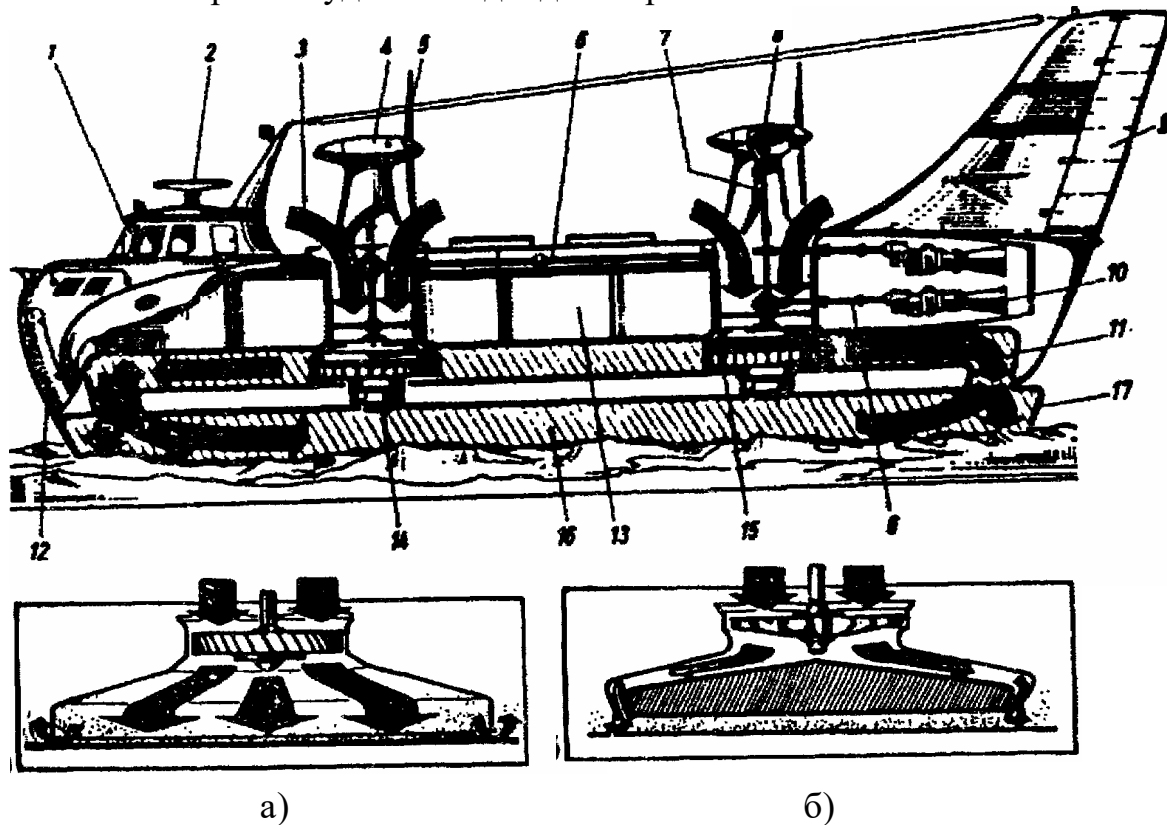


Рис. 2.61. Судно на повітряній подушці: а - камерна схема; б - соплова схема утворення повітряної подушки; 1 – кабіна; 2 – локатор; 3 - вхід повітря; 4 - поворотні пілони; 5 - повітряні гвинти; 6, 7 – приводні вали; 8 - конічна передача, 9 – стабілізатор; 10 - газові турбіни; 11 - подача повітря в подушку; 12 - вантажний люк; 13 - пасажирське приміщення; 14 – редуктор; 15 – нагнітач повітря; 16 - повітряна подушка; 17 – спідниця

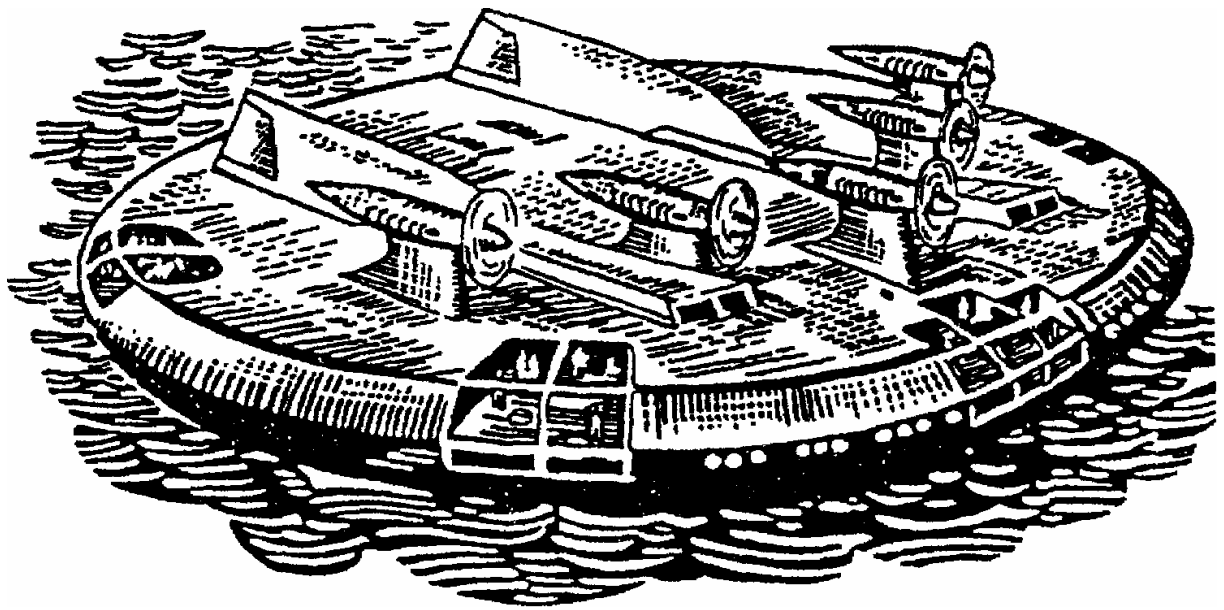


Рис. 2.62. Проект океанського судна на повітряній подушці

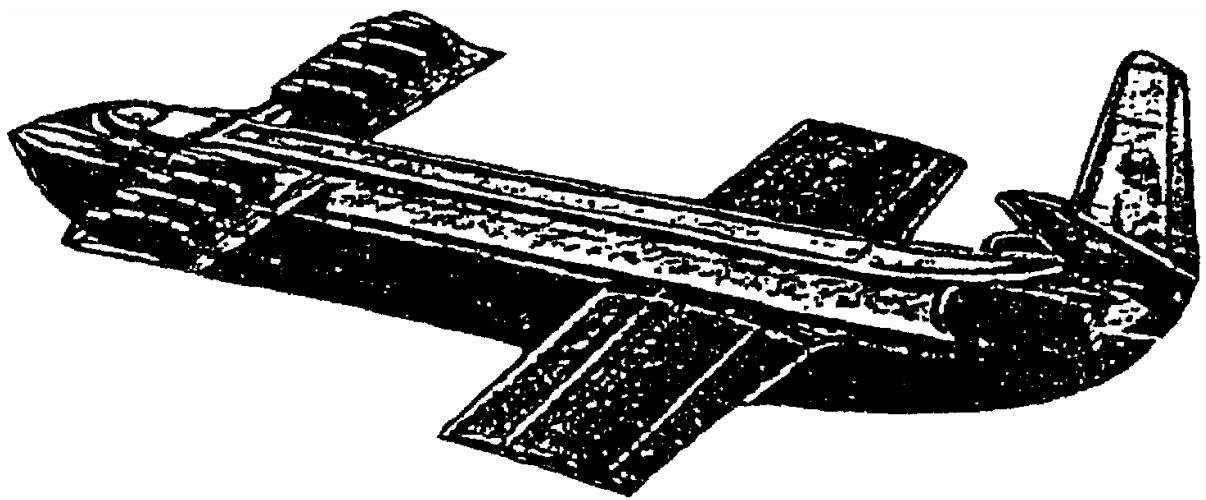


Рис. 2.63. Проект екраноплана



240тис. к.с. Вже зараз розробляються СПП великої водотоннажності, здатні розвивати швидкість до 185 км/год. (рис. 2.62), а також екраноплани (рис. 2.63), що є гібридом літака і судна. Перший вітчизняний екраноплан СМ-1 був спроектований у 1960 р. і випробуваний у 1961 р. У 1966 р. розроблений 540-тонний екраноплан КМ, побудовані і випробувані його моделі.

Прагнення зменшити опір руху корабля привело до появи проектів з малою площею ватерлінії, у яких корпус піднятий над водою на пілонах. Можливі й інші, у тому числі екзотичні проекти. Зокрема, ведуться дослідження вітрильних суден з електромеханічними пристроями установки вітрил, керованими комп'ютером і резервною силовою установкою, що працює на гвинтовий рушій.

### 3. Підйомно - транспортні машини

Підйомно - транспортні машини мають багатовікову історію [54, 55]. Уже на скельних рисунках первісної людини зображені криничні комір і журавель - прототипи сучасних вантажопідйомних пристроїв. Першими засобами для переміщення великих мас були важелі, ковзанки і похилі площини, відомі ще з далекої давнини. Їх використовували при будівництві масивних споруджень - храмів, пам'ятників, дольменів. За 4000 років до н.е. у Китаї при зведенні споруджень і для підйому води з колодязів використовувалися важелі і поліспасти. Аналогічні пристрої існували і на Середньому Сході. Споруди древніх в Єгипті та Греції будувалися з елементів, що мали величезні маси. Підйом та установка їх і зараз були б складною задачею. Так, піраміда Хеопса, споруджена за II тис. рр. до н.е., - має висоту 147 м і складена з вапнякових блоків масою до 30 т кожний. Плити Баальбекської тераси мають довжину до 20 м і масу більше 1000 т. Статуя Рамзеса II важить близько 700 т. У храмі Зевса були встановлені колони з порфіру масою 360 т. Зведення названих споруд здійснювалося за допомогою клинців, ковзанок, похилих площин, важелів з різними плечима, систем поліспаств і вимагало значної кількості людей.

Широкий розвиток підйомні пристрої одержали в древній Греції. Герон Олександрійський у XI в. до н.е. описав лебідки і ручні підйомні крани з дерева. У працях Аристотеля (IV в. до н.е.) згадується про використання систем поліспаств. Величезні важелі з різними плечима першого роду (за типом криничного журавля) з гаками застосовувалися Архімедом у Сіракузах (III в. до н.е.) для перекидання римських кораблів.

Поряд з найпростішими пристроями - важелями, клинцями, ковзанками з'явилися і спеціальні підйомні системи: коміри з ручним приводом (XII в. до н.е.), блоки (VII в. до н.е.), коміри з черв'ячними, ланцюговими і зубчастими передачами (II в. до н.е.). На рис. 3.1 показана установка обеліска за допомогою ручних комірів. З праць Вітрувія (I в. до н.е.) відомо, що римляни широко застосовували коміри, поліспасти і поворотні крани з ручним і кінним приводом, а також приводом від ступальних (топчакових) (рис. 3.2, а) і водяних коліс.

Складні вантажопідйомні роботи виконувалися й у Росії. У XI в. для підйому вантажів при зведенні Софійського собору в Новгороді були використані системи поліспаств. За допомогою поліспаств, важелів і комірів на дзвіницю Московського Кремля у 1677 р. був піднятий Великий Успенський дзвін масою 130 т, а в 1769 р. із застосуванням аналогічних пристосувань у Петербурзі пересунений на значну відстань камінь для підстави пам'ятника Петру I розміром  $15 \times 9 \times 7$  м і масою близько 1000 т. Під камінь були підведені жолоби, обшиті мідними листами, а також мідні кулі.

З глибокої стародавності відомі і машини безупинного транспортування - водопідйомні колеса і скребкові лотки. Пізніше з'явилися і ковшові підйомники – прототипи сучасних елеваторів, що приводилися в рух силою рабів, тварин, води або вітру.

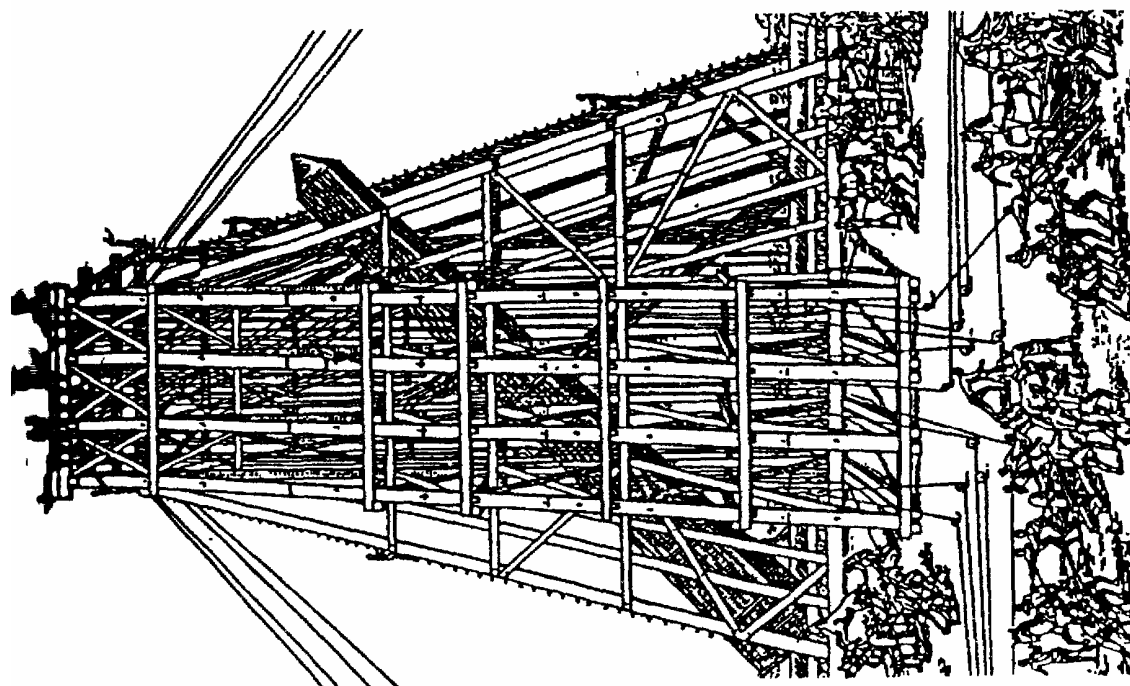


Рис. 3.1. Установка обеліску з використанням коловоротів

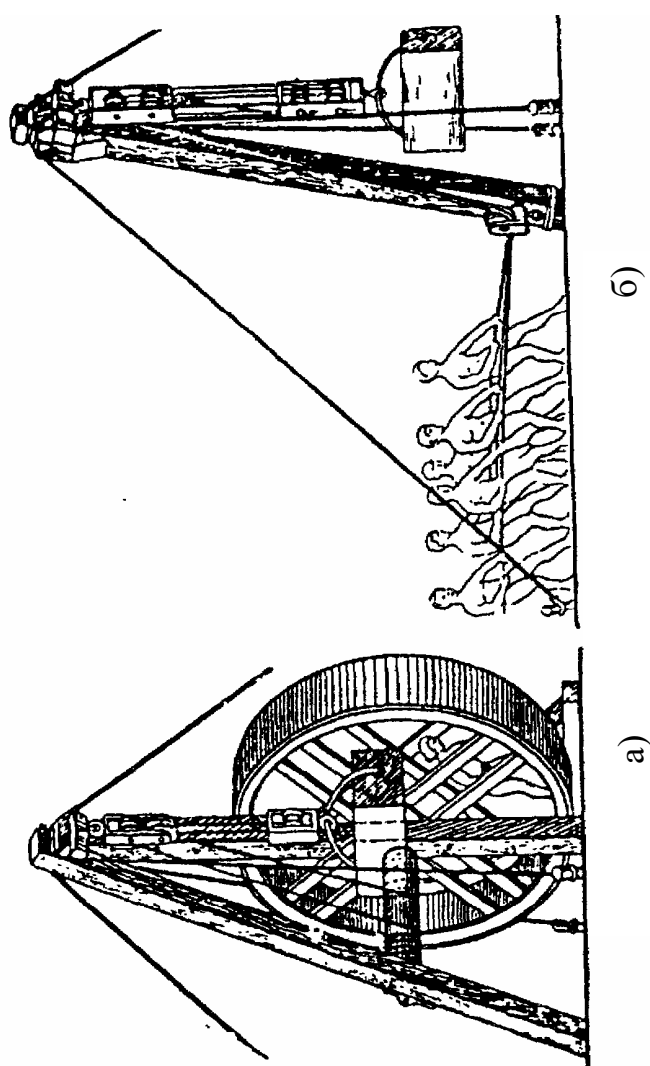


Рис. 3.2. Давньоримські підйомні машини: а — зі ступальним колесом; б — з поліспастом

Перше згадування про ковшовий водопідйомник - відерний ланцюг (рис 3.3) - відноситься до II в. до н.е. Тяговим елементом підйомника служили канати з рослинних волокон, а ковшами - горщики з обпаленої глини. У древніх Китаї й Індії для підйому води використовувалися ланцюгові насоси - прототипи скребкових конвеєрів. Вони склалися з дерев'яних шарнірних ланцюгів і шкребків, якими вода піднімалася вгору по похилому жолобу. Для водопідйому служив також і архімедів гвинт (рис. 3.4).

Для підйому вантажів із шахт застосовували підйомники з приводом від водяних коліс (рис. 3.5) або з кінним приводом (рис. 3.6).

Збільшення глибини шахт у XIX в. обумовило необхідність змін в техніці відкачування води і підйому вантажів, основою якої стала парова машина. Парові машини використовувались спочатку як шахтні насоси, а з 20-х рр. – і в якості привода шахтних підйомних установок. У цей період були створені шахтні парашути, які при обриві канатів або відмові гальм підйомника затримували клітку, що падає. При зростанні глибини шахт прядив'яні канати і ланцюги вже не забезпечували необхідної безпеки і надійності підйому. Вони були замінені сталевими дротовими канатами, що винайшов у 1834 р. німецький гірничий інженер В. Альберт (1787 - 1846рр.). Уперше канати були використані на руднику "Кароліна" у Рурі.

Розвиток машинобудівного виробництва, важкої техніки і парових суден вимагав створення відповідних за потужністю вантажопідйомних пристроїв у промисловості, будівництві, на залізницях і в портах. В результаті цього, з'явилися металеві стрілові крани з паровим, а наприкінці XIX в. – і з електричним приводом.

До підйомно - транспортних машин відносяться:

**Вантажопідйомні машини**, призначені для вертикальних переміщень вантажів та установки їх на транспортні пристрої або на технологічне устаткування. Дану функцію виконують різноманітні крани, що працюють на операціях завантаження суден, вагонів, вантажівок, а також у цехах заводів.

**Транспортуючі машини (конвеєри)** - пристрої безупинного переміщення штучних або насипних вантажів на великі відстані. Область їх застосування - гірничодобувна промисловість, машинобудування (складальні і транспортні міжопераційні конвеєри) і т.д.

**Підйомно - транспортні засоби**, що використовуються для завантаження - розвантаження об'єктів різних форм та габаритів в контейнерних терміналах, морських портах, складах різного призначення, а також – в якості основних засобів механізації автоматизованого виробництва (промислові роботи, маніпулятори, автооператори, вібробункери, конвеєри, транспортери, магазини-накопичувачі тощо). Велике число різних конструкцій пристроїв даного типу, обумовлене значними відмінами в характері і специфіці їх роботи, а також різницею мас, габаритів і властивостей переміщуваних вантажів, унеможливорює їх розгляд у даному посібнику.

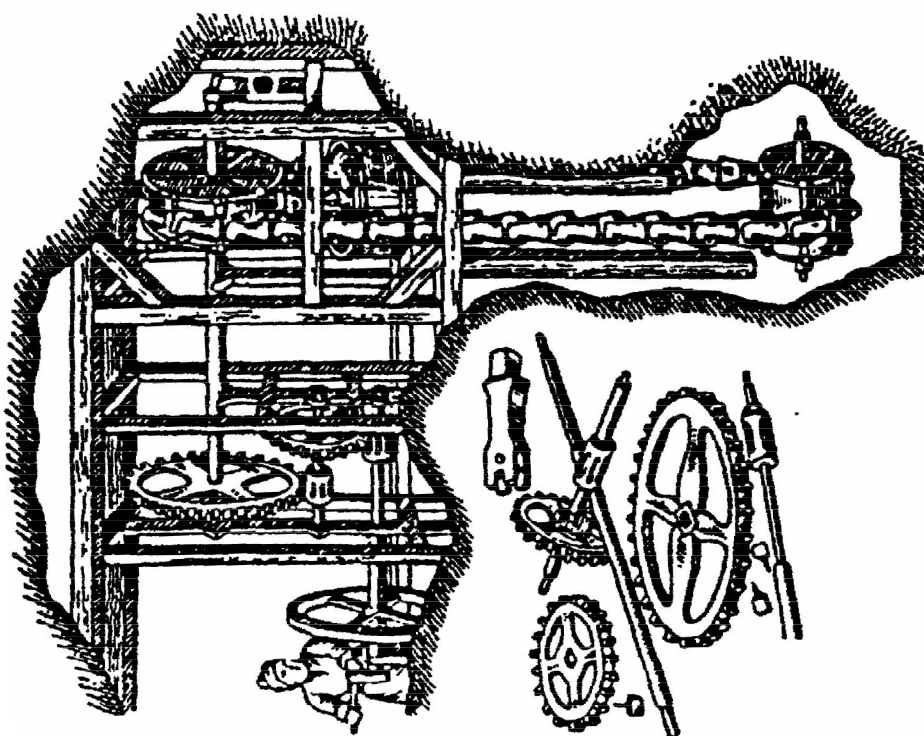


Рис. 3.3. Ковшовий елеватор для підйому води

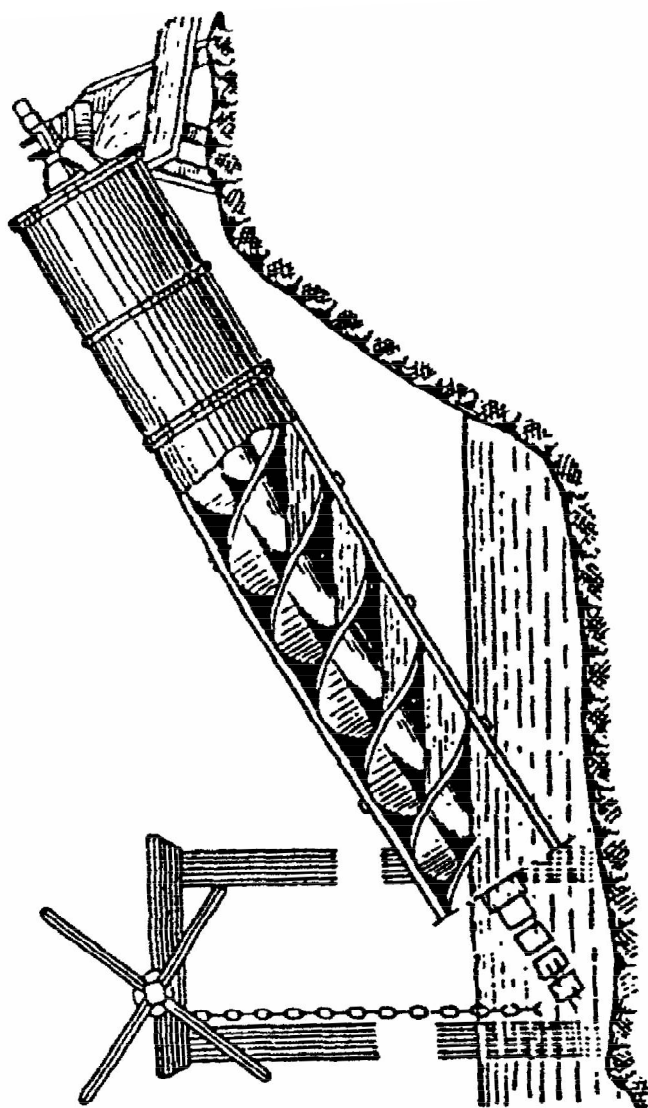


Рис. 3.4. Архімедів гвинт

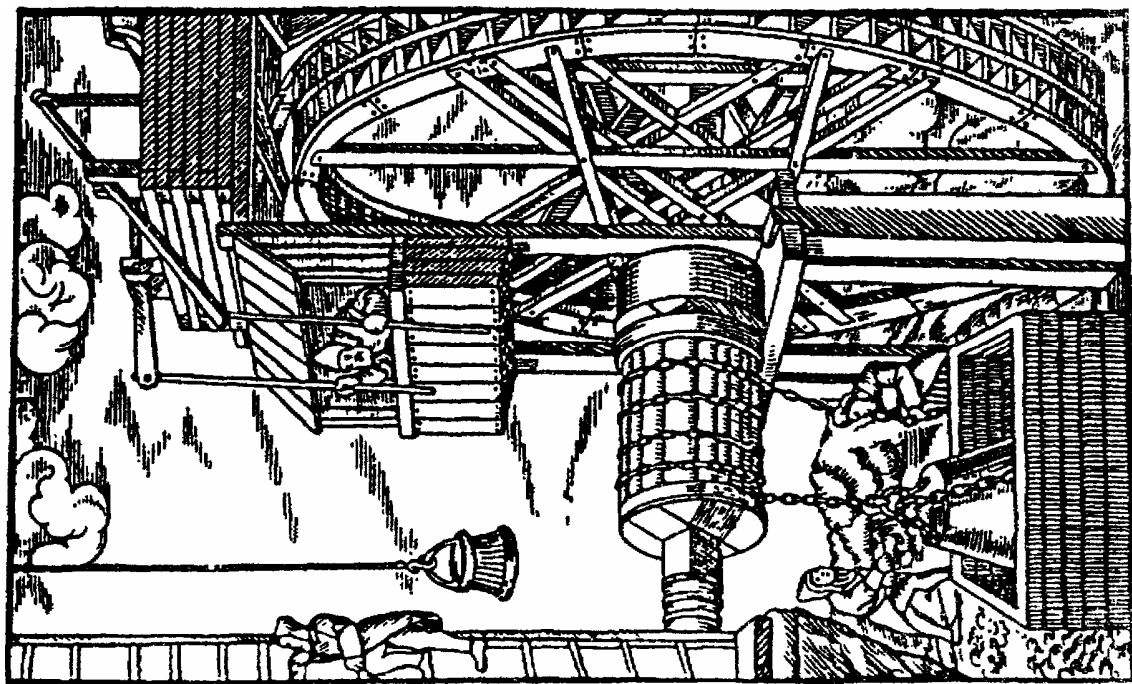


Рис. 3.5. Підйомник з водяним колесом

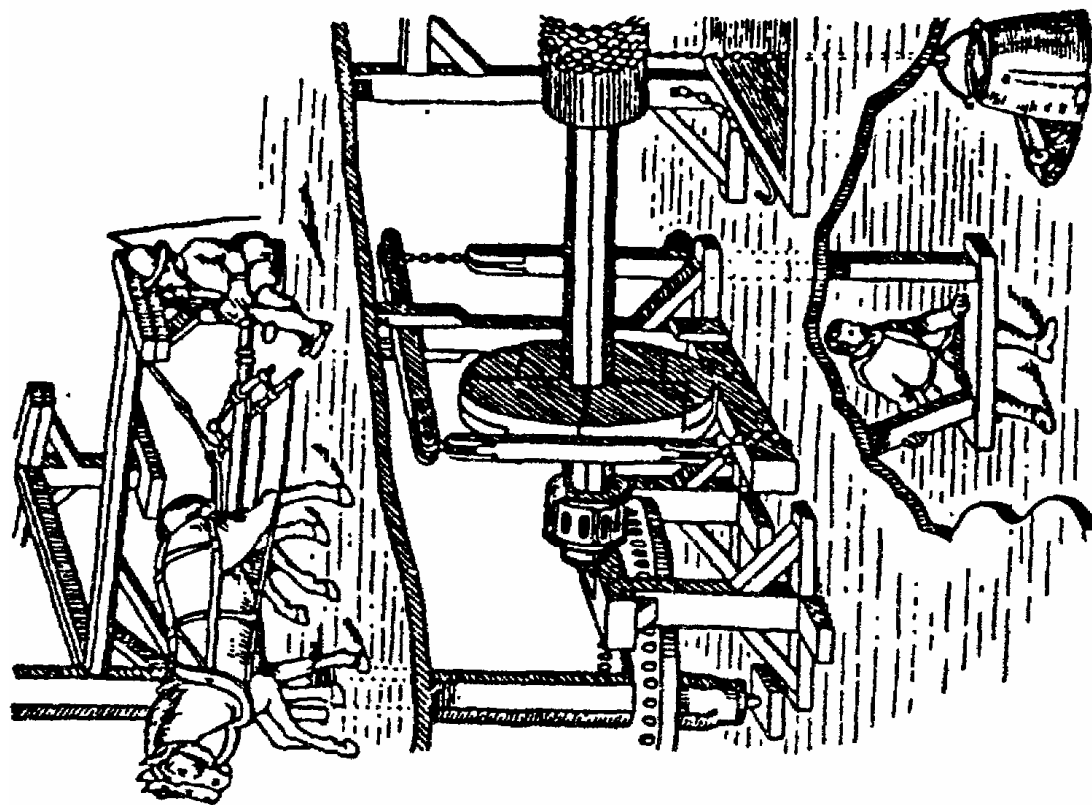


Рис. 3.6. Підйомник з кінним приводом

### 3.1. Конвеєри й елеватори

Конвеєри переміщують вантажі безупинним потоком від позиції завантаження до позиції розвантаження. Завдяки цьому з'являються можливості забезпечення високої швидкості транспортування (до 10 м/с) та продуктивності. Скребкові і гвинтові конвеєри з'явилися в XVI - XVII вв. Вже в той час вони за конструкцією практично не відрізнялись від сучасних. Широке використання конвеєрів в процесах переміщень на невеликі відстані легких вантажів почалось наприкінці XVIII в., на виробництві вони впроваджуються з другої половини XIX в.

Рудопідйомні елеватори вперше були описані М.В. Ломоносовим у роботі "Перші основи металургійних і рудних справ" (1763 р.). У 1764 р. механік Е.Г. Кузнецов на руднику біля Нижнього Тагілу спорудив ковшовий водопідйомник, що пізніше почали використовувати для транспортування руди і породи. У 1788 р. на Алтаї К.Д. Фролов побудував найбільшу для свого часу у світі шахтну установку з елеватором, яка забезпечувала підйом руди на висоту 66 м. У 1837 р. на Коливано-Воскресенському заводі капітан Ярославцев спорудив елеватор з тяговим елементом у вигляді шарнірного ланцюга.

У середині XIX в. на золотих копальнях Росії широко застосовувалися "пісковози", винайдені А. Лопатіним, - попередники сучасних стрічкових конвеєрів. Тяговий елемент "пісковозів" виконувався з полотна і шкіри. У 1868 р. в Англії почали використовуватися стрічкові конвеєри з гумованою стрічкою. У 70-х рр. М. Коузов ввів в експлуатацію на сибірських копальнях перші пластинчасті конвеєри, що у Західній Європі з'явилися десятьма роками пізніше.

У цей же час були винайдені пневматичні транспортуючі установки. Перша подібна установка споруджена в Петербурзькому портовому елеваторі для транспортування зерна.

В 1896 р. в США були створені ковшові конвеєри із шарнірно-закріпленими ковшами, які застосовувались для доставки вантажів по складних трасах. Пізніше з'явилися стрічкові зі сталевими стрічками - Швеція (1905 р.) і інерційні - Німеччина (1906 р.) конвеєри.

Для зв'язку технологічних машин конвеєри були вперше використані в 1882 р. у поточно-масовому виробництві на підприємствах Г. Форда. Після цього почали виготовляти напольні - США (1890 р.), підвісні - Великобританія (1894 р.) і складальні - США (1912 р.) конвеєри.

Найбільше поширення в промисловості одержали стрічкові і ланцюгові конвеєри. Основними видами останніх є пластинчасті конвеєри для переміщення гарячих вантажів і вантажів з гострими кромками, а також підвісні конвеєри, траси яких можуть розташовуватись в двох або більшому числі площин, в результаті чого забезпечується обслуговування багаторівневих виробництв. Застосування підвісних конвеєрів разом із системою автоматичного адресування, дозволяє здійснити автоматизацію розподілу вантажопотоків.

Розвиток конвеєрів йде, насамперед, шляхом підвищення швидкості транспортування вантажів. Сучасні стрічкові конвеєри забезпечують швидкість до 10 м/с при довжині траси до 100 км. З метою зменшення опору руху стрічки розроблені конвеєри на повітряній подушці - проект виконаний в 1980 р. у Ленінградському інституті водного транспорту. Це дозволяє зменшити потужність привода конвеєра приблизно в 10 разів. Перспективними є також конвеєри зі стрічками на магнітній подушці. Ведуться роботи зі створення спеціалізованих виробничих і пасажирських конвеєрів, а також тротуарів, що рухаються.

### 3.2. Крани

Підйомні крани почали споруджувати в XIV - XV вв. До кінця XVIII в. їх виготовляли з дерева, привод був ручним (рис. 3.7). На початку XIX в. найбільш відповідальні деталі кранів (блоки, колеса, осі й інші) стали виготовляти з металу.

Перший стрілової кран з паровим приводом був запатентований у 1827 р. і побудований у 1830 р. в Англії (рис. 3.8). Практично всі елементи машини виготовлялись з металу, в приводі використовувалась відкрита передача. У 1847 р. в Англії з'явився стрілової кран з гідравлічним приводом, який складався з гідроциліндра і прискорювальним поліспастом (рис. 3.9). В другій половині XIX століття парові крани одержали поширення і будувалися в Німеччині, Великобританії, Росії й інших країнах. Вони мали індивідуальні паровий котел і машину. Такий кран фірми "Nagel und Kaemp" (1896 р.) вантажопідйомністю 1,5 т зі стрілою 8 м показаний на рис. 3.10. Парові крани з'явилися і на залізницях (рис. 3.11). Наприкінці XIX в. вони були витиснені кранами з електричним приводом.

Крани з одним електричним двигуном виготовлялися в США і Німеччині в 1880 - 1885 р., з декількома двигунами - з 1890 р. у Німеччині. Перші російські крани з електроприводом були побудовані на початку XX в. на Олександрівському заводі, а пізніше випускалися на Брянському, Краматорському, Путиловському і Ніколаєвському заводах. У 1913 р. річне виробництво кранів у Росії складало близько 70 штук.

Конструкції сучасних кранів різноманітні і залежать від їх призначення. Виконавчими елементами їх є домкрати, лебідки, талі і тельфери, що можуть застосовуватися й окремо.

**Домкрат** - вантажопідйомний пристрій з гвинтовим, рейковим або гідравлічним приводом штовхальника, який забезпечує підйом вантажів масою до 200 т на висоту до 1 м. Область використання домкратів - монтажні роботи.

Основними елементами **лебідки** є гнучкий трос або ланцюг, коловорот, передаточний механізм і електродвигун. Вантажопідйомність лебідок обмежується тільки міцністю тросів. Висота підйому вантажу залежить від канатоемності барабана і може досягати десятків і сотень метрів.

Для підйому на висоту до 3 м використовується **таль**. Вона склада-



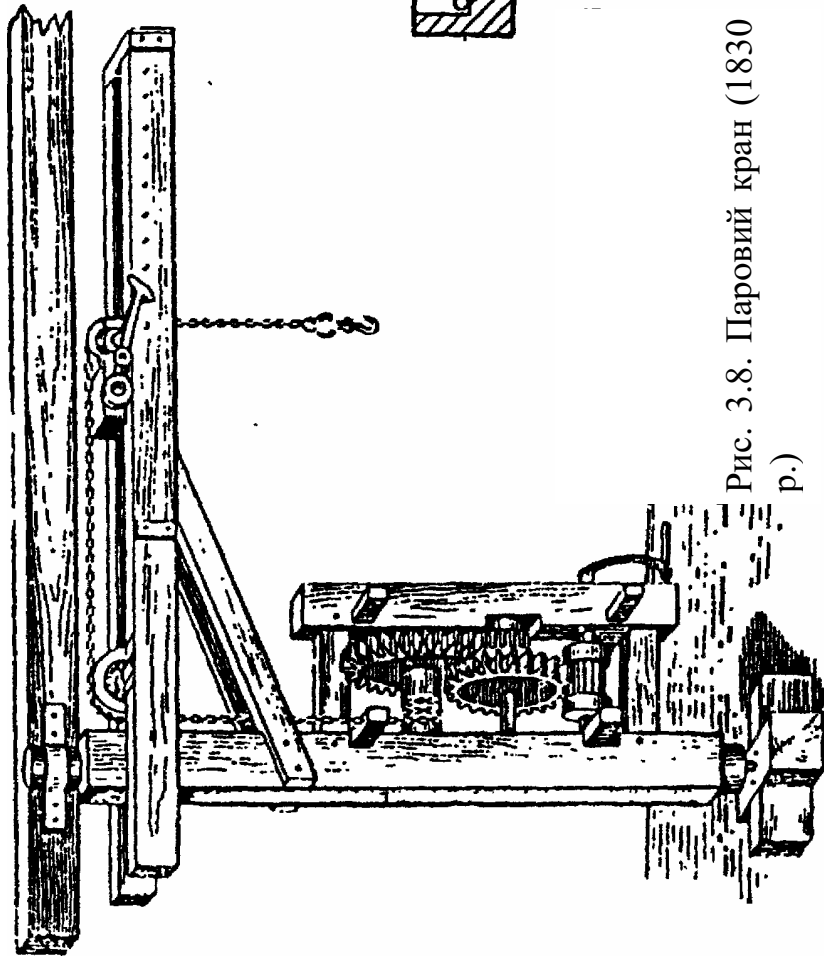


Рис. 3.8. Паровий кран (1830 р.)

Рис. 3.7. Стріловий кран (XVIII в.)

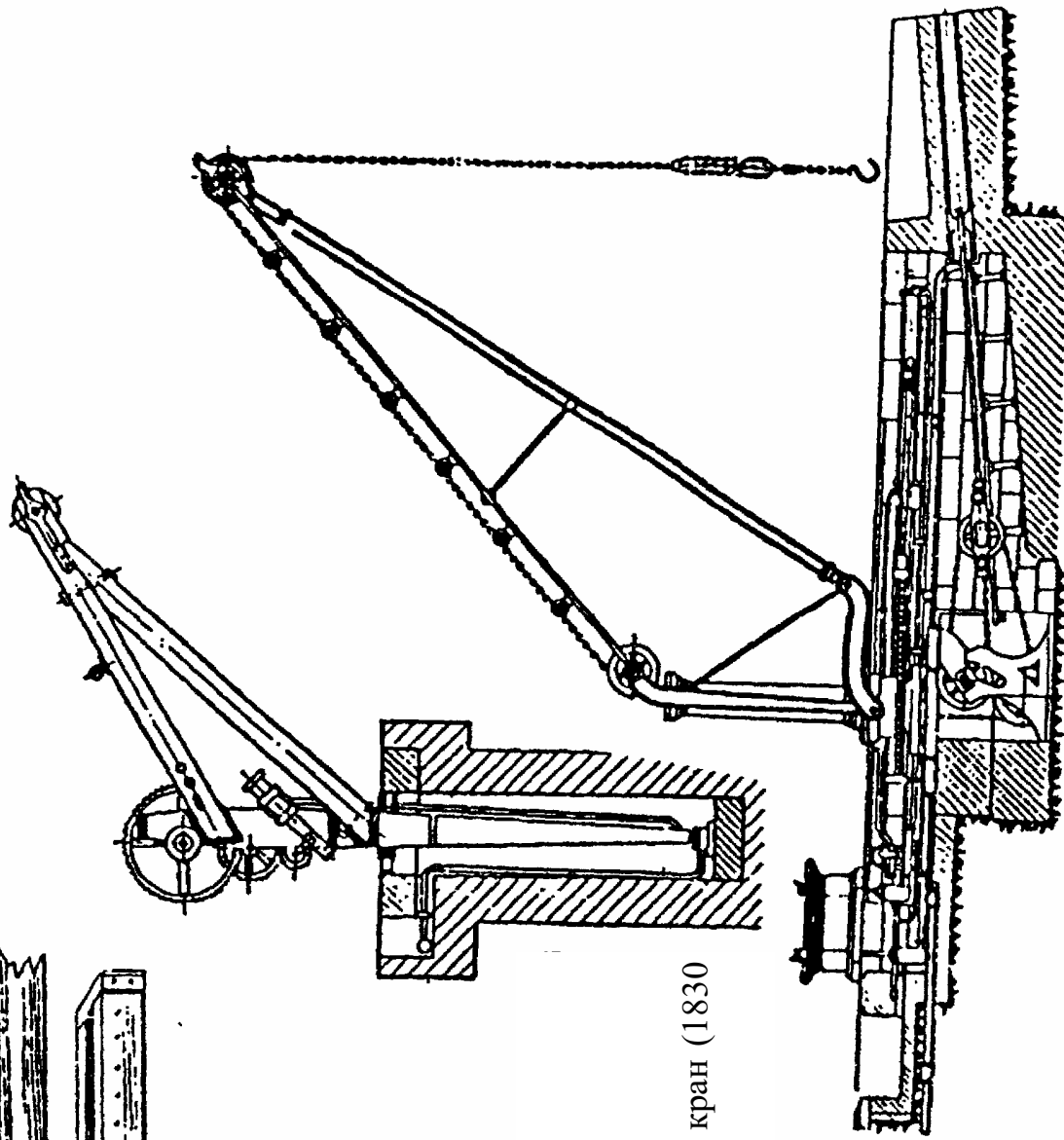


Рис. 3.9. Кран з гідравлічним приводом (1847 р.)

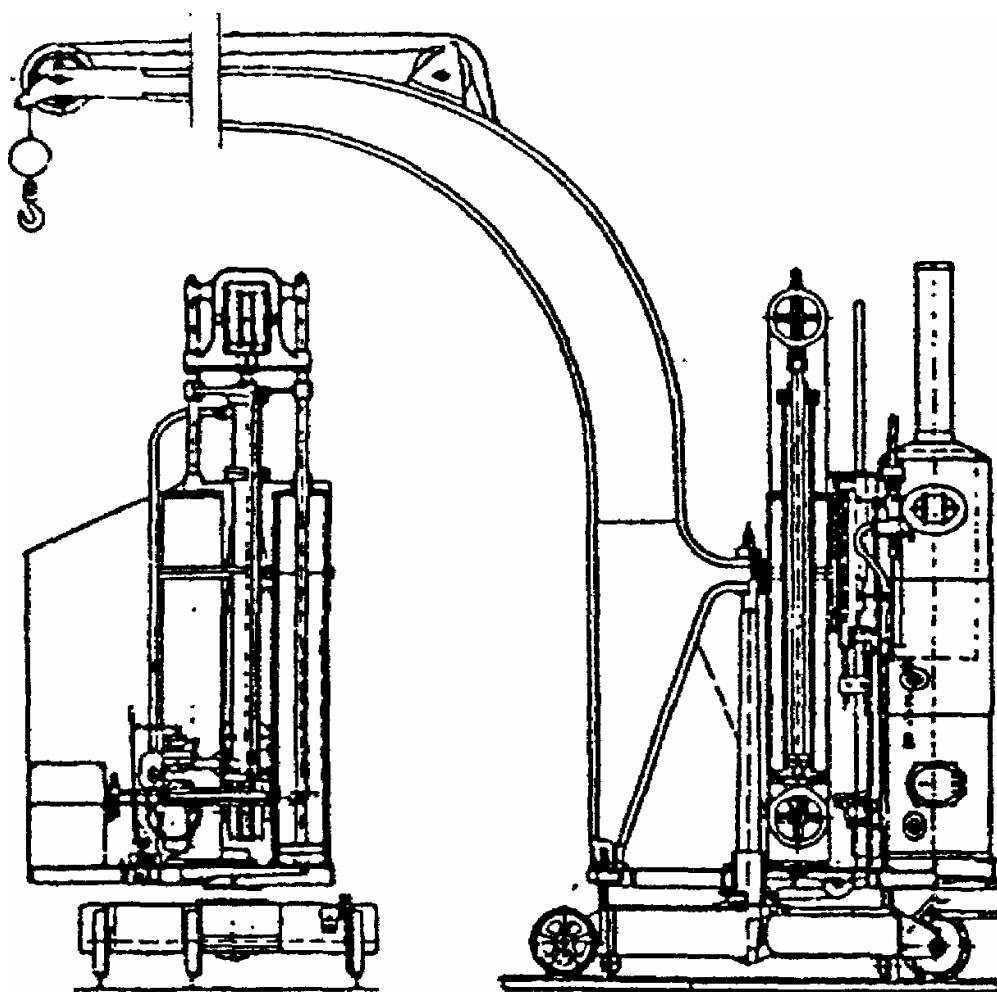


Рис. 3.10. Паровий кран з котельною установкою (1896 р.)

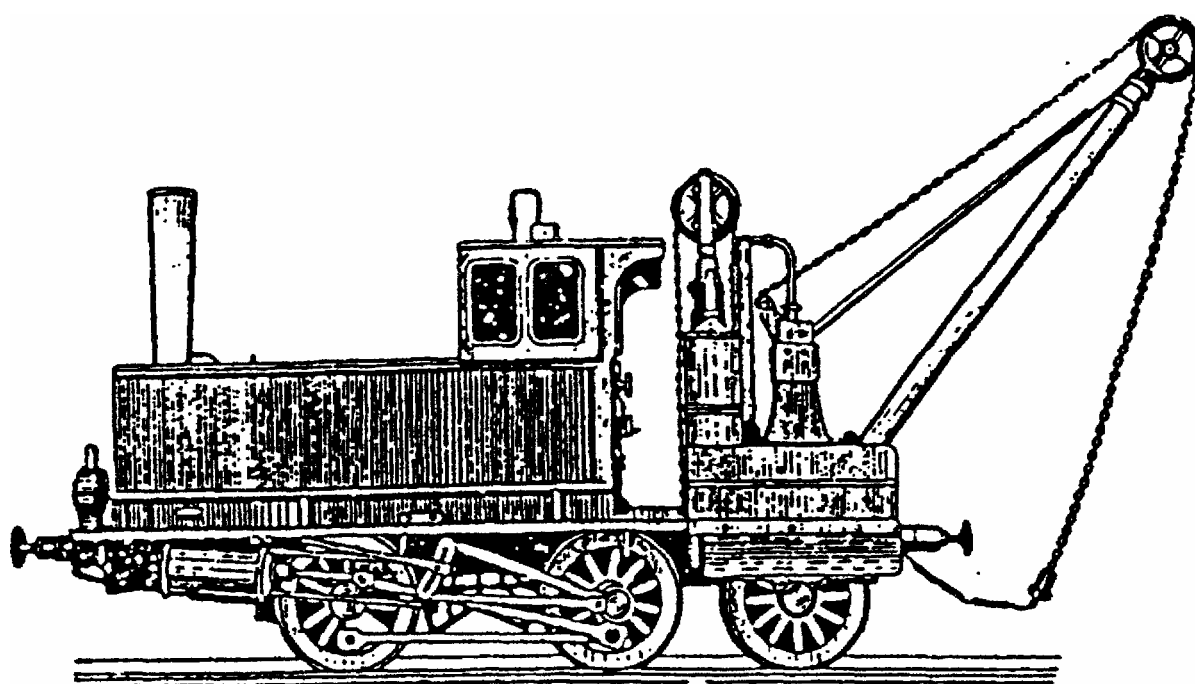


Рис. 3.11. Залізничний кран

ється з лебідки з приводом і вузла верхнього кріплення.

Для невеликих горизонтальних переміщень вантажу служить **тельфер** - таль установлена на візку, що переміщується по монорейці вручну або за допомогою електропривода.

Розглянуті механізми забезпечують в основному вертикальний підйом вантажів. Для великих горизонтальних переміщень вантажів служать крани. Підйом вантажу в кранах здійснюється лебідкою, а горизонтальне переміщення може бути реалізовано двома способами. У кранах мостового типу механізм підйому встановлений на крановому візку, що переміщується по мосту, а сам міст пересувається по підкранових коліях, установлених на стіні будинку або на естакаді (рис. 3.12). У кранах стрілового типу візок з механізмом підйому переміщується по поворотній стрілі, що установлена на рухомій рейковій або нерухомій металоконструкції (рис. 3.13).

Перші крани мостового типу призначалися для обслуговування цехів промислових підприємств. Вони з'явилися наприкінці XVIII в. і мали дерев'яні ферми і ручний привод. У 1860-х рр. був використаний паровий привод, замінений з 1885 р. електричним. Сучасні мостові крани загального призначення мають вантажопідйомність 5...500 т, проліт до 43 м і висоту підйому до 34 м. Вантажопідйомність мостових кранів для атомних і гідроелектростанцій може сягати 600 т.

Розроблено ряд спеціалізованих кранів для обслуговування різних виробництв: штабелери - для стелажних складів, грейферні і магнітні грейферні пристрої - для переміщення сипучих і феромагнітних вантажів і т.д. На відкритих складах і контейнерних терміналах експлуатуються козлові крани з мостом, установленим на ногах (козлах), що пересуваються по наземних підкранових коліях. Довжина ніг визначається заданою висотою підйому. Вантажопідйомність козлових кранів загального призначення - до 50 т, спеціальних (для електростанцій і стапелів) - до 800 т, прольоти - до 40 м (для стапелів секційного суднобудування - до 170 м), висота підйому вантажу - до 30 м.

Для переміщення вантажів поза підкрановими коліями - розвантаження вагонів на складі, виконання робіт на відкритих складах руди, вугілля і т.д. - використовують мостові перевантажувачі. На лісових складах, будівництвах шлюзів, мостів, відкритих кар'єрах потрібні крани з великими прольотами (до 1600 м). Для подібних випадків створені кабельні крани, що складаються з двох щогл, між якими натягнутий несучий канат. По ньому тяговим канатом пересувається вантажний візок. Підйомна і тягова лебідки розташовуються поруч із щоглами.

При висоті підйому 100...150 м застосовують баштові і порталні крани. Пересувні баштові крани, які експлуатуються на будівельних майданчиках, мають вантажопідйомність до 75 т і виліт стріли до 40 м. На будівництві споруд висотою понад 150 м використовують приставні баштові крани, які при зведенні поверхів, розташованих нижче 150 м працюють як звичайні баштові крани, а при будівництві верхніх поверхів - кріпляться до

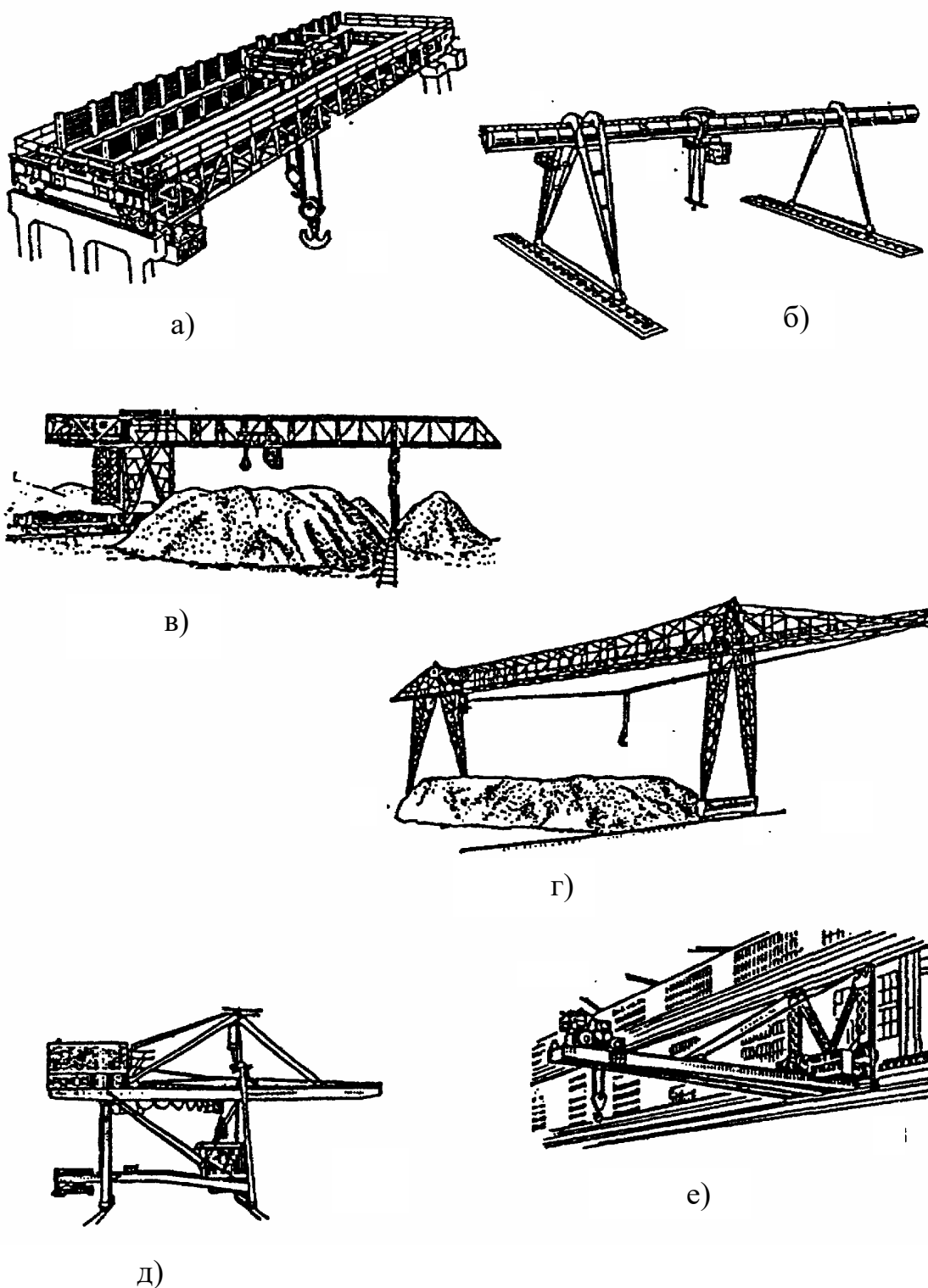


Рис. 3.12. Крани мостового типу: а – мостовий; б – козловий; в – мостовий перевантажувач; г – мостокабельний; д – береговий консольний перевантажувач; е – настінно-консольний

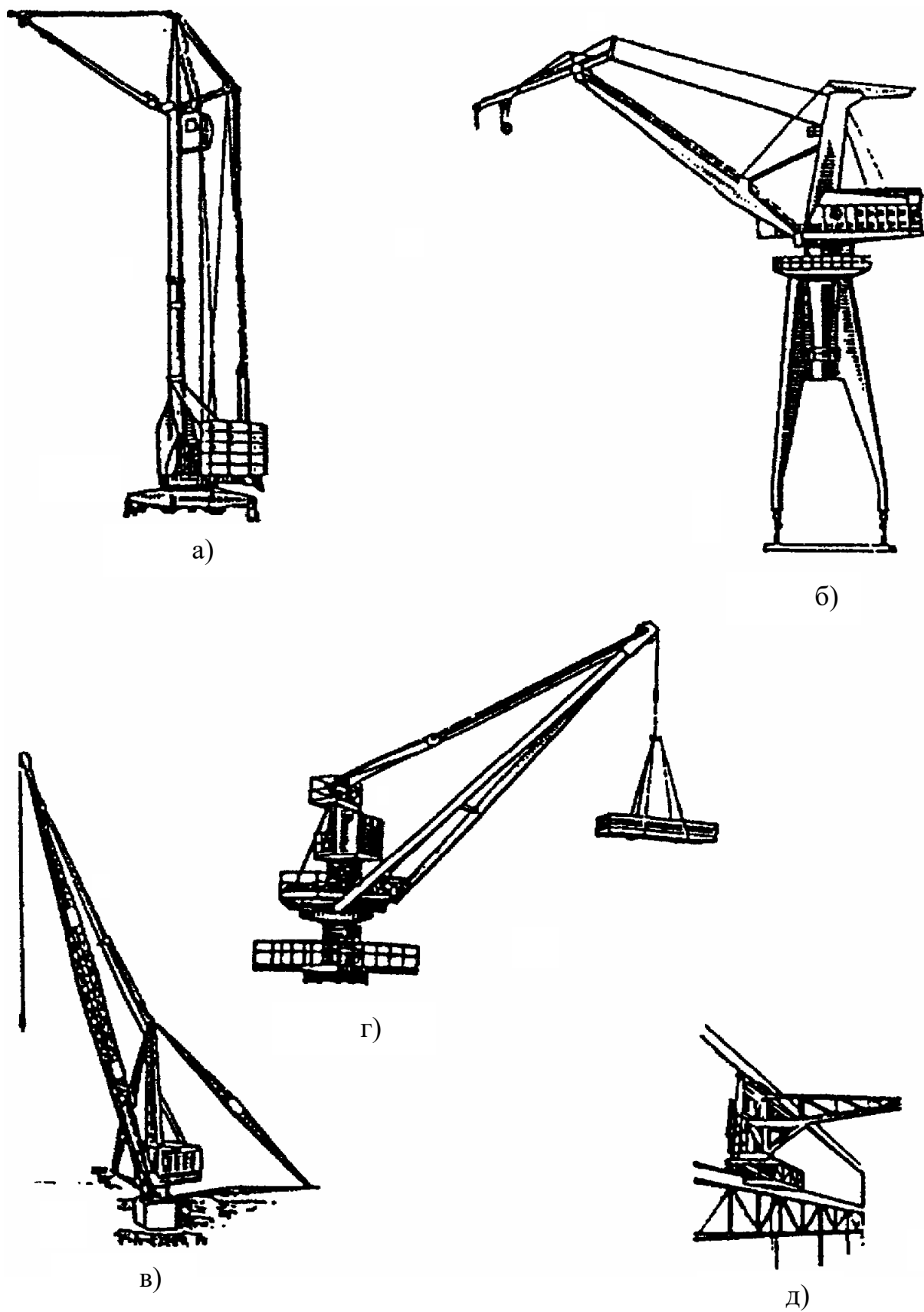


Рис. 3.13. Крани стрілового типу: а – баштовий; б – портальний; в - щоглово-стріловий; г – судновий; д – настінно-поворотний

стіни споруди.

Призначенням порталних кранів є виконання завантажувально - розвантажувальних робіт у портах, на стапелях суднобудівних заводів і будівництвах. Поворотна частина кранів установлена на П-подібному порталі, що переміщується по рейках.

Керування краном звичайно здійснюється з кабіни, що знаходиться на самій машині. Якщо оператор не може бути присутнім в робочій зоні крана (наприклад, у гарячих металургійних цехах, під час маніпуляцій з хімічно небезпечними або радіоактивними вантажами), використовують радіокерування, яке уперше було реалізовано в 50-х рр. у США.

Удосконалювання кранів йде шляхом підвищення їх надійності, забезпечення регулювання у широких межах швидкостей підйому та транспортування, автоматизації керування, застосування автоматичних захоплювачів. Створюються крани для АЕС, суднобудування, трубоукладачі, крани-вертольоти, плавучі крани з вантажопідйомністю понад 1000 т.

### 3.3. Ліфти

Ліфти - машини для вертикального або похилого переміщення вантажів і людей у кабінах і клітках, що рухаються по твердих напрямних.

Прототипи ліфтів існували в Древньому Римі в I в. до н.е. У XIII в. вони з'явилися у Франції, а у XVII в. – у Великобританії. В Росії пасажирський ліфт був побудований у XVIII в. у Царському селі. У 1793 р. І.П.Кулібін створив гвинтовий ліфт у Зимовому палаці. Привод ліфтів спочатку був ручним, пізніше реалізували гідравлічний і паровий приводи. Перший ліфт з електричним приводом побудував Л. Сіменс в 1880 р.

В наш час розповсюджені ліфти, у яких кабіна для пасажирів або вантажів підвішується на сталевих канатах, що обгинають ведучі шківів і намотуються на барабани лебідок. Машинне відділення розташовується вверху будинку. Якщо ліфт обслуговує будівництво і необхідно періодично збільшувати висоту підйому, замість канатів застосовують рейкові, гвинтові або фрикційні передаточні механізми. Вантажопідйомність ліфтів доходить до 1600 кг при швидкості підйому 4...7 м/с.

Особлива увага приділяється пристроям безпеки і керування. Сучасні конструкції уловлювачів кабін, обмежників швидкості і блокувальних пристроїв забезпечують надійну роботу ліфтів. Керування здійснюється з посадкової площадки і з кабіни. Розроблені також системи комбінованого керування, що виконують виклики з поверхів і команди з кабіни.

Ліфт - машина періодичної дії і час очікування кабіни може бути досить великим. Для усунення даного недоліку в Гамбурзі наприкінці XIX в. був побудований патерностер - пасажирський підйомник безупинної дії з багатьма кабінами без дверей, що безупинно рухаються зі швидкістю до 0,3 м/с із кроком 4...4,5 м. Вхід і вихід пасажирів відбувається на поверхах на ходу. Кабіни розраховані на 1...2 чоловік. Час чекання – 10...12 с, але час підйому більший, ніж у ліфта.

#### 4. Обчислювальна техніка

Обчислювальна техніка широко використовується при розв'язанні теоретичних задач, задач керування, проектування, конструювання й автоматизації підготовки технологічних процесів на виробництві.

Механічні обчислювальні пристрої були відомі ще у XVII в. У 1645р. Блез Паскаль уперше побудував підсумовувальну машину, удосконалену в 1694 р. Г. Лейбницем.

Винахідником першої механічної обчислювальної машини вважається англійський математик Чарльз Беббідж, який в 1823 р. запропонував структуру автоматичного обчислювача, що містив ті ж самі основні пристрої, що і сучасні комп'ютери. Однак ідея обчислювальної машини випередила свій час і технічне втілення спочатку не отримала, хоча й були створені механічні обчислювачі типу арифмометрів.

У 1874 р. В.Т. Однер розробив перший арифмометр, а в 1878 р. П.Л.Чебишев виготовив пристрій для виконання чотирьох арифметичних дій. У 1887 р. інженер Фельт створив першу клавішну підсумовувальну машину - комптометр Фельта. Перша математична машина для інтегрування диференціальних рівнянь була виготовлена в Петербурзі у 1912 р. А.Н.Криловим за участю механіка Р.М. Ветцера. У США в 20-х рр. інтеграторами займався В. Буш. У 1935 р. у СРСР почалися розробки гідравлічних пристроїв для розв'язування диференціальних рівнянь. У 1944 р. були побудовані ряд електромеханічних машин, в тому числі і "Марк-1", в яких використовувалися принципи та елементи (перфокарти) лічильно-аналітичних машин. Вони могли розв'язувати досить складні задачі, але мали невелику швидкодію.

Стрімкий розвиток обчислювальної техніки почався тільки з появою та удосконаленням електронних приладів наприкінці 40-х рр. XX в.

Великий розрив в часі між появою ідеї універсальної обчислювальної машини (перша чверть XIX в.) і її широкою практичною реалізацією (середина XX в.) обумовлений відсутністю елементної бази, тобто тих своєрідних "цеглинок", з яких утворюється "будинок" сучасних комп'ютерів. Розробка електронно-вакуумних ламп і дослідження їх параметрів дозволили створити електронно-обчислювальні машини (ЕОМ), перша з яких з'явилася в 1946 р. у США і мала назву ENIAC (Elektronic Numerical Integrator and Calculator). З цього починається історія поколінь сучасних ЕОМ. Під поколінням розуміють усі типи і моделі ЕОМ, побудовані за одними і тими самими науково-технічними принципами, незалежно від місця розробки (країни, фірми і т.д.). Теорія сучасних математичних машин створена Норбертом Вінером.

**Електронною обчислювальною машиною** (комп'ютером) називається взаємозалежна сукупність пристроїв, основні функціональні елементи яких побудовані на електронних приладах. ЕОМ призначена для обробки інформації відповідно до заданого алгоритму, при реалізації якого вихідні дані перетворюються в результати розв'язання задач.

В **першому поколінні ЕОМ** (середина 40-х- 50-х рр.) елементна база була побудована на електронно-вакуумних лампах. В якості пасивних елементів використовувалися резистори і конденсатори. ЕОМ ENIAC містила 20 тис. електронних ламп, з яких щомісяця замінювалися до 2 тис. Швидкодія складала 10...20 тис. операцій у секунду. Програмування здійснювалося в машинному коді математиком-програмістом, що працював за пультом. Дані вводилися з перфокарт. Машина була громіздкою і мала масу 30 т. ENIAC використовувалася в основному для військових розрахунків – визначення траєкторій ракет.

В **другому поколінні ЕОМ** (середина 50-х - 60-х рр.) активними елементами були напівпровідникові прилади (транзистори і діоди), пасивними елементами – удосконалені резистори і конденсатори. Першою напівпровідниковою ЕОМ стала модель RCA-501 - США (1959 р.). У СРСР до другого покоління відносилися машини "Мінськ-22" - перша "інженерна" машина, БЭСМ-6 і інші. Швидкодія даних машин - 1 млн. операцій у секунду. Програмування здійснювалося на алгоритмічних мовах. Експлуатація істотно спростилася. При виході з ладу тих чи інших елементів замінювалася окрема плата, що зменшувало час на усунення відмов. Можливим став пакетний режим роботи, коли в ЕОМ послідовно вводяться декілька програм.

В **третьому поколінні ЕОМ** (середина 60-х - 70-х рр.) елементну базу утворювали інтегральні схеми, призначені для реалізації визначених функцій. Вони з'явилися в 1962 р. і створювалися на напівпровідникових пластинах кремнію. На площі 1 мм<sup>2</sup> містились десятки транзисторів, діодів, резисторів і конденсаторів. Був реалізований принцип програмної сумісності, коли програми, розроблені для однієї ЕОМ, могли використовуватись і на інших ЕОМ тієї ж серії.

Перша ЕОМ на інтегральних схемах була випущена у 1965 р. в США фірмою IBM (IBM-360). Швидкодія ЕОМ третього покоління - мільйони операцій у секунду. З'явилися дисплеї для візуального контролю інформації, а також графобудівники - для автоматизованого створення графіків та схем.

**ЕОМ четвертого покоління** (середина 70-х рр. - дотепер) виготовляються на основі великих інтегральних схем (ВІС). ВІС містять десятки - сотні тисяч елементів на одному кристалі. На базі ВІС удалося створити мікропроцесор - елемент ЕОМ, що включає арифметично-логічний пристрій і пристрій керування. З'явилися персональні ЕОМ (ПЕОМ), орієнтовані на індивідуальну роботу користувача. Почалося формування мереж ЕОМ – комплексів з декількох або багатьох комп'ютерів, розташованих на значних відстанях один від одного і з'єднаних між собою спеціальними лініями зв'язку для обміну інформацією і розв'язання спільних задач.

**П'яте покоління ЕОМ** - перспективне, знаходиться в стадії розробки. Існують проекти різних країн і фірм, серед яких особливо виділяються японські проекти. Основні напрямки даних розробок:



- створення неелектронної елементної бази оптичного типу з використанням світлових променів лазера або біологічних елементів, що працюють разом з електронними елементами;

- створення надвеликих інтегральних схем, що містять до 10 млн. елементів на одному кристалі;

- оснащення комп'ютерів базами знань різного змісту залежно від їх призначення та сфери використання.

Всі ЕОМ за призначенням діляться на універсальні і спеціалізовані. Залежно від продуктивності універсальні ЕОМ діляться на два класи: високої продуктивності - суперЕОМ і середньої продуктивності – супермініЕОМ, мініЕОМ, супермікроЕОМ, мікроЕОМ. Особливе місце займають ПЕОМ, створені на базі мікроЕОМ. У 1990 р. парк персональних комп'ютерів (ПК) перевищив 100 млн. і продовжує зростати далі, у той час як парк супер- і мініЕОМ знаходиться на стабільному рівні: порядку 100 тис. суперЕОМ і 1 млн. мініЕОМ. Головними ознаками ПК є: простий спосіб керування, що не вимагає глибоких знань з обчислювальної техніки, спілкування людини та комп'ютера в діалоговому режимі, велика кількість програмних засобів для широкого кола областей використання ЕОМ.

Масове виробництво і впровадження в практику ПК почалося з 1977р. і пов'язано з ім'ям засновника і керівника фірми "Епл комп'ютер" (Apple Computer) Стіва Джобса. В наш час одними з найпопулярніших комп'ютерів стали модель IBM PC і її модернізований варіант IBM PC XT. До складу базового комплекту IBM PC XT входять: системний блок, дисплей з чорно-білим або кольоровим зображенням, клавіатура, миша, друкувальний пристрій (принтер).

ЕОМ використовуються в якості обчислювальних систем для розв'язання теоретичних задач, задач керування, автоматизації і підготовки технологічних процесів. Мікропроцесори на базі мікроЕОМ із програмувальною логікою служать для автоматичного керування різноманітними об'єктами, включаючи технологічні машини, літаки, ракети і т.д. В системах автоматичного керування машинами і машинними комплексами в основному застосовуються цифрові системи, що оперують дискретними змінними, представленими в цифровій формі - електронні цифрові обчислювальні машини (ЕЦОМ).

Для керування технологічними машинами широко застосовуються мікропроцесори (МП) із програмувальною логікою. Одним з факторів, що обумовив розвиток устаткування з програмним керуванням, є необхідність автоматизації обробки виробів у середньо - і дрібносерійному виробництві.

**Програма** - спосіб досягнення тієї чи іншої мети з однозначним описанням процедури його реалізації. Будь-яке керування автоматичним технологічним устаткуванням є програмним. Програма, згідно із якою повинен працювати МП, зберігається в його блоці пам'яті. Можливість побудови МП з'явилася в зв'язку із розробкою досконалої технології виготовлення

інтегральних схем. На базі МП будуються мікроЕОМ і мікроконтролери. Мікроконтролер (або просто контролер) є пристроєм логічного керування, основні функції якого виконує МП.

Зі створенням мікропроцесорної техніки почалося масове застосування ЕОМ, зокрема, для автоматичного керування різними об'єктами, включаючи технологічні машини. Велике значення мають значно більш високі швидкодія та надійність, а також менша вартість МП і мікроЕОМ у порівнянні з ЕОМ перших трьох поколінь. Умови експлуатації МП суттєво відрізняються від умов експлуатації суперЕОМ. Використання останніх є рентабельним при постійному завантаженні. МікроЕОМ значно дешевша і тому її можна експлуатувати лише час від часу, при необхідності.

Удосконалювання комп'ютерів забезпечило можливість введення і заміни керуючої інформації на робочому місці і привело до створення систем числового програмного керування (ЧПК).

Перспективами розвитку обчислювальної техніки є: використання оптичних елементів у поєднанні з електронними, побудова ЕОМ за принципами функціонування живого мозку, подальша мікромініатюризація елементної бази при одночасному підвищенні швидкодії й об'ємів пам'яті, розробка евристичних програм, подальше спрощенні методів спілкування оператора й ЕОМ. Крім цього, очікується створення спеціалізованих машин призначених для розв'язання вузького кола конкретних галузевих задач.

## 5. Розвиток зв'язку

Зв'язок - це передача і прийом інформації за допомогою різноманітних засобів. Способи і пристрої зв'язку змінювалися у відповідності із розвитком суспільства і техніки. Зв'язок виник у первісному суспільстві. Тоді для передачі інформації використовували сигнали багать та барабанів. Пізніше їх замінила пошта, яка залишалася єдиним видом зв'язку до середини XIX в. Із зародженням та розвитком електротехніки виник електрозв'язок - телеграф і телефон), а пізніше і електронний зв'язок - радіо та телебачення. На початку XXI в. у системах зв'язку використовуються космічні супутники, електронна пошта, інформаційні технології і комунікації.

За прогнозами фахівців, у найближчому майбутньому одержать розвиток глобальні цифрові інформаційні пристрої і мережі. Вони забезпечать загальний доступ до інформації, простоту її передачі. Це приведе до значних соціальних змін і виникненню інформаційного суспільства.

### 5.1. Телеграф

Наприкінці XVIII в. почалися пошуки більш швидкого, ніж пошта, засобу передачі інформації. Таким засобом став оптичний (семафорний) телеграф Клода Шаппа (1791 р.) і І.П. Кулібіна (1794 р.).

Щогли телеграфу встановлювалися на відстані видимості через підзорну трубу (30 - 40 км). Шляхом зміни відносного положення двох поперечин з рухомими крилами, закріплених на щоглі, можна було приймати і передавати до 196 сигналів, що відповідали літерам алфавіту, а також найбільш часто використовуваним словам. Для роботи вночі на крила встановлювали ліхтарі. Кожна станція, одержавши телеграму, передавала її далі. Вид станції оптичного телеграфу 1794 р. показаний на рис. 5.1. Під керівництвом Шаппа була побудована перша лінія оптичного телеграфу довжиною 225 км між Парижем у Ліллем і 1 вересня 1794 р. по ній за 3 години передали першу телеграму.

Телеграф Кулібіна був у цілому аналогічний телеграфу Шаппа, але код сигналів був простішим і швидкість передачі вища.

Оптичний телеграф досить широко використовувався в Європі. У 30-х рр. інженер Ж.П. Шато удосконалив систему Шаппа. У 1832 р. ним був розроблений особливий словник, що спростив передачу сигналів.

В Росії перші лінії оптичного телеграфу з'єднали Петербург і Шліс-сельбург, а в 1833 р. - Зимовий палац і Кронштадт. У 1839 р. за системою Шато була споруджена найдовша в Європі лінія Петербург - Варшава зі 149 вежами, довжиною 1200 км. На лінії працювало 1908 чоловік. Телеграма зі 100 сигналів проходила лінію за 35 хв. Вона проіснувала 15 років, - оптичний телеграф був витиснутий електричним.

Спроби створити електричний телеграф робилися починаючи з XVIII в. У 1753 р. у Шотландії анонімний автор запропонував електричний телеграф із багатодротовою лінією зв'язку. Число дротів повинно було дорівнювати числу літер в алфавіті. На кінці кожного дроту встановлювався

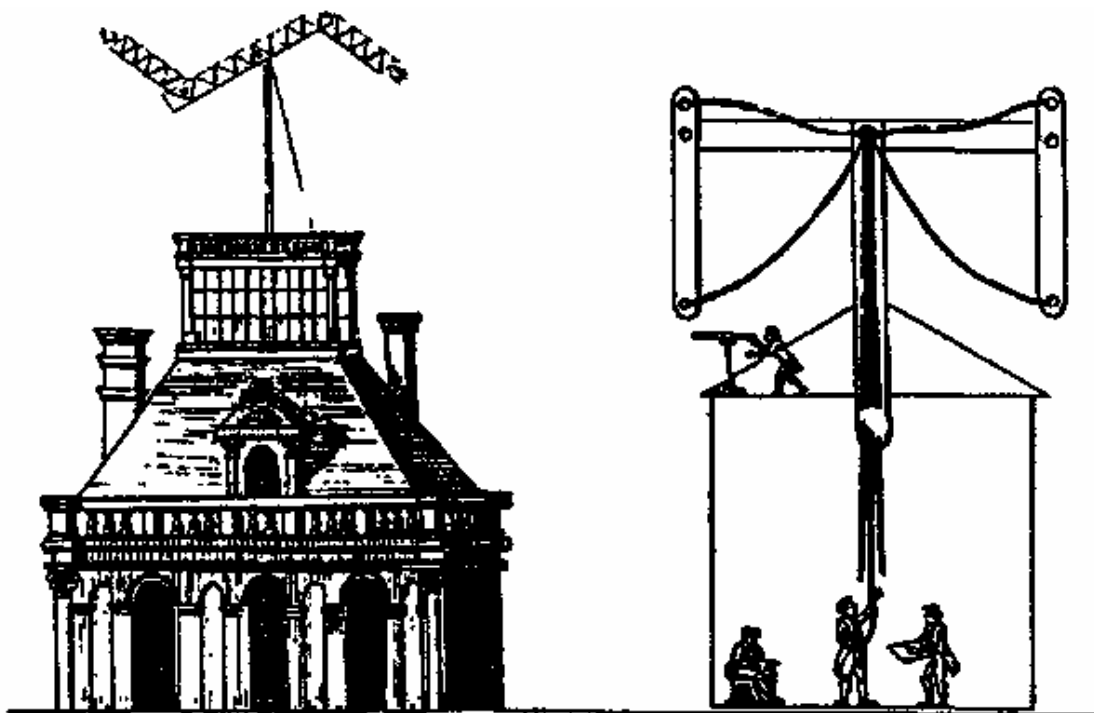


Рис. 5.1. Станція оптичного телеграфу

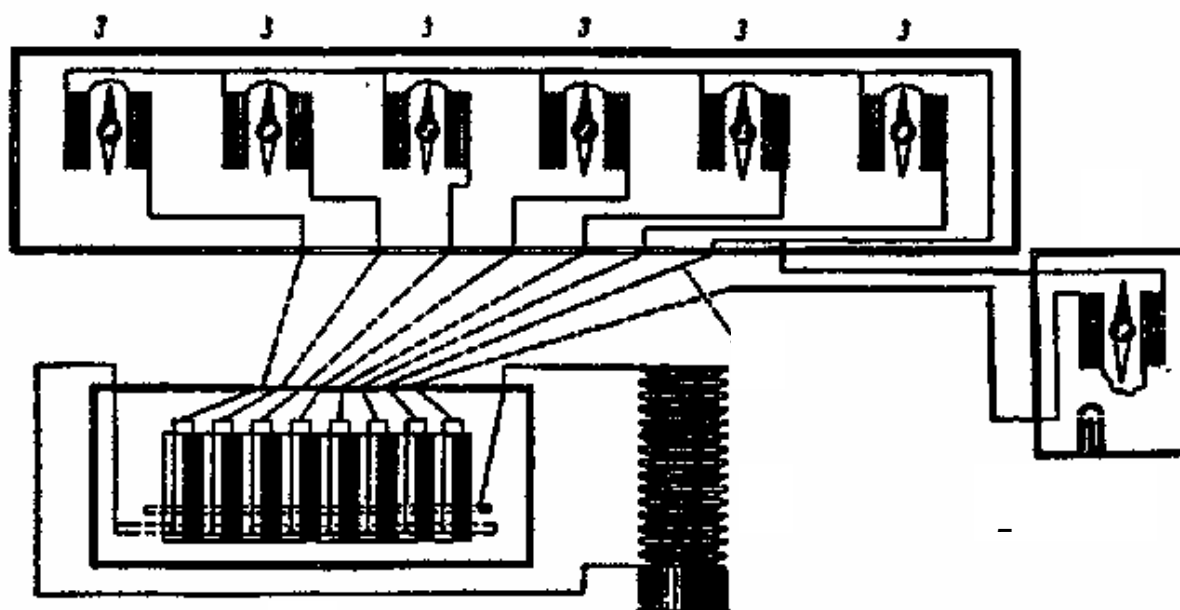


Рис. 5.2. Схема стрілкового телеграфу Шилінга: 1 – джерело живлення (вольтів стовп); 2 – клавіатура; 3 – магнітні стрілки; 4 – дроти зворотного зв'язку; 5 – візирний пристрій

індикатор подачі напруги. Аналогічний телеграф був побудований в Іспанії в 1785 р. інженером Ф. Сальва між Мадридом і Аранхуесом. Лінія мала довжину 50 км. У 1802 р. Сальва застосував в якості індикаторів судини з водою, у які вводилися електроди. Створення напруги на одному з електродів викликало появу пухирців газу у відповідній судині. У 1809 р. у Німеччині Замерінг виготовив єдиний індикатор з 8-ю парами електродів. Телеграфи Сальви і Замерінга не вирішували проблеми зв'язку. Для їх реалізації потрібна була важка і дорога лінія і працювали вони повільно.

У 1828 р. П.Л. Шилінг (1786 - 1837 рр.) винайшов стрілковий телеграф, який був продемонстрований у Петербурзі 21 жовтня 1832 р. Передавач мав клавіатуру - контакти з 8-ю парами білих і чорних клавіш, які забезпечували подачу напруги по відповідних дротах. У приймачі інформація реєструвалася за допомогою магнітних стрілок, з'єднаних із сигнальними дисками. Схема апарата Шилінга показана на рис. 5.2. Широкого застосування в Росії телеграф Шилінга не мав. Великим недоліком його була відсутність можливості запису тексту, що передавався.

У 1833 р. лінія стрілкового телеграфу була успішно випробувана К.Ф. Гауссом (1777 - 1835 рр.) і В.Е. Вебером (1804 - 1891 рр.) у Геттінгені. Систему Шилінга в 1837 р. використовували у Великобританії У.Ф. Кук (1808 - 1879 рр.) та Ч. Уїтстон (1802 - 1875 рр.).

Після смерті Шилінга роботи над телеграфом з 1839 р. продовжив Б.С. Якобі (1801 - 1874 рр.). Його апарат (рис. 5.3) записував сигнали на матованому склі, що рівномірно рухалось. Самопис переміщувався по вертикалі на величину, яка залежала від отриманого сигналу. Лінія телеграфу Якобі мала два дроти. У 1843 р. він розробив апарат зі стрілками, що повертались відносно циферблатів і в тому ж році побудував підземну лінію телеграфу між Царським селом і Петербургом.

Над створенням записуючих телеграфних апаратів працювали багато винахідників, в тому числі у Німеччині - К.А. Штейнгейль, у США - Морзе.

У 1835 р. С.Ф.Б. Морзе (1791 - 1872 рр.) побудував телеграфний апарат, що передавав сигнали різної тривалості (рис. 5.4). У практику увійшов удосконалений апарат Морзе (1844 р.) з абеткою, розробленою в Австрії і Німеччині. Крапки фіксувалися на стрічці короткими, а тире - довгими рисками. Після цього телеграф став швидко і повсюдно впроваджуватися.

У 1847 р. проклали кабель телеграфу під протокою Ла-Манш, з'єднали кабелями країни Європи. У 1866 р. Європа була з'єднана з Америкою прямим телеграфним зв'язком. У 1869 р. споруджений Індоевропейський телеграф (Лондон - Калькутта). У 1872 р. прокладений кабель Європа - Південна Америка. До кінця XIX в. довжина ліній телеграфу у Європі складала 2,8 млн. км., у США - понад 4 млн. км., усього в світі - 8 млн. км.

Телеграфна мережа в Росії почала будуватись вже в 1844 р. 17 січня 1852 р. телеграф був визнаний "урядовою регалією" і в 1854 р. відкрилася петербурзька телеграфна станція. В 1860 р. довжина російської телеграф-

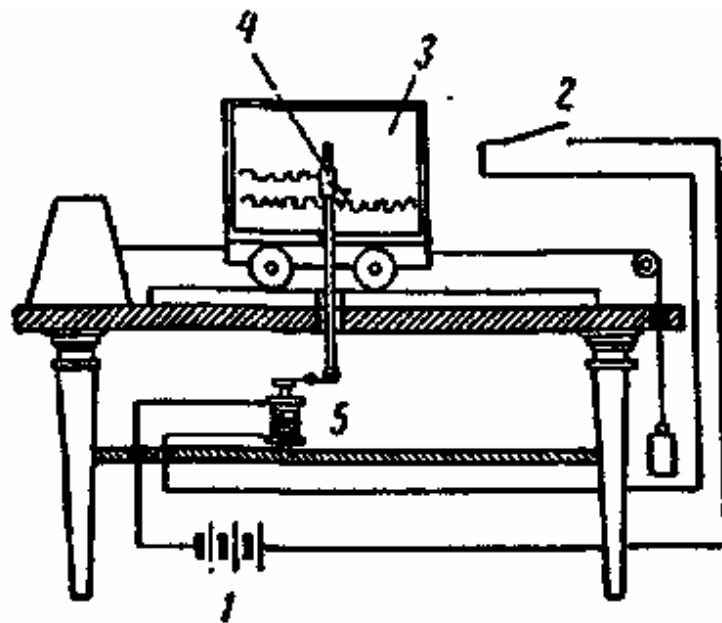


Рис. 5.3. Схема телеграфу Якобі: 1 – джерело струму; 2 – ключ; 3 – матове скло; 4 – самопишучий пристрій; 5 - електромагніт

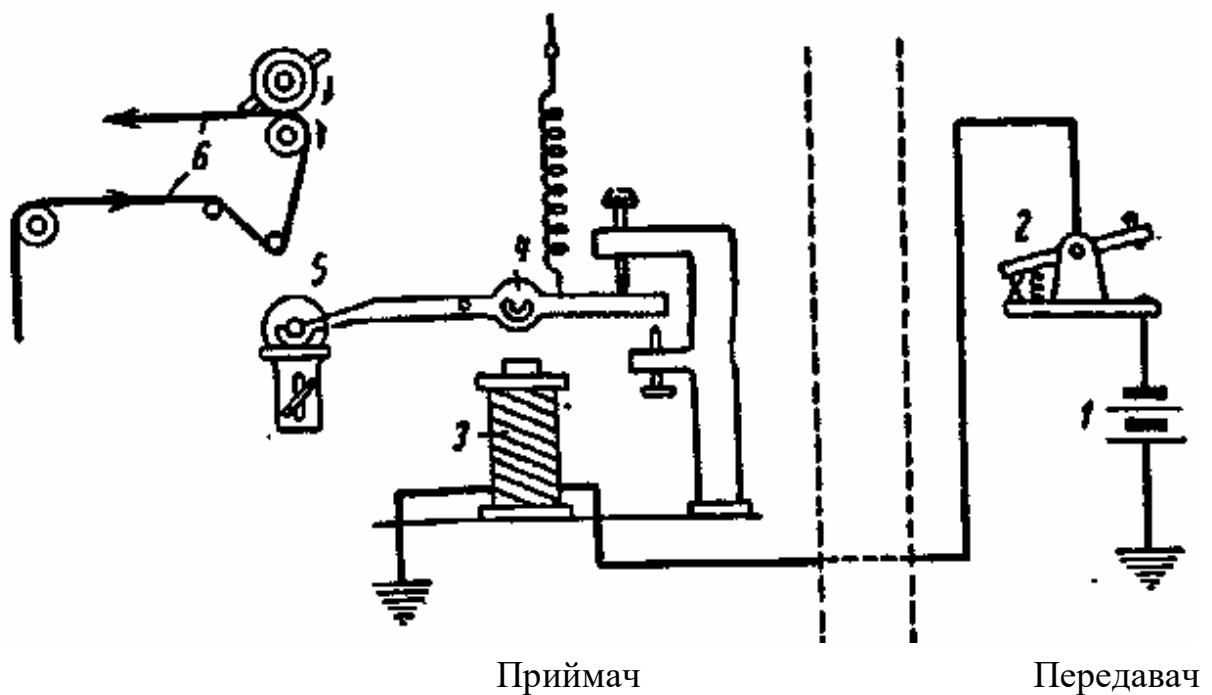


Рис. 5.4. Схема телеграфу Морзе: 1 – батарея; 2 – ключ; 3 – електромагніт; 4 – якір; 5 – пишуче колесо; 6 - стрічка

ної мережі досягла 18000 км. У 1871 р. була введена в дію лінія Москва - Владивосток.

У 1850 р. Якобі винайшов кроковий літеродрукувальний телеграфний апарат, але апарат Юза (1855 р.) виявився кращим. Юз використав принцип синхронного обертання елементів передавача і приймача і передавав на його основі до 40 слів у хвилину.

Однак потреби телеграфного обміну обумовлювали необхідність збільшення продуктивності телеграфних апаратів до 300 літер за хвилину. Рішення було знайдене Ч. Уїтстоном. У 1858 р. він створив перфоратор для попереднього запису тексту абеткою Морзе на стрічці. У 1867 р. Уїтстон виготовив телеграфні передавач і приймач з перфораторами.

У 1871 р. Стіріс розробив диференціальне дуплексне телеграфування (одночасна передача і прийом телеграм). Проблемою багаторазового телеграфування займалися Гінтль, Фрішен, В. Сіменс і Едісон.

Проблема була вирішена французом Ж.Е. Бодо (1845 - 1903 рр.). У 1874 р. він ввів п'ятизначний код і сконструював дворазовий апарат зі швидкістю передачі 360 знаків за хвилину. У 1876 р. Бодо удалося довести швидкість прийому до 900 знаків за хвилину. Ним же були розроблені передавальні та приймальні апарати, механізми, що друкують, дешифратори й інші пристрої. Апаратура Бодо одержала значне поширення. Телеграф став засобом передачі термінової екстреної інформації.

У США використовувалась телеграфна апаратура, розроблена у 1874р. Т. Едісоном і Дж. Преслоттом. Вона забезпечувала передачу 4 телеграм по одній лінії (квадруплексна схема).

Робилися також спроби передачі по дротах графічної інформації. У 1855 р. італійський фізик Дж. Казеллі сконструював електрохімічний фототелеграф для передачі нерухомих зображень - майбутній більдапарат.

У ХХ в. з телеграфом став успішно конкурувати телефакс, що забезпечує передачу факсимільних текстів і зображень по телефонних мережах.

## 5.2. Телефон

Спроби передачі мови на відстань робилися задовго до розробки теорії електрики [3, 20, 99]. Однією з перших таких спроб був винахід у 1667р. Робертом Гуком пристрою для передачі звуків по натягнутому дроту, відомого зараз як іграшка "дротовий телефон". Було зроблено кілька безуспішних спроб його практичного використання.

У 1795 р. у Гатчині Катерині II демонструвалося "телефонне мистецтво" - проект акустичного зв'язку по трубах між Петербургом і Кронштадтом. Ідея акустичного зв'язку для здійснення далекого обміну інформацією була не придатною, але у подальшому була реалізована в суднових переговорних пристроях.

У 1840 р. Ч. Уїтстон запропонував термін „телефон” як видовий для механічних пристроїв, що служать для переговорів на відстані. Усі спроби реалізації механічного зв'язку були безуспішними, але назва пристрою -

телефон - залишилася. Розвиток теорії електромагнетизму забезпечив наукову базу для його реалізації й у 1854 р. французьким телеграфістом Бурселем був теоретично розроблений принцип телефону.

Перший телефон був створений у Німеччині в 1861 р. І.Ф. Рейсом. Він складався з передавального і приймального апаратів. У передавальному апараті в електричному ланцюзі під впливом звуку розмикався і замикався контакт, що викликало в приймальному апараті вібрацію металевої пластини. Апарат Рейса міг передавати (досить неякісно) музику, але чітка передача мови була неможлива, тому застосування він не знайшов. Зовнішній вигляд телефону Рейса показаний на рис. 5.5.

Перший практично придатний телефон був запатентований А.Г. Беллом (1847 - 1922 рр.) 14 лютого 1876 р. (рис. 5.6). На дві години пізніше подав заявку на апарат передачі звуку за допомогою електрики фізик Е.Грей. Пріоритет винаходу залишився за Беллом.

Мало хто знає, що Белл одержав пріоритет на телефон у результаті безладдя в американському патентному відомстві в ті часи. Іншій американець італійського походження Антоніо Меучі подав заявку на "телеграф, що говорить," задовго до Белла, але в 1871 р. патентне відомство повідомило Меучі про те, що "всі документи зникли...". У 1886 р. Верховний суд США визнав Меучі винахідником телефону, але пріоритет ним вже був втрачений.

Телефон Белла мав недоліки і вимагав удосконалення. Над цим працювали багато винахідників. Найбільш удалими були пропозиції Д. Юза і Т. Едісона. У 1878 р. вони створили вугільний мікрофон. На рис. 5.7. показаний вигляд слухавки з мікрофоном Юза - Едісона. Пізніше Едісон вніс в телефон ще декілька важливих удосконалень, що забезпечили гарну чутність на будь-якій відстані. Це зробило телефон практично працездатним і він швидко почав впроваджуватись в багатьох країнах.

Перша телефонна станція почала працювати 25.01.1878 р. у Нью-Гавані (США). На ній експлуатувався ручний телефонний комутатор, створений угорцем Т. Пушкашем. Комутатори телефонних ліній до 20-30-х рр. ХХ в. були ручними. У 30-х рр. з'явилися електромеханічні комутатори, а в 70-80-х рр. - електронні.

У 1879 р. телефон використовувався вже в 20 містах США й у Парижі. У 1881 р. телефон був пущений у Берліні. Апарати кінця ХІХ - початку ХХ вв. показані на рис. 5.8. Телефон продовжували удосконалювати Герц, Говер, Адер і інші винахідники. У 1889 р. американець А.Б. Струнджер одержав патент на автоматичну телефонну станцію (АТС).

У 1881 р. у Росії було засновано "Російське акціонерне товариство для улаштування й експлуатації телефонних станцій". Перші телефонні станції були побудовані в 1882 р. у С. Петербурзі, Москві, Варшаві, Ризі, Одесі. Телефонізацією в Росії займалася фірма "Еріксон" і інші. У 1882 р. у Петербурзі і Москві можна було протягом 10 хвилин слухати по телефону трансляції вистав та концертів Маріїнського і Великого театрів.



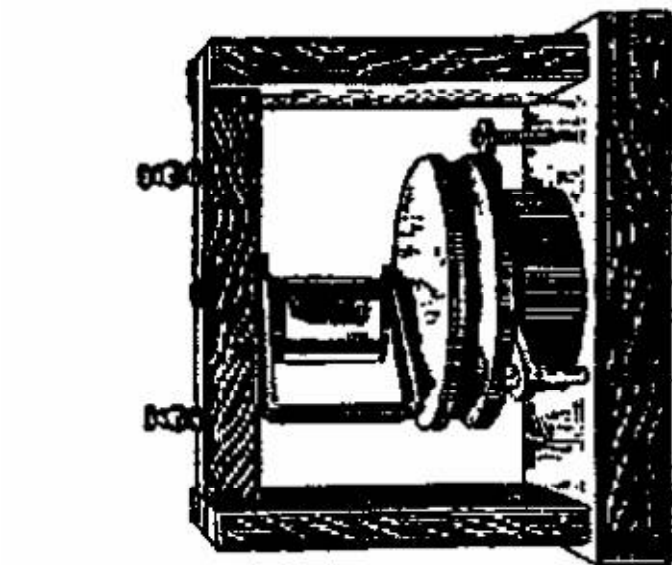


Рис. 5.5. Телефон Рейса

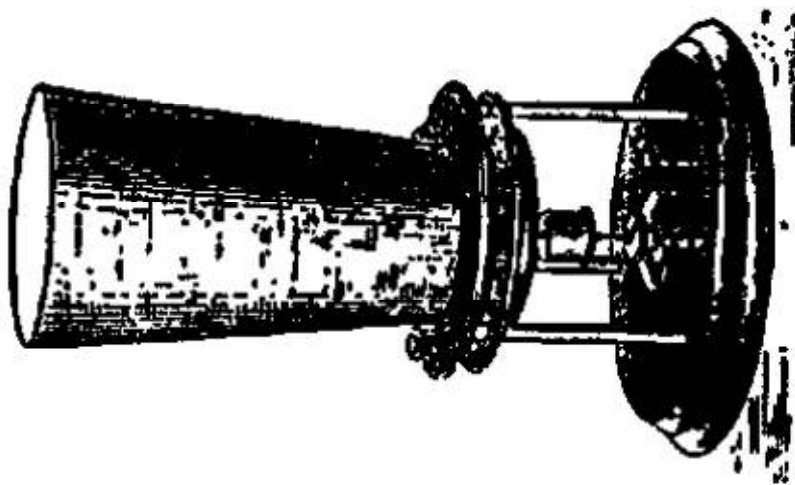


Рис. 5.6. Телефон Белла

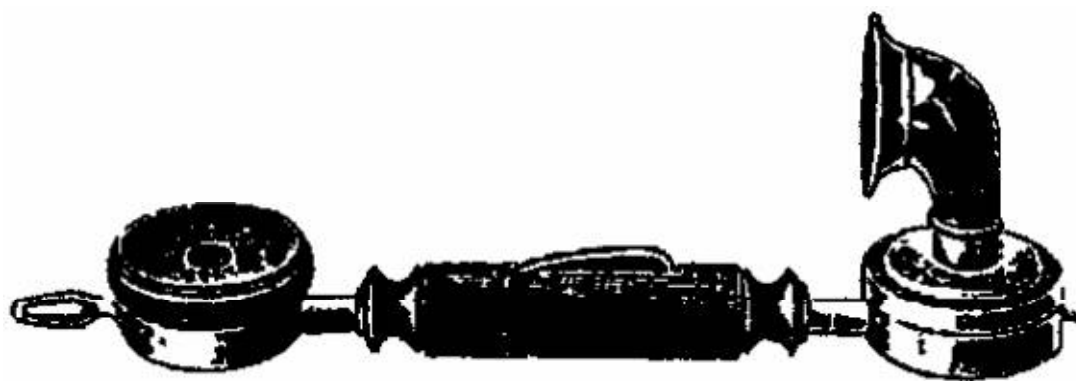


Рис. 5.7. Телефонна трубка з мікрофоном Юза-Едісона

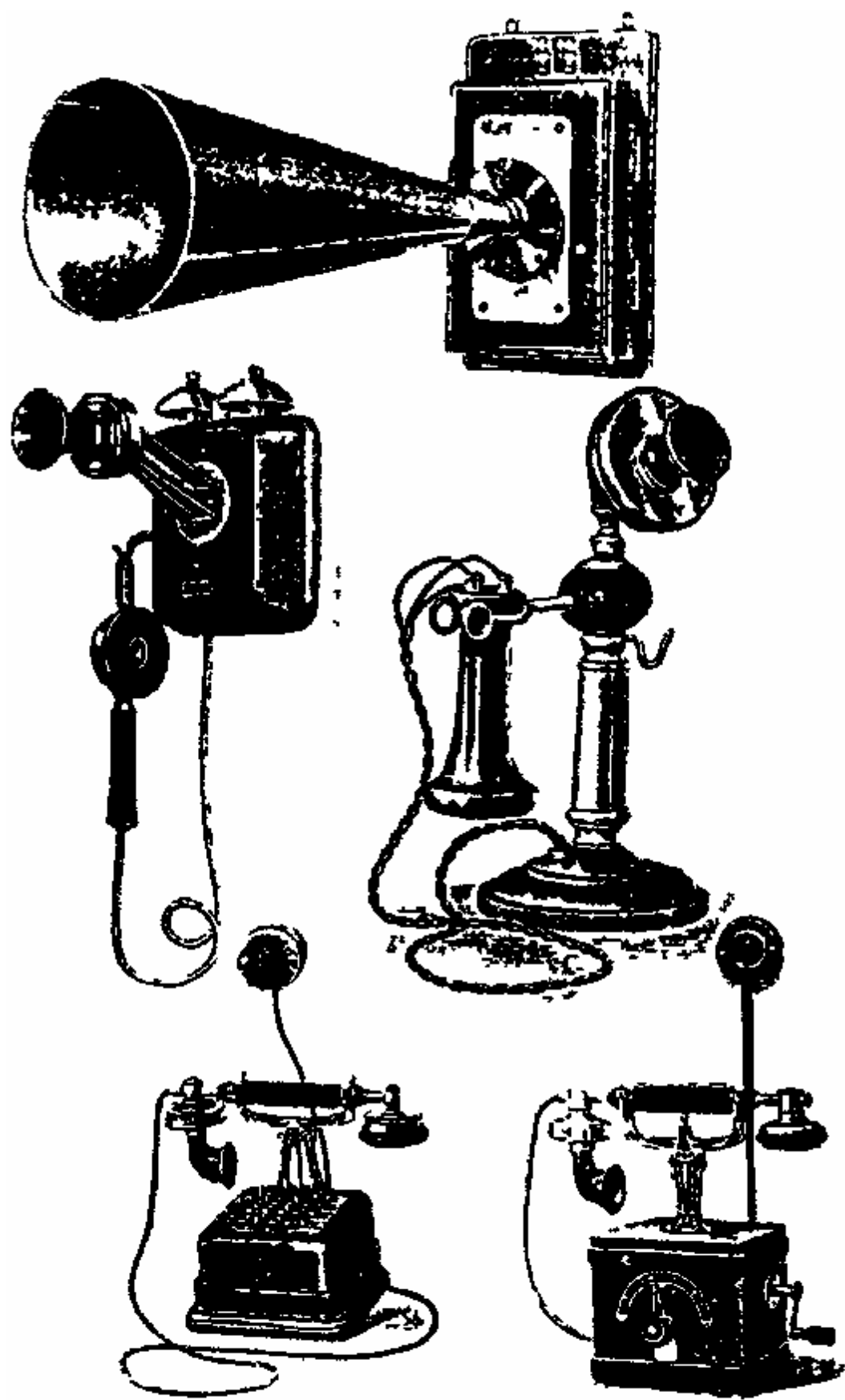


Рис. 5.8. Вигляд телефонних апаратів кінця XIX – початку XX вв.

У 1895 р. у Росії працювало вже 38 телефонних мереж, що з'єднували понад 3000 абонентів. 31 грудня 1898 р. відкрилася телефонна лінія між Петербургом і Москвою довжиною 678 км, побудована за проектом П.Д.Войнаровського. У той час це була найдовша в Росії лінія зв'язку.

Російські вчені і винахідники зробили великий внесок у розвиток телефону.

У 1881 р. інженер Г.Г. Ігнатьєв розробив систему телефонного зв'язку по телеграфних дротах. На лініях застосовувалася апаратура системи Е.І. Гвоздева.

У 1882 р. П.М. Голубицький (1845 - 1911 рр.) винайшов високочутливий телефонний апарат з важелем для автоматичного перемикання схеми при зміні положення слухавки. Даний принцип використовується і зараз. У 1883 р. він сконструював оригінальний мікрофон з вугільним порошком. У 1885 р. Голубицький запропонував схему телефонної станції з живленням від центральної батареї. Це дозволило створювати мережі з десятками тисяч абонентів. У 1883 р. телефон Голубицького успішно використовувався на лінії між Нансі і Парижем (відстань 353 км).

У 1887 р. російський винахідник К.А. Мосцицький розробив "самодіючий центральний комутатор", попередник АТС. В 1893 р. його співвітчизники М.Ф. Фрейденберг і С.М. Бердичевський-Апостолов побудували в Одесі АТС на 25 номерів. Фрейденберг у 1895 і 1896 рр. одержав патенти на пристрої для пошуку номера, що викликається. В 1896 р. під керівництвом Бердичівського у Великобританії була створена АТС на 10000 номерів.

Кінець XIX в. був ознаменований бурхливою телефонізацією в усьому світі. Повітряні і кабельні лінії зв'язку будувалися усередині міст і між ними. Для далекого зв'язку в 1915 р. інженер В.І. Коваленков розробив дуплексну систему із проміжними підсилювачами. У той час у світі число телефонних апаратів склало вже близько 10 млн.

Практично із самого початку телефон використовувався для передачі інформації, що представляє загальний інтерес. У 1886 р. у США з'явився телефонний годинник. При знятій трубці раз у хвилину передавалися слабкі клацання, що дозволяли визначити точний час. У 1936 р. у Парижі час по телефону повідомляв вже "годинник, що говорить", а в 50-х рр. можна було також почути й останні звістки з прогнозом погоди. У 1985 р. у Франції телефон мав уже близько 150 різноманітних програм від інформації про НЛО до порад городникам.

На початку XXI в. сфера використання телефону значно розширилась. З'явилися апарати, що записують повідомлення, портативні радіотелефони, телефакси, мобільні телефони.

Ідея телефаксу була запропонована англійцем А. Байном у 1843 р., тобто за 33 роки до появи телефону. Телефакс дозволяє передавати письмове повідомлення, документ або креслення. Він включається в телефонну мережу, а з'єднання з абонентом здійснюється після звичайного набору його

го номера.

Телефонні системи та мережі у теперішній час автоматизовані і за допомогою радіорелейних станцій великої пропускної здатності і штучних супутників Землі забезпечується наддакий зв'язок між країнами і континентами.

### 5.3. Радіо і телебачення

Радіо і телебачення - відносяться до найвидатніших винаходів кінця XIX - початку XX вв. З появою радіо утворилась нова галузь техніки, яка має велике практичне значення для різних сфер людської діяльності. Радіотехніка стала самостійною інженерною дисципліною. На її основі був створений радіозв'язок, радіомовлення і телебачення, які на початку XXI в. стали невід'ємною частиною нашого життя.

#### Радіо

Створення радіо стало результатом розвитку науки і техніки XIX в. Його не можна приписати одній людині, але необхідно згадати піонера цього напрямку техніки, що першим розв'язав задачу бездротової передачі радіосигналів - О.С. Попова (1859 - 1906 рр.).

У 1886 р. німецький фізик Г. Герц (1857 - 1894 рр.) експериментально показав факт випромінювання електромагнітних хвиль.

О.С. Попов у 1889 р. висловив припущення про можливість електромагнітної передачі сигналів на відстань.

На початку 90-х рр. Н. Тесла демонстрував випромінювання довгих електромагнітних хвиль від котушок Румкорфа і запалював в їх полі електротрампи. Тесла передбачав появу бездротового телефону.

Англійський фізик Лодж запропонував використовувати в дослідах Герца прилад фізика Бранлі (1891 р.) - когерер. У ньому металеві ошурки змінювали свій електричний опір під дією електромагнітних хвиль.

Попов обладнав когерер пристроєм для струшування його корпусу після спрацьовування, в результаті чого забезпечувалось відновлення чутливості приладу. У 1894 р. він домігся прийому сигналів на відстані декількох метрів. Попов першим приєднав до когерера антену і зробив можливою реєстрацію грозових розрядів на відстані декількох кілометрів. На початку 1895 р. він створив перший радіоприймач (рис. 5.9), що був продемонстрований 7 травня 1895 р. на засіданні Російського фізико-хімічного суспільства. З тих пір 7 травня відмічається як День Радіо.

На основі приймача Попова влітку 1895 р. був побудований "грозовідмітчик" з автоматичним записом атмосферних розрядів на паперову стрічку, що працював на метеостанції Лісового інституту Петербурга.

24 березня 1896 р. О.С. Попов випробовував приймальну радіостанцію з записом сигналів на стрічку телеграфного апарата С. Морзе. На відстані 250 м було прийнято два слова - "Генріх Герц".

В часи своїх демонстрацій Попов служив у військово-морських мін-

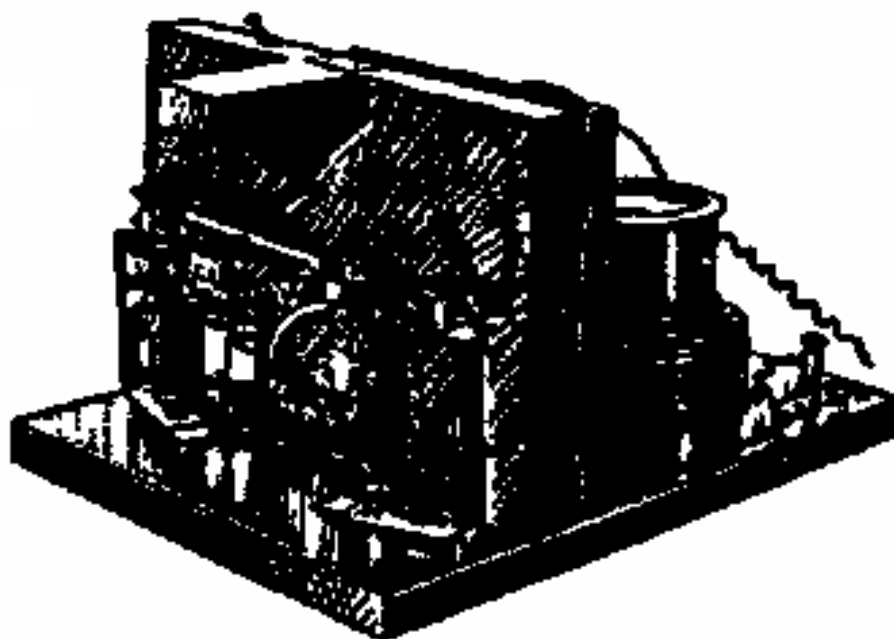
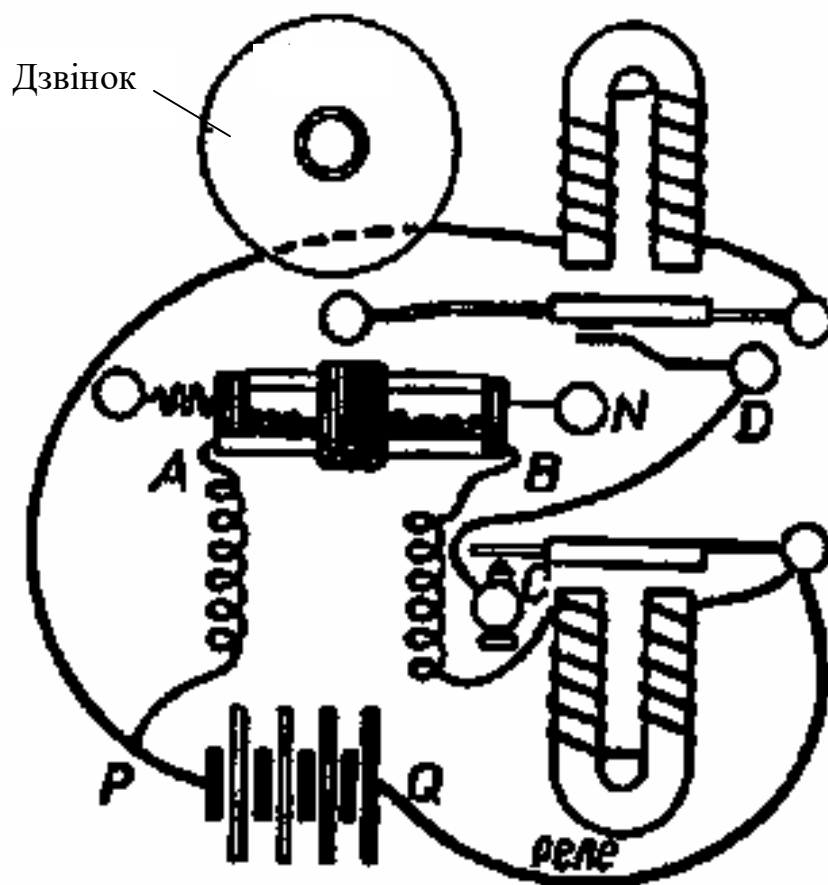


Рис. 5.9. Схема і зовнішній вигляд радіоприймача О.С. Попова

них класах і Морське міністерство заборонило йому розголошення технічних подробиць апарата, в результаті Попов не взяв патент на винахід.

Значну роль у розвитку радіотехніки зіграв Г. Марконі (1874 - 1937рр.). Улітку 1896 р. у пресі з'явилися повідомлення про створення Г.Марконі бездротового телеграфування. Заповзятливий італієць 2 червня 1896 р. одержав патент на схему бездротового телеграфу, який повторював апарат Попова.

У 1897 р. Попов збільшив дальність зв'язку до 640 м, а потім і до 5км. У 1899 р. він розробив телефонний приймач, який працював на основі детекторного ефекту, відкритого П.Н. Рибкіним і Д.С. Троїцьким. Приймач був запатентований у Росії, Великобританії і Франції.

Вже у перших радіопередачах було помічене явище відбиття радіохвиль від споруд і інших перешкод. У 1902 - 1904 рр. німецький інженер Х. Хюльмайстер використав його в "телемобілескопі". Згодом явище відбиття радіохвиль стало фізичною основою радіолокації.

Незважаючи на успішні дослідження Попова і їх практичне значення, в Росії не приймалося ніяких заходів для організації виробництва радіоапаратури. Винаходи Попова були використані фірмою Е. Дюкрете (Франція), яка у 1898 р. почала випуск радіотелеграфних апаратів. Пізніше - у 1901 р. - у Кронштадтській радіомайстерні для російського флоту в невеликій кількості були виготовлені аналогічні апарати.

У 1900 р. на ознаку визнання заслуг у створенні радіо О.С. Попову була присуджена Велика золота медаль Міжнародної промислової виставки в Парижі.

У цей же час за підтримкою англійського поштового відомства Марконі організував "Компанію бездротового телеграфу і сигналів" для дослідження і виробництва радіоапаратури. У 1899 р. Марконі здійснив радіопередачу через протоку Ла-Манш, а в 1901 р. - через Атлантику - за допомогою передавача зі складною антеною потужністю 15 кВт.

Удосконалення радіоапаратів дозволило розпочати їх широке впровадження. З 1901 р. усі морські судна стали оснащуватися радіопередавачами. У 1911 р. радіопередавач вперше установили на літак - Бекер (Великобританія). Зростала і дальність радіопередач. У 1911 р. був реалізований радіозв'язок на 10000 км.

У перший період розвитку радіотехніки (приблизно до 1916 р.) використовувалися іскрові передавачі типу апарата Попова. Пізніше були розроблені більш досконалі системи із коливаннями, що слабо затухають. У 1905 - 1908 рр. німецький фізик М. Він розробив метод ударного порушення коливань за допомогою іскрового розрядника з повітряним проміжком. На основі вказаних розробок датчанин В. Поульсен сконструював радіопередавач з дуговим генератором незатухаючих коливань потужністю до сотень кіловат. Передавачі Поульсена (рис. 5.10, а) експлуатувались до 1917 р.

У 1912 р. були реалізовані передавачі з машинними високочастотни-

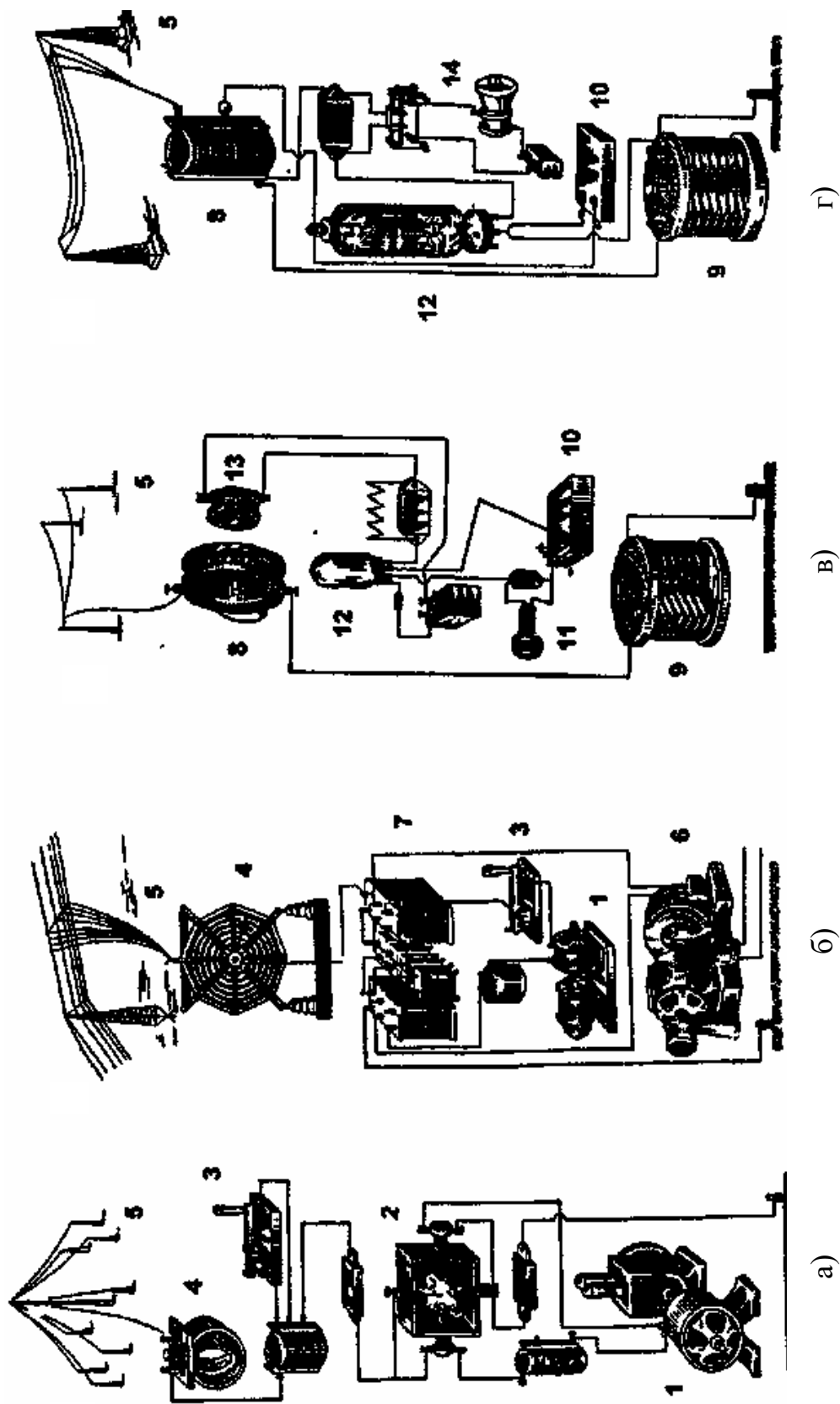


Рис. 5.10. Схеми радіопередавачів та приймачів: а – передавач Поульсена; б – машинний передавач; в – ламповий приймач; г – радіотелефонний передавач; 1 – генератор постійного струму; 2 – дуга; 3 – ключ; 4 – варіометр; 5 – антена; 6 – генератор високої частоти; 7 – множники частоти; 8 – антенна котушка; 9 – конденсатор змінної ємності; 10 – анодна батарея; 11 – телефон; 12 – триод; 13 – детекторна котушка; 14 – мікрофон

ми генераторами. Вони розроблялися Р. Фессенденом, Е. Олександрсоном, Р. Гольдшмідтом, В.П. Вологдіним (1881 - 1953 рр.) і іншими. Потужність генераторів досягла 150 кВт. На базі даних апаратів був здійснений перехід від радіотелеграфу до радіотелефону. Схема машинного передавача показана на рис. 5.10, б.

Для радіоприймачів у той же час розроблялися кристалічні детектори, що замінили когерер. Створенням та дослідженням детекторних приймачів займалися Г. Марконі, Р. Фессенден, Г. Денвуді, К. Браун, а у Росії - М.В.Шулейкін і Н.Н. Циклінський. Детектори не вимагали джерел живлення і дозволяли здійснювати прийом радіопередач і їх прослуховування в навушниках. Дана апаратура широко використовувалися до кінця 20-х рр.

Наступний етап розвитку радіотехніки пов'язаний з виникненням електроніки. Електроніка - галузь електротехніки, задачами якої є створення та удосконалення пристроїв для керування струмами шляхом впливу на потоки електронів.

Випуск електронів розпеченою металевую ниткою - термоелектронна емісія - було відкрито Едісоном у 1883 р. Дане явище вивчали Ю.Ельстер, Г. Гейтель і інші. На базі результатів їх досліджень почалося створення електронних ламп різного призначення.

У 1904 р. Дж. Флемінг (1849 - 1945 рр.) виготовив електронну лампу з двома електродами - діод, що одержав поширення як детектор приймача і випрямник.

У 1904 р. Вайнтрауб і в 1907 р. Лі де Форест (1873 - 1961 рр.) відкрили можливість керування потоком електронів за допомогою третього електрода - сітки. Триелектродна лампа - тріод, названа винахідником "аудіоном", стала основним елементом підсилювачів слабких електричних коливань. У 1913 р. Г. Мейснер запропонував схему лампового генератора для передавачів, у якому тріоди були використані в якості генераторів незатухаючих електричних коливань.

У 1911 р. американський фізик Ч.Д. Кулідж винайшов оксидний довговічний катод. Він запропонував покрити вольфрамовий катод окисом торію. У 1915 р. фізик І. Лангмюр сконструював кенотрон - двоелектродну лампу - випрямник для джерел живлення й у тому ж році разом з Г. Арнольдом підвищив вакуум у тріоді і розширив його можливості. У цей же час Н.Д. Папалексі створив теорію перетворювальних випрямних схем.

У 1916 р. були освоєні методи виготовлення глибоковакуумних електронних радіоламп, які стали основним елементом радіопередавальних і приймальних пристроїв. Схеми лампових приймача і передавача показані на рис. 5.10, в, г.

Зміна способу генерування коливань забезпечила розширення діапазони довжин радіохвиль. У радіозв'язку при загасаючих коливаннях використовувалися середні хвилі довжиною 200 - 3000 м, в дугових і машинних генераторах - довгі хвилі 3000 - 25000 м. Перехід до лампових передавачів



дозволив у 20-х р. запровадити застосування коротких хвиль.

Одночасно з розвитком лампових радіостанцій удосконалювалися і радіоприймачі. Розробка підсилювачів дозволила перейти до гучномовних приймачів.

У перших лампових приймачах використовували ламповий генератор (гетеродин). У 1913 р. американський учений Е.Х. Армстронг (1890 - 1954 рр.) винайшов схему регенеративного прийому, поєднавши в одному тріоді функції детектора і підсилювача зі зворотним зв'язком. Регенеративна схема і ряд інших схем - супергетеродинна (1918 - 1920 рр.), рефлексна, нейтродинна - стали основою радіоприймальних пристроїв. Були розроблені численні різновиди електронних ламп.

У 20-х рр. у Нижньогородській радіолабораторії під керівництвом М.А.Бонч-Бруєвича (1888 - 1940 рр.) були створені потужні генераторні радіолампи з водяним охолодженням, що дозволило почати будівництво радіостанцій.

У 1920 - 1922 рр. радіомовлення інтенсивно розвивається в СРСР, США, Франції й Великобританії. У великих масштабах стали використовуватися ультракороткі хвилі (УКХ) з амплітудною і частотною модуляцією. У 30-х рр. з'явилися перші радянські масові радіоприймачі Сі-235 із середніми і довгими хвилями і 6Н1 з прийомом в п'яти діапазонах. Після Великої Вітчизняної війни були випущені приймачі "Рекорд" і "Родіна". У 1959 р. в усьому світі працювало понад 300 млн. побутових радіоприймачів.

На базі радіоелектроніки виникли телебачення, звуко- і відеозапис, обчислювальна техніка.

У 50 - 60-х рр. з'явилося нове покоління радіотехніки на напівпровідникових діодах і тріодах.

До напівпровідників відносяться германій, графіт, кремній, бор, цезій, рубідій, галій, кадмій і деякі хімічні сполуки. Ще в 1922 р. у СРСР О.В.Лосєв показав можливість підсилення і генерування коливань за допомогою напівпровідникових детекторів. Окремі властивості напівпровідників досліджувалися починаючи з 30-х рр. У 1932 р. А.Ф. Йоффе почав розробки фотоелементів і створив елементи з ККД 0,1%. Пізніше були отримані ефективні напівпровідникові фотоелементи з ККД 10% (60-і рр.) і напівпровідникові випрямники з ККД 99%.

У 1938 р. У. Шоклі почав роботу над створенням плоского транзистора і в 1951 р. запатентував його. Перший кристалічний тріод був виготовлений у 1948 р. Дж. Бардінім і У. Браттейном у США.

У 40 - 50-х рр. були розроблені і широко використовувались германієві і кремнієві діоди і тріоди, що замінили електронні лампи. Створення напівпровідників дозволило значно зменшити розміри радіоапаратури й енергоспоживання при одночасному підвищенні її надійності. Вони практично цілком витиснули вакуумні радіолампи.

На початку ХХІ в. радіозв'язок отримав глобальний характер і широ-

ко використовується в різних галузях: радіомовленні, для передачі телефонної, телеграфної, фототелеграфної, телевізійної, метеорологічної й іншої інформації. Особливе місце зайняв супутниковий і космічний радіозв'язок, за допомогою якого через стаціонарні штучні супутники Землі здійснюється ретрансляція передач наземних радіо- і телевізійних станцій, а також обмін інформацією з космічними станціями, населеними й автоматичними апаратами (передача команд, телевимірювання, траєкторні вимірювання). Дальність космічного зв'язку може сягати 4,5 млрд. км ("Піонер-10", 1983 р.).

### Телебачення

Перші спроби передати зображення по дротах відносяться до 1876 р. і пов'язані з винаходом способу передачі електричного сигналу. Грамотний розв'язок проблеми реалізації даного способу першими дали Де Пайва (1878 р.) і незалежно від нього, П.І. Бахметьев (1880 р.). Їх системи склалися з передавальної камери і приймача, з'єднаних двома дротами. Зображення передавалося почергово окремими фрагментами. У 1884 р. у Німеччині П.І. Ніпков розробив принцип механічної розгортки зображення за допомогою обертового диска з отворами, розташованими по спіралі. Даний елемент одержав назву "диска Ніпкова" і використовувався у всіх системах "механічного" телебачення. Термін "телебачення" був запропонований в 1900 р. на електротехнічному конгресі викладачем електротехніки російської Артилерійської академії К. Перскі.

Для створення телебачення велике значення мав винахід А.Г. Столетовим (1839 - 1896 рр.) селенових фотоелементів. Поєднання фотоелементів, диска Ніпкова і неонових ламп із плоским електродом уможливило досліди з механічним телебаченням. Труднощі були із синхронізацією дисків, але і вони могли бути усунені. Однак майбутнє було не за механічним телебаченням.

У 1897 р. у Німеччині К.Ф. Браун сконструював електронно-променеву трубку, яку в 1907 р. у Росії Б.Л. Розінг використав у своїй системі відтворення телевізійних зображень. В даній системі Розінг реалізував електронну розгортку зображення, що знімалось за допомогою механічного пристрою, створеного на основі чутливих лужних фотоелементів із зовнішнім фотоэффектом. Схема телевізійної системи Б.Л. Розінга наведена на рис. 5.11. У 1911 р. Розінг отримав перше зображення у вигляді декількох рівнобіжних ліній.

На початку 20-х рр. стало зрозумілим, що в телебаченні необхідно використовувати електронні пристрої, а зображення повинно передаватися без дротів. Виникла потреба в досконалих передавальній і приймальній трубках. В 30-х рр. ХХ в. почалися інтенсивні роботи у сфері електронного телебачення.

У 1929 р. в США В.К. Зворикін створив приймальну трубку з електростатичним фокусуванням, названу кінескопом. У 30-х рр. у СРСР були

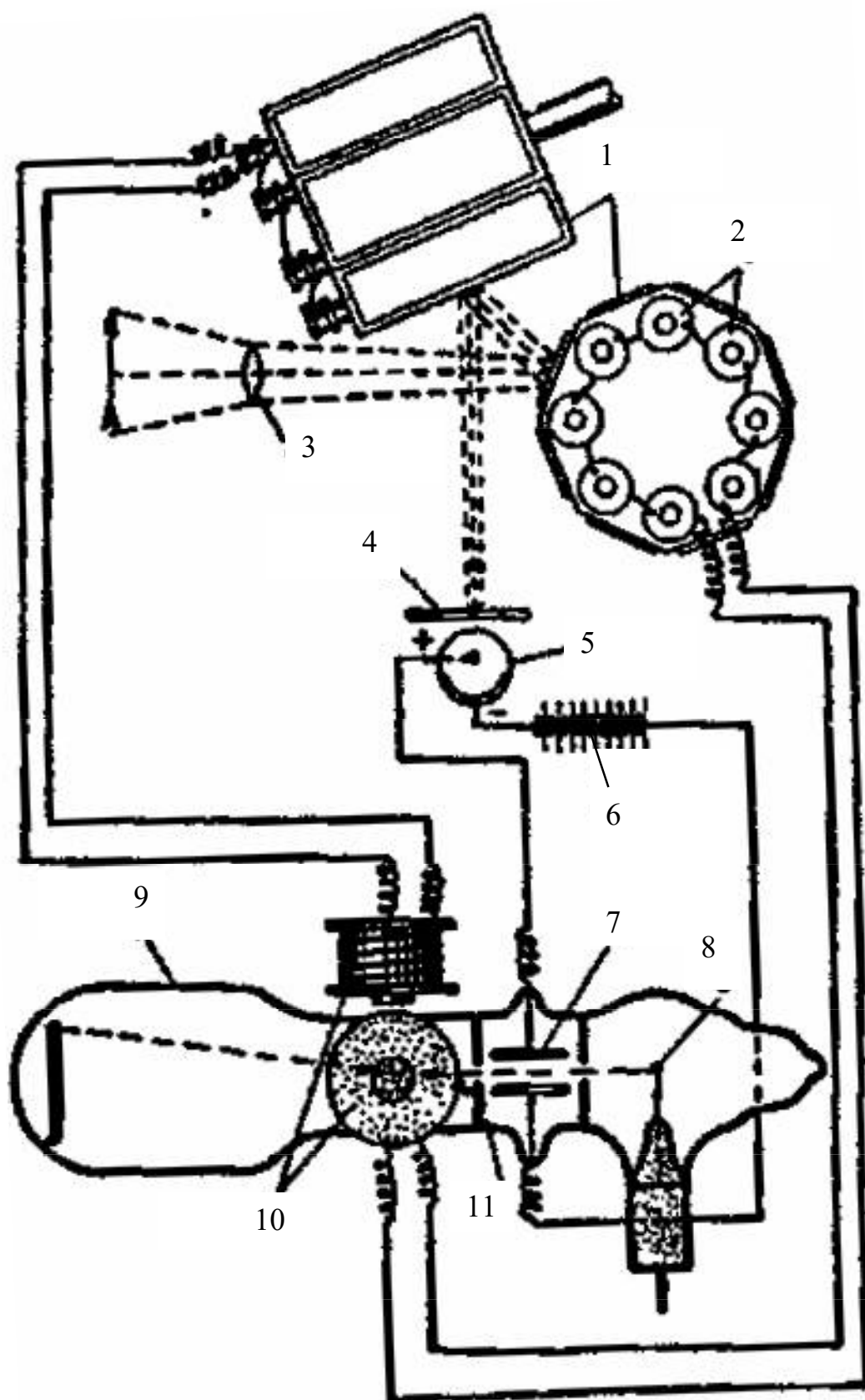


Рис. 5.11. Схема телевізійної системи Б. Розінга: 1 – дзеркальний барабан з котушками синхронізації; 2, 3 – лінзи; 4 – екран з отвором; 5 – фотоелемент; 6 – батареї; 7 – конденсатор; 8 – катод; 9 – електронно-променева трубка; 10 – електромагніти відхилення електронного пучка; 11 – діафрагма

розроблені трубки з магнітними фокусуванням і відхиленням пучка електронів.

У 1923 р. В.К. Зворикін реалізував першу передавальну трубку, принцип дії якої був оснований на фотоэффекті – світло перетворювалось у електричні сигнали за допомогою мозаїчного фотокатода. Пізніше з'явилися більш досконалі трубки з накопиченням зарядів - іконоскопи. Робота над іконоскопами йшла одночасно в СРСР - А.П. Константинов, С.І. Китаєв, А.В. Москвін і в США - В.К. Зворикін. Однак й іконоскоп не забезпечував високої якості зображення. В 1933 р. у СРСР П.В. Тимофеев і П.В. Шмаков створили суперіконоскоп, що мав чутливість у 10 разів вищу ніж у іконоскопа. У 1939 р. у США інженери А. Розе і Х. Ямс винайшли першу трубку ортискон, у якій був реалізований потік електронів з малою швидкістю. Г.В. Брауде в СРСР запропонував об'єднати принципи суперіконоскопа й ортискона. У 1943 р. А. Розе, П. Веймер і Х. Лоу використали дану ідею в новій трубці - суперортисконі. Чутливість суперортискону була понад тисячі разів більшою ніж чутливість ортискона. Створення такої трубки розширило можливості для передачі якісного зображення не тільки зі студії, але й з вуличних об'єктів і з театрів.

Крім трубок, на зовнішньому фотоэффекті за пропозицією А.А. Чернишова (1926 р.) у 1950 р. була виготовлена передавальна трубка на внутрішньому фотоэффекті - відискон, що використовувалась в системах кольорового телебачення і передачі кінофільмів.

Названі розробки уможливили реалізацію телебачення.

Практично одночасно з розробками чорно-білого телебачення проводилися дослідження передачі кольорових зображень.

У 1899 р. російський інженер А.А. Полумордвінов запропонував оптико-механічну систему з розкладанням кольорів за допомогою двох дисків, що обертались. У 1907 - 1908 рр. російський інженер І.А. Адам'ян розробив пристрій для передачі білого і червоного кольорів, а пізніше - у 1925р. - оптико-механічну систему з послідовною передачею трьох основних кольорів (рис. 5.12, а). Однак рівень техніки того часу був недостатній для реалізації даних розробок.

Перший дослід передачі кольорового зображення був проведений Дж. Бердом у Великобританії в 1928 р.

У 1940 - 1941 рр. кольорове телебачення з послідовною передачею кольорів випробувалося в США. З 1949 р. там же за системою послідовного телебачення, розробленою П. Гольдмарком, здійснювалися регулярні кольорові телепередачі. Але якість зображення була низькою, а телевізори громіздкими.

У зв'язку з цим, згадали про досліди одночасної передачі кольорів, проведені ще в 1929 р. У 1953 р. в США система одночасного телебачення була реалізована (рис. 5.12, б). Вона одержала назву НТСІ і дозволяла по одному телевізору дивитися як кольорові так і чорно - білі програми.

Розробки кольорового телебачення велися й у Європі. Було запропо-

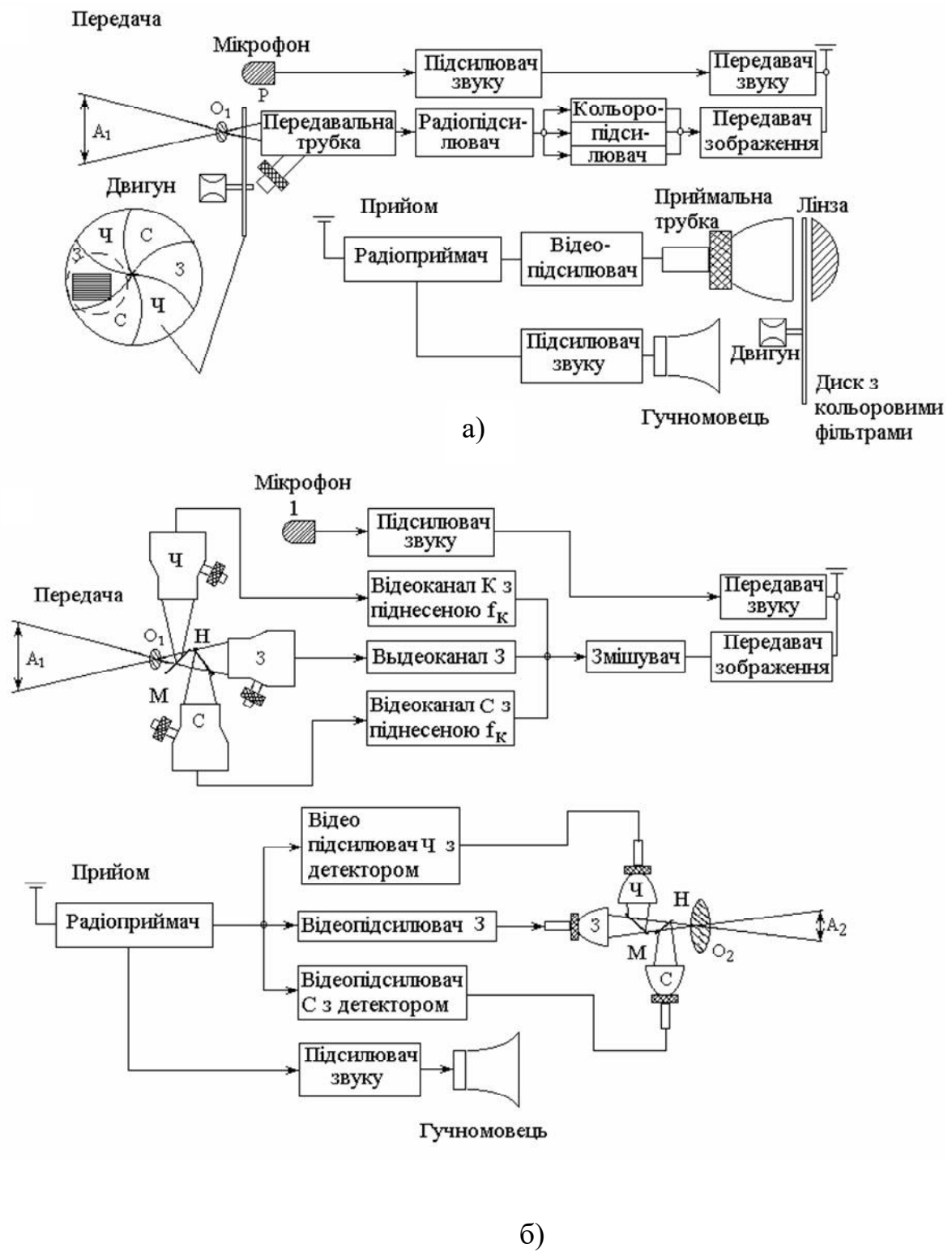


Рис. 5.12. Схеми послідовного (а) і паралельного (б) телебачення

новано близько 10 систем. У 1954 р. у Франції найбільш удаюю була визнана система А. де Франса. Після удосконалення вона одержала назву SECAM - французька аббревіатура, що означає "черговість кольорів і пам'ять". Система була конкурентноздатною з NTSC. У 1967 р. у Франції, СРСР і інших європейських країнах була прийнята система SECAM-III.

У 1963 р. у ФРН В. Брух розробив систему кодування кольорів PAL - від німецьких слів "рядок зі змінною фазою". В системі PAL з 1967 р. працює телебачення ФРН і Великобританії.

У 1989 р. з'явився HDTV - новий стандарт широкоекранного телебачення 16×9, прийнятий у кіно.

Чіткість телезображення залежить від числа рядків на екрані кінескопа. У 1941 р. було реалізовано 525 рядків при 30 кадрах за секунду. В європейських країнах, в тому числі і в Україні, прийнятий стандарт 625 рядків при 25 кадрах за секунду. В США і Японії діє стандарт 1125 рядків.

Техніка телебачення продовжує розвиватися і удосконалюватися.

Дослідні передачі в Москві були початі в жовтні 1931 р. З 1938 р. телецентр Москви вів регулярні телепередачі. В 1936 р. у Великобританії працювала телекомпанія Бі-Бі-Сі. У США телебачення з'явилося в 1940 р. Особливий розмах воно одержало після другої світової війни. Кольорове телебачення функціонує в США з 1949 р., у СРСР - з 1959 р.

Обмін телепрограмами між телестанціями ведеться по коаксіальних кабелях, радіорелейних лініях з ретрансляторами, що віддалені один від одного приблизно на 50 км, а також за допомогою систем супутникового зв'язку.

Чіткий прийом передач станціями телевізійних систем здійснюється в межах прямої видимості, тому передавальні антени роблять максимально високими. До 2000 р. у світі працювало 15 антенних конструкцій висотою понад 300 м. Будуються антени, що спеціально призначені для телебачення, а також використовуються існуючі висотні споруди. Найстарішою з них є Ейфелева вежа, яка має висоту 300,5 м і побудована в 1889 р. Найвищою була варшавська радіощогла - 646,38 м (1974 р., конструктор Ян Полака). Під час реконструкції в 1991 р. щогла упала. Висота вежі Останкіно в Москві, що побудована за проектом Н.В. Нікітіна - 540 м (1967р.). За прогнозами у майбутньому число висотних антен буде зростати.

У перспективі телебачення: перехід на цифрову систему, підвищення чіткості зображення, стереофонічне звучання, можливо - стереозображення.

## Література

1. Симоненко О.Д. Сотворение техносферы: проблемное осмысление истории техники. - М.: Аргус, 1994.
2. Блок М. Апология истории или ремесло историка. - М.: Наука, 1973.
3. Зворыкин А.А. и др. История техники. - М.: Изд. соц-эконом. литературы, 1962.
4. Кефели И.Ф. История науки и техники: Учеб. пособие. - СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 1995.
5. Гутнер Л.М. Философские вопросы научно - технического познания и инженерной деятельности. - СПб.: СЗПИ, 1993.
6. Теория механизмов и машин. Терминология. - М.: Наука, 1978.
7. Чутко И. Мост через время. - М.: Политиздат, 1989.
8. Современная научно - техническая революция/ Под ред. С.В. Шухардина. - М.: Наука, 1970.
9. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978.
10. Хазов Б.Ф., Дидусиев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. - М.: Машиностроение, 1986.
11. Сандлер Дж. Техника надежности систем. - М.: Наука, 1966.
12. Сомов Ю.С. Композиция в технике. - М.: Машиностроение, 1987.
13. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г./ Пер. с англ. под ред. Ю.Н. Старшинова. - М.: Энергия, 1980.
14. Технический прогресс энергетики СССР/ Под ред. П.С. Непорожного. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
15. Карцев В.П., Хазановский П.М. Тысячелетия энергетики. - М.: Знание, 1984.
16. Кудрявцев П.С., Конфедератов И.Я. История физики и техники. - М.: Учпедгиз, 1960.
17. Экология и политика/ Под ред. Кондратьева К.Я. - СПб.: РАН, 1993.
18. Канаев А.А. От водяной мельницы до атомного двигателя. - М.: Машгиз, 1957.
19. Конфедератов И.Я. История теплоэнергетики. Начальный период (17-18 вв.). - М.- Л.: ГЭИ, 1954.
20. Хотеев В.Ф. Все о технике. - М.: Дрофа, 1996.
21. Из истории отечественной техники. - Л.: Ленгиз, 1950.
22. Иойрыш А.И., Морохов И.Д., Иванов С.К. А-бомба. - М.: Наука, 1980.
23. Содди Ф. История атомной энергии. - М.: Атомиздат, 1979.
24. Атомная энергетика сегодня и завтра/ Под. ред проф. Т.Х.Маргуловой. - М.: Высш.школа, 1989.
25. Витт П. Газовые турбины. - М.: Машиностроение, 1965.
26. Кулагин И.И. Теория авиационных газотурбинных двигателей. - Л.: ЛКВВИА, 1954.

27. Флоренсов В.Я. Динамо-машины для токов постоянного направления. - СПб, 1890.
28. Тиходеев Н.Н. Передача электрической энергии. - Л.: Энергоатомиздат, 1984.
29. Управление мощными энергообъединениями/ Под ред. С.А. Соколова. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
30. Загорский Ф.Н. Очерки по истории металлорежущих станков. - Л.: Л.О. изд. АН СССР, 1960.
31. Металлорежущие системы машиностроительных производств/ О.В. Таратынов, Г.Г. Земсков, И.М. Баранчукова и др.; под ред. Г.Г. Земскова, О.В. Таратынова. - М.: Высш.школа, 1988.
32. Оптиц Г. Современная техника производства: состояние и тенденции/ Сокр. пер. с нем. - М.: Машиностроение, 1975.
33. Шаумян Г.А., Кузнецов Г.Г., Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов/ Под ред Г.А. Шаумяна. - М.: Высш.школа, 1967.
34. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии. - М.: Сов. радио, 1976.
35. Маталин А.А. Технология машиностроения. - Л.: Машиностроение, 1985.
36. Ратмиров В.А. Основы программного управления станками. - М.: Машиностроение, 1978.
37. Ратмиров В.А. Управление станками гибких производственных систем. - М.: Машиностроение, 1987.
38. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. - М.: Машиностроение, 1976.
39. Мясников В.А., Вальков В.М., Омельченко И.С. Автоматизированные и автоматические системы управления технологическими процессами. - М.: Машиностроение, 1978.
40. Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. - Л.: Политехника, 1991.
41. Белянин П.Н. Промышленные роботы. - М.: Машиностроение, 1975.
42. Устройство промышленных роботов/ Е.И. Юрьевич, Б.Г. Аветиков, О.Б. Коротко и др. - Л.: Машиностроение, 1980.
43. Гибкие производственные комплексы/ Под ред. П.Н. Белянина, В.А. Лещенко. - М.: Машиностроение, 1986.
44. Многоцелевые системы ЧПУ с гибкой механообработкой/ В.Н.Алексеев, В.Г. Воржев, Г.П. Гырдымов и др.; под ред. В.Т. Колосова. - Л.: Машиностроение, 1984.
45. Гибкие автоматизированные производства в отраслях промышленности/ И.М. Макаров, П.Н. Белянин, Л.В. Лебиков и др.; под ред И.М.Макарова. - М.: Высш. школа, 1986.
46. Гибкие производственные системы сборки/ П.И. Алексеев,



А.Г.Герасимов, Э.П. Давыденко и др.; под ред. А.И. Федотова. - Л.: Машиностроение, 1989.

47. Хартли Дж. ГПС в действии. - М.: Машиностроение, 1987.

48. Раков В.А. Локомотивы отечественных железных дорог 1845 - 1955. - М.: Транспорт, 1995.

49. Дубовской В.И. Автомобили и мотоциклы в России (1896 -1917 гг.). - М.: Транспорт, 1994.

50. Шугуров Л.М., Шершов В.П. Автомобили страны советов. 2-е изд. - М.: ДОСААФ, 1983.

51. Долматовский Ю.А. Автомобиль за 100 лет. - М.: Знание, 1986.

52. Генриот Э. Краткая иллюстрированная история судостроения. - Л.: Судостроение, 1974.

53. Белкин С.И. Голубая лента Атлантики. - Л.: Судостроение, 1990.

54. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. - М.: Высш. школа, 1985.

55. Евневич А.В. Грузоподъемные и транспортирующие машины на заводах строительных материалов. - М.: Изд. машиностр. литературы, 1962.

Навчальне видання

Р.Д.Іскович-Лотоцький, І.В.Севостянов

## **ІСТОРІЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

### **Навчальний посібник Ч.ІІ**

Оригінал-макет підготовлено автором І.В.Севостяновим  
Редактор В.О.Дружиніна  
Коректор З.В.Поліщук

Науково-методичний відділ ВНТУ  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку  
Формат 29,7х42<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
Друк різнографічний  
Тираж 75 прим.  
Зам. №

Гарнітура Times New Roman  
Папір офсетний  
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі Вінницького національного технічного університету  
Свідоцтво Держкомінформу України  
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ