

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

І. К. Лебедєв, Л. Р. Ігнатова, А. І. Махінько

ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ

**Навчально-методичні матеріали
для студентів факультету прикладної математики**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями
113 «Прикладна математика», 121 «Інженерія програмного забезпечення»,
123 «Комп'ютерна інженерія»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

УДК 001(091)+62(091)](075.8)
ЛЗЗ

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 13.05.2021 р.)
за поданням Вченої ради факультету прикладної математики
(протокол № 09 від 26.02.2021 р.)*

- Рецензент** *І. С. Тарнавський, д-р іст. наук, проф.,
професор кафедри історії факультету соціології і права
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*
- Відповідальний редактор** *Є. С. Сулема, д-р техн. наук, доц.,
доцент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем
факультету прикладної математики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*
- Авторський колектив:** *Лебедєв Ігор Касьянович, канд. іст. наук, доц.
Ігнатова Людмила Русланівна, канд. іст. наук, доц.
Махінко Анна Іванівна, канд. іст. наук, доц.*

Лебедєв І. К.

ЛЗЗ Історія науки і техніки : навч.-метод. матеріали для студ. ф-ту прикладної математики ; навч. посіб. для студ. спец. 113 «Прикладна математика», 121 «Інженерія програмного забезпечення», 123 «Комп'ютерна інженерія» / І. К. Лебедєв, Л. Р. Ігнатова, А. І. Махінко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 128 с.

Навчально-методичні матеріали містять конспективний виклад лекційного курсу «Історія науки і техніки» і покликані допомогти студентам під час підготовки до семінарських занять, виконання самостійної роботи, підготовки до семестрового контролю. У виданні викладено історію розвитку світової наукової думки, розглянуто історію розвитку техніки, подано основні етапи розвитку інженерної освіти.

Для студентів факультету прикладної математики, які навчаються за спеціальностями 113 «Прикладна математика», 121 «Інженерія програмного забезпечення», 123 «Комп'ютерна інженерія».

УДК 001(091)+62(091)](075.8)

© І. К. Лебедєв, Л. Р. Ігнатова,
А. І. Махінко, 2021
© КПІ ім. Ігоря Сікорського (ФПМ), 2021

ЗМІСТ

Тема 1. Теоретико-методологічні основи дисципліни «Історія науки і техніки»	4
Тема 2. Розвиток техніки давніх цивілізацій та накопичення наукових знань	11
Тема 3. Особливості розвитку виробництва і техніки у добу Середньовіччя	22
Тема 4. Розвиток науки і техніки у добу промислового перевороту	33
Тема 5. Нові відкриття у фізико-математичних і природничих науках та технічні винаходи останньої чверті XIX – початку XX ст.	49
Тема 6. Розвиток техніки на початку XX ст.	61
Тема 7. Світова наука і техніка у 1920-1940-х рр.	75
Тема 8. Розвиток науки і техніки у другій половині XX – на початку XXI ст.	91
Тема 9. Історія виникнення та розвитку інженерної освіти і технічних наук	110
Список рекомендованої літератури	125

Тема 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДИСЦИПЛІНИ «ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ»

План семінарського заняття

1. Основні поняття, предмет, мета, завдання та періодизація історії науки і техніки.
2. Історіографія, джерела історії науки і техніки.
3. Етапи розвитку, значення науки і техніки у житті людства.

1. Основні поняття, предмет, мета, завдання та періодизація історії науки і техніки

Історія науки і техніки – порівняно молода наука, яка почала складатися як самостійний розділ історичного знання лише наприкінці позаминулого століття, а саме – з 1892 р., коли в одному з університетів Франції вперше з'явилася кафедра історії науки. З того часу почався й період вивчення історії науки і техніки як самостійної дисципліни, що зумовило перетворення молоді науки вже в середині минулого століття в одну з важливих галузей історичного знання. Тоді ж чітко визначився і предмет історії науки і техніки – не просте реконструювання минулого наукового знання, а дослідження процесу розвитку науки з метою з'ясування тенденцій і закономірних зв'язків, що визначають зміст і напрями цього процесу.

Пропонований курс «Історії науки і техніки» має на меті поглибити знання студентів, пов'язані з розвитком науки і техніки від найбільш простих знарядь до сучасних технологій.

Наука – це сфера людської діяльності, функцією якої є опрацювання і теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність. Це система знань про закономірності розвитку природи, суспільства та уявлень; окремою цариною таких знань є процес їх отримання.

Техніка – сукупність засобів людської діяльності, створених з метою здійснення процесів виробництва та обслуговування невиробничих потреб суспільства (машини, механізми, прилади, знаряддя тієї чи іншої сфери виробництва). У техніці матеріалізуються знання та виробничий досвід, накопичений людством у процесі розвитку суспільного виробництва. Структура техніки визначається її галузевою належністю.

Історія науки і техніки – це самостійна, інституційно сформована сфера історичної науки. Слід зауважити, що історія науки і техніки як дисципліна

продовжує процес становлення й у теперішній час. Вона має міждисциплінарний характер. Це – інтегративна наука, яка об'єднує на новому рівні досягнення окремих наукових напрямів, що не є прямою сумою знань. Історія науки і техніки динамічно змінюється, постійно поповнюється новими знаннями, концепціями та фактами.

Мета історії науки і техніки полягає у тому, щоб забезпечити стале підвищення загальнокультурного і науково-технічного потенціалу суспільства. Завданнями історії науки і техніки як наукової дисципліни є: пошук, систематизація, аналіз та узагальнення наукових та технічних фактів; розширення джерелознавчої бази досліджень; виявлення та обґрунтування законів і закономірностей науково-технічного розвитку; аналіз значення науки і техніки в культурно-історичному розвитку суспільства; удосконалення методологічного забезпечення дослідницької практики.

Одним із принципово важливих завдань будь-якої наукової дисципліни є вироблення періодизації. На певних етапах розвитку людства здійснювалися різноманітні спроби періодизації історичного процесу. Так, Лукрецій Кар висунув ідею про три послідовні етапи у розвитку суспільства – первісний, мисливсько-збиральницький і тваринницько-землеробський. Пізніше арабський учений аль-Біруні висунув ідею великих історичних циклів. До XVIII ст. розвиток людства в цілому зображався як історія звеличування і падіння окремих народів. Філософами-просвітниками було сформульовано поняття прогресу для визначення розвитку людства. Почала використовуватися ідея переходу від нижчих форм суспільного життя до вищих. Про суспільний прогрес у минулому, теперішньому та майбутньому писали Вольтер і Тюрго, Шательє і Кондорсе.

Видатний філософ XX ст. Дж. Тойнбі у своїй праці «Дослідження історії» визначив 21 цивілізацію. Вчений звернув увагу на невідповідність між прогресом у науці та розвитком техніки. Адже в історії людства були випадки, коли техніка удосконалювалася, а цивілізації при цьому залишалися статичними або навіть і занепадали. Водночас відомі й інші приклади – коли техніка не розвивалася, а цивілізації були занадто динамічними. Серед новітніх перспективних підходів у визначенні періодизації слід назвати Д. Белла – одного з теоретиків постіндустріального суспільства. Він виокремлює три головних типи соціальної організації суспільства – доіндустріальний, індустріальний та постіндустріальний.

При всій різноманітності підходів до періодизації історії науки і техніки можна виокремити два найголовніші. Одні науковці виходять з того, що,

оскільки предметом розгляду дисципліни є світовий розвиток науки і техніки, то цілком виправданим можна вважати використання принципів загальної історичної періодизації. Загальноприйнятим вони вважають поділ всесвітньої (загальної) історії на історію первісного суспільства, давню, середньовічну, нову та новітню історію.

Інші обстоюють ідею пошуку специфічних підходів у виробленні історіографії історії науки і техніки. Зокрема, деякі учені пропонують поділяти історію людства на два великих періоди. Перший – це період історії людства до промислової революції (так зване «традиційне суспільство»). Другий – це, відповідно, період після промислової революції (так зване «індустріальне суспільство»). В «індустріальному суспільстві» роль науки і техніки є більш очевидною, ніж у традиційному, проте насправді розвиток традиційного суспільства так само визначався розвитком техніки.

Грунтуючись на новітніх досягненнях історії науки автори в основу курсу покладають проблемно-хронологічний принцип періодизації, виокремлюючи історію людства на кілька великих періодів: 1. Найдавніший (доцивілізаційний) період; 2. Період давніх цивілізацій (Єгипет, Індія, Межиріччя, Китай); 3. Доба Античного світу; 4. Доба Середньовіччя; 5. Доба нового часу (мануфактурне виробництво); 6. Доба промислової революції XVIII–XIX ст.); 7. Доба індустріального суспільства (до середини XX ст.); 8. Початок інформаційної епохи (доба НТР).

2. Історіографія, джерела історії науки і техніки

Історіографія – це: а) історія історичної науки загалом, а також сукупність досліджень, присвячених певній епосі, темі або сукупності історичних робіт, які мають внутрішню єдність; б) частина історичної науки, яка вивчає її історію (накопичення історичних знань, боротьбу в трактуванні історичних явищ, зміну методологічних напрямів у науці).

Історія науки і техніки має свою структуру та інфраструктуру як сукупність основних організаційно сформованих структурних одиниць. Серед них є: дослідницькі центри; факультети, кафедри вищих навчальних закладів; музеї; періодичні видання (журнали і газети); комп'ютерні бази даних та ін.

Загальновизнаною академічною інституцією, що вже тривалий час спеціально займається дослідженням проблем історії науки і техніки, є Центр досліджень науково-технічного потенціалу й історії науки ім. Г. Доброва НАН України. Історія центру бере свій початок з 1965 р., коли завдяки старанням доктора економічних наук Геннадія Доброва був заснований відділ

машинних методів історико-наукової інформації Інституту історії НАН України. За 30 років невеликий відділ перетворився на самостійну академічну установу. Г. Добров залишався незмінним керівником центру протягом 23 років. 1989 р., після його смерті, у зв'язку з великим внеском у становлення і розвиток наукознавчих досліджень, Центру було присвоєно ім'я Г. Доброва.

Головними напрямками наукової діяльності Центру є: історико-наукознавчий аналіз розвитку та обґрунтування перспектив науково-технічного і соціально-економічного становлення НАН України; дослідження основних факторів трансформації наукових систем країн з перехідною економікою; системні принципи використання науково-технічного потенціалу України для її інноваційного розвитку.

На Центр покладено координацію теоретико-методичних, прикладних досліджень і розробок у галузі наукознавства та історії науки і техніки, які виконуються в установах НАН України. Найбільш вагомим внеском центру в світове наукознавство є розробка теоретичних основ формування й оцінювання науково-технічного потенціалу, обґрунтування шляхів його трансформації в умовах радикальних соціально-економічних змін і посилення значення науки і технологічного застосування її результатів у підвищенні інновативності економіки.

Крім академічного, осередками ведення науково-дослідницької роботи з історії науки і техніки в Україні є також деякі кафедри вищих навчальних закладів України. Окреме місце серед них посідають технічні університети. У вищих навчальних закладах країни є також чимало лабораторій і груп, де проводяться дослідження з історії науки і техніки.

У значному масиві періодики України важливе місце посідають періодичні видання, в яких висвітлюються ті чи інші аспекти історії науки і техніки. Таких видань в нашій державі чимало, проте є й суто спеціалізовані. Одне з них – міжнародний науковий часопис «Наука та наукознавство / Наука и науковедение / Science and Science of science». Журнал видається в Україні з 1993 р. Його засновниками є Міністерство освіти і науки України, Міністерство у справах науки і технологій, Національна Академія наук України. Базовою організацією з видання журналу є Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. Доброва НАН України. Журнал друкує матеріали українських і зарубіжних авторів з актуальних питань фундаментальної науки, методології, соціології та історії науки, а також з проблем інноваційного розвитку економіки.

Серед інших інституцій, які опікуються розвитком історії науки і техніки, є музеї. Вони також мають велике значення для збереження пам'яток

історії науки і техніки. Структурним підрозділом Національного технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського» є Державний політехнічний музей. Прагнучі до того, щоб доробок світової та вітчизняної науково-технічної думки став надбанням студентів університету, працівники музею регулярно проводять оглядові лекції та екскурсії. За час його існування музей відвідали понад 100 тисяч осіб. Водночас він є важливим осередком наукової роботи. З 2001 р. на базі Державного політехнічного музею розпочато цикл наукових читань «Видатні конструктори України». На матеріалах читань видається серія збірників про видатних конструкторів України. Тут також започатковано видання серії книг «Славетні імена Київського політехнічного інституту».

Розвиток інформаційних технологій призвів до створення віртуальних музеїв. Цікавим у контексті вивчення проблем історії науки і техніки є Європейський віртуальний комп'ютерний музей. Його українська частина – це «Історія розвитку інформаційних технологій в Україні». Вона створена і підтримується на громадських засадах працівниками Інституту кібернетики імені В. Глушкова НАН України, зокрема відомим вченим Б. Малиновським.

Хоча історія науки і техніки є порівняно молодого науковою дисципліною, вона має свою історіографію. Ще наприкінці XIX ст. видатний науковець В. Вернадський вбачав у історії науки цілком самостійну галузь знання зі своїми специфічними проблемами, завданнями і методами. На початку XX ст. значна кількість робіт вчених у спеціальних галузях супроводжувалася історичним оглядом. Такий огляд через значну кількість фактичного матеріалу становив оригінальне історико-наукове дослідження. Прикладом таких праць є роботи В. Кирпичова, К. Зворикіна, В. Кнаббе, В. Геміліана, П. Копняєва та багатьох інших вітчизняних і зарубіжних вчених. Нарешті у сучасних умовах з'явилися суто історіографічні праці, завданням яких є огляд основних ідей і концепцій, що їх опрацьовують історики науки і техніки.

Дослідник науки і техніки у своїй роботі спирається на загальні методологічні принципи, серед яких виділяються загальні, загальнонаукові і конкретно-наукові. Існує декілька загальнонаукових методів, що застосовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях. Це – методи аналізу і синтезу, аналогії та моделювання.

Останнім часом дослідники усе частіше наголошують на важливості застосування системного підходу. Це – напрям методології наукового пізнання і соціальної практики, в основі якої знаходиться розгляд цілісності об'єкта, виявлення багатовимірних типів зв'язків у ньому та зведення їх до єдиної

теоретичної картини. Системний підхід реалізується шляхом порівняльного аналізу, логічного та історичного методів дослідження.

3. Етапи розвитку, значення науки і техніки у житті людства

Наука – це головне джерело нових знань, які використовуються людством у всіх сферах його діяльності. Однак, таке сприйняття науки притаманне лише для сучасної людини, натомість у давнину ставлення до науково-технічних знань було далеко неоднозначним. Так, у Стародавній Греції поширення набули філософія та мистецтво, з'явилися початкові знання про атомарну будову матерії, було закладено основи елементарної математики, відкриті найпростіші електричні та магнітні явища, створено основи пневматичної та гідравлічної техніки, зародилася механіка.

Попри перешкоди і труднощі, й в епоху Середньовіччя наука і техніка продовжували розвиватися. Саме тоді були винайдені порох, окуляри, дзеркало, механічний годинник, папір. Відкриття у галузі астрономії, медицини були зроблені у цей час вченими Близького Сходу і Середньої Азії. Доба Відродження надала потужний творчий імпульс природознавству. Найвидатнішим науковцем цієї доби став Леонардо да Вінчі. Неабияке значення для створення більш повної наукової картини світу мали географічні дослідження цього періоду – генуезця Христофора Колумба, який відкрив Америку, португальця Фернана Магеллана, що здійснив першу подорож навколо світу.

Усвідомлення важливості науки почало утверджуватися лише в епоху Просвітництва, коли Жан-Батіст Кольбер, відомий міністр Людовика XIV, заснував першу в світі Академію. З цього часу і надалі наука почала отримувати організаційну та фінансову підтримку держави. А першим досягненням нової науки було відкриття закону всесвітнього тяжіння, у математиці – створення математичного аналізу.

Промислова революція різко змінила життя людей. Наприкінці XVIII ст. Джеймас Уатт, ґрунтуючись на працях своїх попередників, створив універсальну парову машину подвійної дії, що дало поштовх до кардинальних змін у промисловості та на транспорті. З початком XIX ст. починається систематичне вивчення законів, на яких ґрунтуються електричні явища, що в підсумку призводить до відкриття електромагнітної індукції Майклом Фарадеєм.

Початок XX ст. розпочався з принципово важливих відкриттів. 1905 р. фізик-теоретик А. Ейнштейн створив спеціальну, а в 1915 р. – загальну теорію відносності. У цей час виникають і нові розділи фізики: ядерна, твердого

тіла, низьких температур тощо. Середина ХХ ст. позначилася початком інформаційної ери. Науково-технічна революція, характерними рисами якої були створення комп'ютерної техніки, освоєння космосу і океану, розвиток генної інженерії тощо, відкрила перед людством нові перспективи.

«Історія науки і техніки» – єдина з навчальних дисциплін соціально-гуманітарного блоку, яка поєднується з усіма навчальними курсами, які викладаються в університеті. Вона, з одного боку, поглиблює знання студентів, а з іншого, – сприяє формуванню у них науково-технічного світогляду. Отримання майбутнім спеціалістом знань з історії науки і техніки дає можливість краще зрозуміти проблеми своєї професії, усвідомити шляхи їх розв'язання.

Вирішення актуального завдання гуманітаризації та гуманізації вищої технічної освіти в Україні передбачає введення до навчального процесу нових міждисциплінарних курсів, здатних не лише підвищити якість професійної підготовки майбутніх технічних спеціалістів, але й суттєво вплинути на розширення їхнього світогляду. Саме таким є курс «Історії науки і техніки», розроблений на стику гуманітарного і природничого знання, спрямований на формування у молодих людей уявлення про історичну логіку науково-технічного розвитку в контексті всієї історії культури людства. Важливою особливістю концепції курсу є те, що він спрямований на охоплення всіх форм наукового знання – і природничого, і технічного, і гуманітарного.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Моделі періодизації історії науки і техніки.
2. Історія науки і техніки як комплексна наукова та інтерактивна дисципліна.
3. Наука і техніка у контексті матеріальної та духовної культури України.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 13-19, 22-32.
2. Історія науки і техніки: навч.посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 3-10.
3. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки. – Суми, 2013. – С. 6-13, 164-190.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки / за наук. ред. Л.Є. Дещинського. – Львів, 2011. – С. 10-22.
2. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посіб. – Київ, 2006. – С. 12-16, 18-20, 32-35, 204-205.
3. Скляр П. Деякі проблеми гуманізації вищої технічної школи // Соціальна психологія. – 2005. – №4. – С. 121-130.

Тема 2. РОЗВИТОК ТЕХНІКИ ДАВНІХ ЦИВІЛІЗАЦІЙ ТА НАКОПИЧЕННЯ НАУКОВИХ ЗНАНЬ

План семінарського заняття

1. Поява простих знарядь праці. Відкриття людиною вогню та винайдення різних засобів його добування.
2. Винайдення та використання лука і стріл.
3. Виникнення землеробства на основі складних знарядь праці.
4. Початок використання металів у виробничому процесі. Виникнення окремих галузей природознавства.

1. Поява простих знарядь праці. Відкриття людиною вогню та винайдення різних засобів його добування

Приблизно мільйон років тому у різних регіонах Європи, Азії та Африки внаслідок змін природних умов пращури людини – людиноподібні мавпи – спустилися з дерев і розпочали наземний спосіб життя. Цей крок відбувся на початку нинішнього, четвертинного періоду в історії Землі.

Постійна боротьба за виживання призвела первісну людину до необхідності обробітку камення й палиць з метою надання їм зручної форми. Наслідком перетворення людського мозку, змін ДНК – були поява мови та прояв відчуттів.

Початковим етапом розвитку первісного суспільства, який охоплював весь стародавній (ранній) палеоліт – 800-100 тис. років до н.е. – було первісне стадо. Основним матеріалом стародавніх людей – пітекантропів – був кремій, з якого виготовляли еоліти – розколоті на тонкі частини камені з гострими кінцями. Там де кременя не було використовували яшму, граніт, вапняк тощо.

З часом людина почала використовувати знаряддя, котрим свідомо надавали певну форму. Вони отримали назву ручних рубил: довжиною 18-20 см, вагою від 50 г до 2 кг з гострими хвилястими краями та видовженою верхньою частиною.

Зміни клімату, пов'язані з останнім льодовиковим періодом (100-40 тис. р. до н.е.) призвели як до нових соціальних умов у житті первісної людини (поява родової общини), так і до збільшення кількості знарядь праці, що у підсумку започаткувало їхню диференціацію. Такими знаряддями, виготовленими з кременю, були: гостроконечник, який кріпився до древка; скребок для обробітку шкір та різання м'яса.

Вдосконалення знарядь праці підготувало перехід від первісного стада до материнської родової общини, яке супроводжувалося використанням природного вогню (отримали від виверження вулкана, блискавки). Важливе значення для такого переходу мало освоєння різних засобів його штучного добування, що були відомі вже неандертальцям.

Найбільш ранній з них – це вискрібання. Поліно з жолобом притискалося коліном працівника, а загострена палиця двома руками рухалася по цьому жолобу в якому поступово накопичувалася тирса, що згодом починала тліти від високої температури. Якщо її роздмухати, то вона починала горіти, а згодом – займалася.

Свердління під час добування вогню застосовувалося на всіх континентах. В отвір, зроблений у сухому поліні, вставляли невеличку паличку й швидко її обертали. Під час тертя дерево нагрівалося й тирса у заглибленні займалася. Цей спосіб згодом було вдосконалено: для обертання почали застосовувати лук, тятиву якого у вигляді петлі охоплювала паличку.

Випилювання під час добування вогню застосовувалося у південно-східній Азії. Суха бамбукова палиця завдовжки 10-15 см розрізалася на дві частини, одну з яких клали на землю, а з іншої виготовляли ніж, яким і розпилювали другу половину. Бамбук, багатий кремнеземом, швидко нагрівався від тертя й серцевина починала горіти.

Висікання вогню з допомогою кременя й металу з'явилося значно пізніше і протрималося аж до появи сірників.

Якщо неандертальці жили у печерах, то після відступу льодовика людина почала будувати землянки, які у пізньому палеоліті (40-12 тис. р. до н.е.) були завдовжки до 6 м і мали глибину до 3 м. Вони перекривалися жердинами й засипалися землею.

Використання вогню було одним з важливих відкриттів людства. Це дало змогу перемогти пітьму, холод, значно покращити харчування. Розпочався

новий етап у розвитку людського суспільства – об'єднання родів у племена у пізньому палеоліті. У цей час сформувалася людина сучасного виду (Homo Sapiens).

2. Винайдення та використання лука і стріл

Спостереження за дією металевих знарядь, а також різних пружних предметів (відігнута гілка дерева) наштовхнули людину до винаходу лука і стріл. Лук, тягива і стріли – ці великі технічні досягнення – були першими складними знаряддями й одночасно втіленням всього попереднього шляху технічного розвитку. Поява лука і стріл припадає на епоху мезоліту (12-7 тис. р. до н.е.) і робить їх основним видом зброї аж до XVII ст. включно (у деяких регіонах – до XX ст.). Лук дозволяв вражати тварин на відстані 100-150 м, а іноді – до 900 м. Значно зросли можливості отримання м'ясної їжі, полювання перетворилося на один з основних видів господарської діяльності. Наконечники для стріл виготовляли зі шматочків кременю завдовжки 1-2 см. Пізніше їх почали використовувати як вкладиші для інших знарядь (серпи). Вони отримали назву мікролітів.

У мезоліті було зроблено ще один важливий винахід: виробництво глиняного посуду. Спочатку його робили з гілок, обмащених глиною. Під час випадкового потрапляння виробу до багаття гілки вигорали, а посуд отримував нові якості: міцність та водостійкість. З винайденням глиняного посуду людина отримала можливість готувати їжу й тривалий час зберігати запаси харчів (амфори із зерном, у яких горловини заливалися воском).

Розвиток полювання сприяв прирученню тварин і виникненню первісного скотарства. Саме це дало змогу чоловіку очолити господарську діяльність. Родова община починає розпадатися й виникає патріархальна сім'я. Скотарство сприяло виділенню племен, які не лише виробляли більше продуктів, але й могли їх зберігати і накопичувати. Це призвело до появи регулярного обміну.

3. Виникнення землеробства на основі складних знарядь праці

У добу неоліту (7-3 тис. р. до н.е.) у різних регіонах нашої планети частина племен поступово переходить від збиральництва до землеробства та від полювання до скотарства. Це був важливий крок, який надавав можливість людині виробляти і зберігати продукти харчування й зменшував її залежність від оточуючого середовища.

Праця перших землеробів була дуже важкою. Вони витрачали багато зусиль під час обробітку землі, догляду за рослинами, збирання врожаю. Основним знаряддям праці у землеробських племен була кам'яна мотика видовженої форми з дерев'яним руків'ям та витягнутим лезом. З її допомогою вирощували пшеницю, ячмінь та інші культури. Поступово почали виробляти й інші знаряддя: серпи, зернотерки тощо. Розведення домашніх тварин надало можливість людині вживати і використовувати м'ясо, молоко, вовну. Скотарство започаткувало розвиток транспорту, а головне – призвело до застосування тягової сили у землеробстві.

Напівосілий спосіб життя людини стає важливою умовою існування землеробських племен. Виникають поселення, що склалися з кількох десятків жител. У залежності від кліматичних умов, це могли бути будинки, основу яких становили закопані у землю стовпи, де стіни виготовлялися з жердин, обмащених товстим шаром глини, а також напівземлянки (поселення ранньотрипільських племен).

Важливим винаходом доби неоліту було відкриття способів шліфування й полірування, а також свердління каменю з метою виготовлення більш якісних знарядь праці. Так, відома ще з часів палеоліту кам'яна сокира, завдяки застосуванню у неоліті шліфування, отримала ККД, що наближався до сучасних знарядь. Кам'яна сокира була важливим інструментом під час будівництва перших жител, а також човнів, які виготовлялися з суцільних стовбурів дерев.

Перше свердло кам'яної доби – це паличка з прикріпленням до одного з кінців каменем, дія якого посилювалася з допомогою піску й води. У пізньому неоліті були винайдені спеціальні верстати для свердління отворів у кам'яних знаряддях.

Для неоліту були характерними споруди з мегалітів – величезних кам'яних брил. До них належать: менгіри – окремі великі камені, котрі позначали межі племінних територій; кромлехи – менгіри розташовані по колу; дольмени – погребальні камери з кам'яних брил. До нашого часу збереглися деякі мегалітичні споруди. Найбільш відомою з них є Стоунхендж у Британії.

У III тис. до н.е. у Межиріччі і Єгипті почали застосовувати дерев'яний плуг. Використовуючи оранку в землеробстві, людина значно підвищила продуктивність праці. Наслідком розвитку виробничих сил було створення додаткового продукту. А це, у свою чергу, привело до появи майнової нерівності й соціального розшарування. Отже, розвиток землеробства та ремесел, тобто відтворюючих форм господарювання, призвів до глибинних змін у структурі людського суспільства.

Перші цивілізації виникли у країнах Стародавнього Сходу наприкінці IV – у III тис. до н.е. де були сприятливі природничо-кліматичні умови, придатні для розвитку зрошувального землеробства. Для затримання води зводили греблі з хмизу та очерету, каміння використовували лише для будівництва горловин. Воду на поля відводили за допомогою системи каналів. В Єгипті для підняття води на високо розташовані поля використовували шадуф – шкіряне відро, прикріплене до жердини з противагою, що закріплювалися на дерев'яному стояку. За 1 годину шадуф підіймав на висоту 2 м приблизно 3400 л води. Якщо поля, що потребували зрошення, знаходилися на більшій висоті, то використовували систему шадуфів, розташованих один над одним. Створення іригаційних систем призвело до осушення боліт на берегах Нілу, сприяло значному розширенню посівних площ, накопиченню зернових надлишків. Саме в Єгипті, Месопотамії, Індії, Китаї, де значного розвитку набуло зрошувальне землеробство, відбувся перехід від первіснообщинного ладу до раннього рабовласницького суспільства, основу політичного устрою якого становили професійне наймане військо та податкова система.

У I тис. до н.е. рабовласницькі держави виникають і в Європі – грецькі міста-поліси та Рим. Як окремі галузі виробництва у них розвиваються скотарство, орне землеробство, різні види ремесел.

4. Початок використання металів у виробничому процесі. Виникнення окремих галузей природознавства

Потреба у якісному камінні постійно зростала. Це призводило до його збирання та відбору. Але вже на межі мезоліту та неоліту через нестачу каміння з'являється необхідність в його добуванні у земних надрах, тобто зароджується гірнича справа. З цією метою створювалися вертикальні та горизонтальні виробітки. Гірничі роботи у цей час здійснювалися за допомогою оленячих рогів та палиць.

Гірники у покладах кременю натрапляли на вкраплення м'якого металу. Це була самородна мідь. За своїми якостями вона значно поступалася багатом кам'яним породам, але мала перед ними одну суттєву перевагу: її можна було обробляти кам'яним молотком після чого вона ставала більш твердою й придатною для виготовлення різноманітних предметів. А головне – значно скорочувався час на їхнє виробництво. Так, кам'яну сокиру з обробкою заготовки і шліфуванням виготовляли протягом кількох тижнів, а мідну – за день.

Згодом ремісники помітили, що шматок руди, який містив самородну мідь, потрапляючи у багаття, отримував нові якості. Від сильного нагрівання

відбувалося неповне відновлення металу, який під час охолодження отримував нові якості.

Під час термічного обробітку руди стародавні металурги помічали червоно-коричневі, червоні або коричневі шматки, які називали «олов'яним каменем» – каспаритом. Це дало змогу зробити важливий висновок: додавання до міді незначних домішок олова покращує якість металу. Так було зроблено відкриття першого штучного матеріалу – бронзи. Температура її плавлення становить 700-900 °C – нижче, ніж чистої міді, вона має кращі ливарні якості, а головне – значно міцніша за мідь. Все це надавало можливість розповсюдження масового виробництва зброї (списи, мечі, щити, обладунки); прикрас, скульптур, посуду; знарядь праці (сокири, ножі, мотики). Цей час отримав назву в історії – доби міді-бронзи (кінець III – II тис. до н. е.).

Розвиток металургії потребував виробничої спеціалізації, а поширення виробів з міді та бронзи – нових форм обміну. В Єгипті, Індії, Китаї це призвело до виділення ремесел і торгівлі в окремі галузі людської діяльності. Але бронза залишалася дорогим і досить рідким металом. Тому, навіть після її появи основні знаряддя праці продовжували виготовляти з дерева і каменю, а бронза, в основному, йшла на виробництво зброї та прикрас.

Важливим досягненням людства було відкриття виробництва заліза, відомого ще в Єгипті та Китаї у III тис. до н.е. Але воно не отримало тоді значного застосування. Лише починаючи з X ст. до н.е. залізо стає основним матеріалом для виробництва зброї та знарядь праці. Цьому сприяло значне поширення у всіх регіонах землі, в тому числі й в Європі, болотних, озерних, лугових руд.

Першим методом виробництва заліза був сиродутний процес під час якого відновлення металу з руди відбувається за температури 900 °C. Спочатку руду подрібнювали, а потім обпалювали на відкритому багатті. Після цього у невеликих глиняних печах відбувалося відновлення металу. З цією метою у горн додавали деревне вугілля й нагнічували повітря за допомогою шкіряних міхів. Поступово на дні печі утворювалася залізна криця – тістоподібний шматок пористого і дуже забрудненого різноманітними хімічними домішками заліза вагою до 8 кг. Потім його тривалий час проковували і лише після цього починали виготовляти різноманітні вироби.

Залізо здійснило переворот у всіх галузях виробництва, оскільки було дешевим металом. Воно мало помітний вплив на рибальство і полювання, обробіток дерева, засоби пересування водою та сухоходом. У I тис. до н.е. поширюються вироби зі сталі, що були міцніші ніж залізні. У Стародав-

ній Греції вже у VI ст. до н.е. розрізняли поняття «сідеро» – залізо і «халіпс» – сталь.

Розповсюдження заліза мало важливе значення для розвитку аграрного виробництва. В орному землеробстві значного поширення набув плуг із залізним лемешем, а також металеві сокири, борони, серпи, коси. Землю почали обробляти не лише у степових регіонах, але й у лісовій місцевості, попередньо вирубуючи дерева. Скотарство у цей час або перетворюється у додаток до землеробства, або поступово стає самостійною господарською галуззю – кочовим скотарством.

Поступова спеціалізація ремесел довела, що продуктивність виробництва залежить не тільки від вправності ремісника, але й від постійного вдосконалення знарядь праці, що виявлялася у диференціації інструментів. Ковалі, наприклад, почали використовувати 3 різновиди молотка: кувалду, ручник і легкий для чеканки. Ремесла, які виникли як допоміжна форма діяльності землероба і скотаря, вже у Єгипті, Месопотамії, Індії, Китаї стають основним видом діяльності певних груп населення. У першу чергу виділяються гірнична справа, обробіток металу, гончарство, ткацтво, будівництво. Так, гончарний круг поширився на Сході наприкінці IV – III тис. до н.е., а у Північному Причорномор'ї – у VII ст. до н.е. У ткацтві у цей час розповсюдження набуває веретено. Ткацькі верстати різної конструкції багато століть застосовувалися для виробництва різних видів тканин. З розвитком землеробства у ткацтві починають використовувати нові види сировини, зокрема льон.

У будівельній справі переважає зведення культових і фортифікаційних споруд. Так, піраміда Хеопса у Єгипті будувалася 30 років з кам'яних блоків вагою від 2,5 до 30 тонн. Її висота становила 146,5 м. У Месопотамії була побудована багатоступінчата піраміда – Зіккурат зі святилищем, царським палацом і сховищем для продуктів харчування. Одне з найбільших міст Стародавнього Сходу – Вавилон мав 3 оборонних стіни, товщина першої з яких сягала 8 м, вимощені камінням вулиці, водопостачання та каналізацію. Значним інженерним досягненням Стародавнього Сходу була побудова Великого Китайського муру (початок будівництва – III ст. до н.е.). Її протяжність становила понад 4 тис. км, висота досягала 10 м, а верхньою частиною могли пересуватися війська. Через кілька сотень метрів знаходилися сторожові вежі, а біля головних воріт – фортеці. Матеріали, які використовувалися для будівництва: каміння, дерево, цегла. Стіна перекривала північно-східний напрямок від нападу кочових племен.

Основним матеріалом для будівництва фортець, палаців, монументальних споруд у той час був камінь, який у 6 разів має менший спротив прогину,

ніж стисканню. Це не давало можливості перекривати великі простори, коли будівельники і архітектори використовували балки або плити, які працювали на прогин. Саме цим пояснюється домінування в архітектурі Єгипту і Греції блочних конструкцій із застосуванням колонад. Найбільшою кам'яною балкою було перекриття входу в Афінський Акрополь – 3, 45 м, а плитою – стеля поховальної камери у піраміді Хеопса. Там, де потрібно було перекривати більші площі, будівельники використовували ряди колон. Але вже у Стародавньому Римі почали споруджувати арки, де камінь працює лише на стискання. Так, акведук, побудований поблизу французького міста Нім має розміри арки 24,4 м, а діаметр купола у мавзолеї імператора Адріана – 13,5 м. Крім того римляни почали застосовувати бетон (винайдений греками) зі щебню та вапнякового розчину. Зокрема, Пантеон у Римі циліндричної форми має висоту 22 м, товщину стіни близько 4 м і перекритий куполом з бетону діаметром 43 м. Також у той час у будівельній справі продовжували використовувати деревину. Цеглу-сирець, яку виготовляли у Єгипті з річкового мулу розміром $85 \times 52 \times 30$ см, почали замінювати вже у Месопотамії та Індії обпаленою у спеціальних печах міцною цеглою з глини.

З розвитком будівництва поставали все нові завдання у галузі транспортування матеріалів і техніки. Вже у II тис. до н.е. поступово почали замінювати тертя-ковзання тертям-катанням, застосовуючи катки. Підняття вантажів на велику висоту здійснювали за допомогою важелів і винайденого у той час блоку – колеса з жолобом через який перекидали канат. Застосування блоку дало можливість змінити напрямок тяги і отримати значний вигащ у силі.

У добу заліза відбувається розвиток гірничої справи. Починається застосування вогневого методу під час видобування руди. У забої розводили багаття. Вогонь нагрівав породу. Потім на неї лили холодну воду і порода тріскалася. Це значно полегшувало видобування корисних копалин. Самостійне значення набуло проходження горизонтальних гірничих виробіток для будівництва водовідливних штолень, якими подавалася вода у міста і фортеці. Розробка більш глибоких покладів корисних копалин потребувала будівництва водовідливних штолень і застосування механізмів – архимедова гвинта і водочерпальних коліс.

Історію держав II-I тис. до н.е. можна розглядати як історію суцільних війн, оскільки завдяки їм поповнювалася кількість рабів. У I тис. до н.е. основною зброєю стає залізний меч, а знаряддям захисту – щити різної форми й призначення, обладунки і шоломи. Списи, лук і стріли були також удосконалені.

Навколо міст з'являються високі захисні мури зі сторожовими вежами, земляні вали, рови. Необхідність ведення як облоги, так і оборони міст потребувала створення штурмових машин різного призначення й захисних механізмів. Найбільше розповсюдження вони отримали у другій половині I тис. до н.е. у Стародавній Греції. Відоме ім'я інженера Діада, який жив за часів Олександра Македонського. Він розробив розбірні штурмові вежі, спеціальний бурав для просвердлювання стін, тарани для руйнування фортечних воріт. У 304 р. до н.е. була побудована штурмова вежа заввишки 53 м на 8 колесах.

У Греції використовувалися металеві машини двох типів: балісти і катапульти. Балісти призначалися для руйнування мурів, а катапульти – для ударів по ворогу, який переховувався у фортецях. Вони могли кидати каміння вагою до 200 кг і стріли на відстань 1000 м. Але вони були дуже громіздкими і важкими (до 6 тон). Під час облоги м. Сіракузи у 213-212 рр. до н.е. відомий учений Архімед побудував металеві машини, які були здатні кидати на значну відстань кам'яні брили та колоди, а також спеціальні пристрої, здатні перекидати ворожі кораблі.

Розвиток суспільства вимагав покращення пересування людини суходолом і водою. У IV тис. до н.е. у Мохенджо-Даро (Індія) було створено перший відомий колісний візок. Спочатку колесо жорстко прикріплювалося до рухомої осі. У II тис. до н.е. було винайдено колесо зі шпичками та ступицею, що кріпилася до нерухомої осі. Це значно полегшило здатність всього візка здійснювати повороти. Саме колесо у I тис. до н.е. отримало залізний обід, що у декілька разів подовжив термін його експлуатації.

У мореплавстві у I тис. до н.е. почали використовувати залізо для скріплювання корпусів суден та паруси з міцних тканин. У країнах Сходу поширилося каботажне плавання (вздовж берегів), а греки освоїли й моря. Так, у 325–320 рр. до н.е. експедиція на чолі з Піфеєм з грецької колонії Массалії (теперішній Марсель), у пошуках олова й бурштину пройшовши Геркулесові Стовпи (Гібралтар), дісталася Британських островів, гирла Сени та Ельби, пройшла норвезькі води й повернула назад лише після зустрічі з полями суцільного арктичного льоду. Покращилося будівництво пристаней (Тіра у VI ст. до н.е. на березі Дністровського лиману), гаваней, з'явилися маяки (Олександрія). Основний грецький корабель – трієра (3 ряди весел з кожного боку) мав мідний таран у носовій частині. Крім веслувальників-рабів, екіпаж складався зі 150-200 матросів і озброєних воїнів для захоплення ворожих кораблів після зіткнення. Були також створені тетрери (4 ряди весел), пентери (5) і навіть ектери (8).

Астрономія й механіка, де використовувалася математика – це наукові знання, що поширилися у I тис. до н.е. Необхідність ведення рахунків і вимірів призвела до появи арифметики. Потреби будівництва, обчислення об'ємів і площ, спостереження за планетами сприяли закладенню основ геометрії. Але тільки після накопичення великої кількості фактичного матеріалу склалися умови для створення математики як самостійної науки. Великий внесок у її розвиток зробили Архімед, Ератосфен, Аполлоній Пергський. Період елементарної математики, який розпочався в Стародавній Греції, тривав до Пізнього Середньовіччя.

Природничо-наукові знання у той час входили до єдиної філософської науки. У IV ст. до н.е. було винайдено календар у Єгипті. Жреці, носії знань, спостерігаючи розлив Нілу, помітили, що він співпадає з раннім сходженням на небосхилі Сиріуса і повторюється через 365 днів. Вони встановили тривалість року і поділили його на 12 місяців по 30 днів, а наприкінці року додавали ще 5 днів. У Єгипті в III ст. до н.е. були також винайдені сонячний і водяний годинники.

Греки знали, що Земля – це куля. Астроном Арістарх Самоський (близько 250 р. до н.е.) стверджував, що Земля обертається навколо своєї осі та навколо Сонця. Але у II ст. до н.е. почали переважати погляди Клавдія Птолемея, який вважав, що Земля нерухома, а небо з планетами рухається навколо неї. Це вчення було домінуючим в астрономії понад 1000 років, аж до Коперника. Погляди Птолемея були викладені у творі, названому арабськими переписувачами «Альмагест».

У Стародавній Греції були відкриті деякі закони механіки – науки про прості форми руху матерії. У IV ст. до н.е. розвитку набуває статика – наука, що вивчає силу м'язів. Були досліджені найпростіші закони складання та рівноваги сили, застосованої до точки вздовж однієї прямої. Відомий вчений античності Архімед (близько 287-212 рр. до н.е.) створив задачу про важіль. У творі «Про важелі» він встановив правило складання й розкладання паралельних сил, дав визначення поняття центра ваги двох вантажів, підвішених до стрижня, і з'ясував умови рівноваги такої системи. В його праці «Про плаваючі тіла» було зроблено аналіз основних законів гідростатики. Але головний здобуток Архімеда полягав у тому, що він свої різнобічні знання застосовував на практиці. У Греції були відкриті також деякі закони фізики. Взаємодію магніту і наелектризованих тіл досліджував Фалес Мілетський. Евклід вивчав закони відбивання світла у дзеркалах. Левкіпп і Демокрит створили вчення про атоми.

В Індії у IV ст. до н.е. було винайдено сучасне написання цифр. У II ст. до н.е. в Китаї у десятичній «Арифметиці» були викладені методи розв'язання системи рівнянь з двома невідомими, добування квадратного й кубічного коренів. Знання з арифметики й геометрії отримували у Стародавній Греції у філософських школах Піфагора, Платона, Аристотеля, Демокрита. У «Началах» Евкліда були закладені основи систематичної теорії чисел, геометрія перетворилася у чітко продуману логічну систему. У цей період відбувалося накопичення знань у різних галузях, які цікавили людину передусім з прикладної точки зору.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Зародження та розвиток гірничої справи у стародавні часи.
2. Особливості будівництва у країнах Стародавнього Сходу (Єгипет, Месопотамія, Індія, Китай).
3. Військова техніка стародавнього часу.
4. Математичні та природничі знання давніх цивілізацій.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 38-88, 123-132, 136-142.
2. Історія науки і техніки: навч. посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 11-14, 17-24.
3. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки. – Суми, 2013. – С. 13-46.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь, 2018. – С. 11-22, 24-83.
2. Історія України: навч. посіб. / За ред. Б.П. Ковальського. – Ч.IV. – К., 2007. – С. 34-53, 117-118, 120.
3. Історія інженерної діяльності: навч. посіб. / С.В. Подлесний та ін. – Краматорськ, 2004. – С. 10-16, 17-30.
4. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 9-24.
5. Історія української культури: курс лекцій / Під заг. ред. С.О. Костилювої. – Київ, 2010. – С. 28-33, 35-36, 39, 42, 44-46, 49-50, 53.

Тема 3. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА І ТЕХНІКИ У ДОБУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

План семінарського заняття

1. Середньовічні цехи та їх вплив на розвиток виробництва.
2. Наукові та технічні досягнення країн Центральної й Південно-Східної Азії та Далекого Сходу доби Середньовіччя.
3. Особливості виникнення та розвитку мануфактурного виробництва.
4. Винахідництво і перші машини. Розвиток природознавства.

1. Середньовічні цехи та їх вплив на розвиток виробництва

У Середньовіччі з появою феодальних відносин відбувається подальший розвиток сільського господарства, а з його галузей – землеробство. З XI ст. в Європі та на Русі поступово починає застосовуватися трипільна система землекористування (домінувала до XIX ст.): одне поле – під озимі; друге – під ярові культури; третє – під паром, термін якого постійно скорочувався. Зростає кількість сортів зерна, яке вирощувалося: пшениця, жито, ячмінь, рис, овес. З XII ст. почали застосовувати плуги двох типів – легкий і важкий з колісним передком, дерев'яні частини якого були замінені на металеві. Значного поширення набули металеві мотики, серпи, коси, граблі, вила, лопати, сокири. Крім того, зростає значення конярства (військова служба феодалів), а у Британії – вівчарства, що давало сировину для ткацтва.

У маєтностях феодалів землеробство поєднувалося з ремісничими промислами, які майже повністю забезпечували потреби натурального господарства. Купці привозили лише сіль, ювелірні прикраси, дорогу зброю (мечі).

Особливості будівництва замків XI ст. можна спостерігати на прикладі Шато д'Арк у Нормандії. Його побудував Гійом д'Арк, дядько Вільгельма I, 1040 р. поблизу Дьєппа. Замок має кам'яний донжон, навісні стіни з барбаканом (баштою над воротами) і є прикладом архітектури свого часу. Прикладом споруд XII ст. є замок Хедінгем в англійському графстві Есекс, побудований 1130 р. Він розташований на пагорбі, що був попередньо ескарпований (розрізаний) з метою надання споруді потрібної форми. До замкових воріт з баштою, що прикривалися гарсою (решіткою), вів підйомний міст. На теренах зовнішнього двору розташовувалися військові казарми, ремісничі майстерні, зерносховище, конюшні. Зовнішній двір був з'єднаний з внутрішнім

перекидним містком, над яким розташовувалася ще одна башта. За стінами знаходився захисний земляний насип та рів з водою.

У Північному Уельсі в XIII ст. король Едуард I продовжив будівництво замків, розпочате Вільгельмом Завойовником. 1285 р. у гирлі річки Сейнт був закладений замок Карнарвон. Це вже було скоріше укріплене місто, схоже на велике зовнішнє подвір'я. Стіни і галереї були захищені 9 баштами, з яких лучники обстрілювали свої ділянки. Слід зазначити, що стріла випущена з великого лука XIII ст. з відстані 180 м пробивала будь-які лицарські обладунки свого часу. Крім того, більшість військових споруд Середньовіччя в Європі не досить гармонійні: донжон, як правило, використовувався з нормандських часів, а інші будівлі вдосконалювалися у відповідності до вимог часу.

Після падіння Риму міста в Європі як політичні, духовні та економічні центри занепали. Лише починаючи з кінця X ст. у Західній Європі й на Русі зростає населення міст, виникають нові поселення, що було пов'язано з розвитком виробничих сил та поновленням процесу відокремлення ремесла від землеробства. Так, вже у XII ст. на Русі нараховувалося близько 250 міст. Навколо укріплених стін розташовувалися ремісничі слободи (посад). У Києві посад знаходився на Подолі. Одним з найбільших європейських міст XIV ст. був Лондон (40 тис. чол.). Міське населення складалося в основному з ремісників і купців.

Боротьба з великими феодалами-землевласниками та зростання конкуренції з боку селян-втікачів змусили міських ремісників об'єднуватися у цехи, перші з яких виникли у Візантії та Італії в X ст., а на межі XI-XII ст. почали створюватися по всій Європі. Цех об'єднував у місті ремісників одного чи кількох близьких промислів. Всіма правами у них користувалися лише майстри. У кожного з майстрів були свої підмайстри і учні. Цех охороняв виключне право своїх учасників на заняття даним видом ремесла, регламентував процес виробництва, встановлював тривалість робочого дня, кількість підмайстрів, сировини, готових виробів та ціни на них. Прийоми роботи були обов'язкові для всіх. Така сувора регламентація виробничого процесу була необхідна для того, щоб зрівняти всіх майстрів у правах.

Цехи були феодалною формою організації ремісничого виробництва. Спочатку вони здійснювали позитивний вплив на розвиток і зміцнення ремесел. Але з появою нових ринків збуту продукції цехи все більше гальмували виробництво. Розподіл праці відбувався не у середині майстерні, а між окремими цехами. Цей процес призводив до зростання кількості виробництв і професій. Так, виготовленням кожного виду зброї займався окремий цех.

Постійно зростаючий попит на метал призвів до технічних і технологічних змін у металургії. Висоту горна було збільшено і він перетворився на домницю. Повітряні міхи приводилися в дію за допомогою водяного колеса. Ці два технічних удосконалення змінили сам технологічний процес. Температура у верхній частині домни становила 750-900 °С. Внаслідок цього залізна руда відновлювалася раніше, ніж утворювався шлак. Залізо отримувало більший вміст вуглецю, а його втрати у шлаці зменшувалися. У нижній частині печі, де температура під впливом покращеного дуття досягала 1350 °С, отримували рідкий чавун. Спочатку він вважався браком, але з часом чавун почали застосовувати для отримання ливарних виробів, а непридатний для використання разом з рудою йшов на нову переплавку. Виявилося, що переробка чавуну в м'яке залізо у другій плавці потребує менше палива і руди, а якість заліза – покращується. Згодом сиродутний процес почав замінюватися доменним методом. Перша стадія отримала назву доменного виробництва, а друга – кричної переробки.

Перші доменні печі у Західній Європі з'явилися в XIV ст. Поступово їхня конструкція вдосконалювалася. У XVI ст. висота домни досягла 4,5 м, а діаметр становив 1,8 м. У такій печі за добу виробляли 1,6 т чавуну. Зазвичай при одній такій домні працювало декілька кричних горнів. Крична переробка тривала близько 2 годин, а вихід заліза становив 90 % ваги чавуну. Перехід до двоступеневого процесу отримання заліза значно збільшив обсяги його виробництва і дозволив забезпечити попит на метал.

Зміни у металургійному виробництві потребували зрушень і у гірничій справі, що значно відрізнялися від усіх інших видів ремесел. Існували три способи розвідки родовищ: 1) штольня; 2) штольня й вертикальний ствол; 3) штольня й шахтовий похилий ствол. Досвід гірників передавався від покоління до покоління. Це призводило до появи цілих гірничих містечок, які існували у Чехії, Франції, Саксонії. Їхнє населення займалося видобутком корисних копалин і виробництвом зброї, знарядь праці, прикрас, карбуванням монет. Розвитку гірничої справи перешкоджали великі землевласники. Через те міста домагалися прийняття «гірничих законів», що регламентували б стосунки між ними і феодалами чи королем.

Перший такий закон був виданий у Чехії 1249 р. королем Вацлавом для міста Йглави. Згідно цього закону, тому хто знайшов поклади руди виділялося невелике поле, де він зобов'язаний був закласти не менше 3 шахтних стволів, глибина яких не обмежувалася. Це сприяло вдосконаленню гірничої техніки, оскільки покращувало методи підймання руди, водовідведення,

вентиляції. Але вже у XIV ст. в нових гірничих законах, особливо у Німеччині, передбачалася певна глибина шахт (до 190 м), нижче якої гірнику опускати не дозволялося. Під час видобутку руди застосовували вогневий метод. Освітлення шахт здійснювалося з допомогою глиняних світильників.

2. Наукові та технічні досягнення країн Центральної й Південно-Східної Азії та Далекого Сходу доби Середньовіччя

Перший димний або чорний порох з'явився у Китаї на початку нашої ери (за іншими відомостями у VIII ст.). Він складався з калієвої селітри, сірки і деревного вугілля. У китайському трактаті 1232 р. є детальний опис виготовлення й застосування різних видів ракет («китайських стріл», «китайських вогневих пік»). У середині VII ст. у Візантії застосовували «грецький вогонь» - суміш сірки, смоли, селітри й льняної олії. У той час цінувалася лише можливість отримання вогню, а пружність газів під час горіння не враховувалася. З XIV ст. порох почали виготовляти й у Європі. Його склад протягом 500 років залишився незмінним.

У II ст. китаєць Чай Лунь винайшов папір. З Китаю технології його виробництва потрапили до Кореї, Японії, Індії, Середньої Азії, а у XI ст. – до Європи, де у XII ст. повністю витіснили пергамент, на якому до цього часу писали книги і документи. Основною сировиною для виробництва паперу в Китаї були пагони молодого бамбука або тутового дерева, а у Західній Європі й на Русі – пенькове і льняне ганчір'я. Основними операціями у процесі його виробництва були: пропарювання маси, промивання, виварювання паперової маси і відмивання самого паперового листа.

У IX ст. в Китаї починають друкувати з дошок не лише тексти, а також і малюнки (гравюри). Спочатку на дошку наносили малюнок, а потім вирізали ті місця, відбитки яких не повинні були потрапити на папір. Після цього на зображення наносили фарбу, прикладали до нього папір, притискали і отримували гравюру. В XI ст. коваль Бі Шен почав виготовляти ієрогліфи з глини, потім обпалював їх у печі й цими рухомими знаками набирив текст, з якого за допомогою фарби робив відтиски на папері. У Кореї в XIII ст. друк було вдосконалено: замість глиняних літер почали використовувати бронзові. Друк з набірних літер застосовували також в Японії та Середній Азії. Найдавніша книга, надрукована у такий спосіб, що дійшла до нашого часу, датована XV ст.

У Західній Європі книгодрукування отримало поширення в XV ст. У той час відбувався перехід від ремісничого виробництва до мануфактури і

рукописний спосіб виготовлення книг не міг задовольнити зростаючих потреб. Спочатку поширення набув друк з дошок. Так з'явилися перші книги, гральні карти, календарі. Першим до друку з рухомих набірних літер перейшов німець Йоган Гутенберг (1400-1468 рр.). Умовний час появи першої книги – 1440 р. Гутенберг застосував металеві набірні літери. Спочатку в м'якому металі робилися заглиблення, що згодом заливалися свинцем. Так виготовляли необхідну кількість літер, які згодом розташовувалися в набірних касах. Тексти друкувалися на ручному верстаті. Це був прес, де поєднувалися дві горизонтальні площини. На одній встановлювали набірний шрифт, а іншою притискали папір. Верстат давав близько 100 відтисків за годину. До 1500 р. у такий спосіб було надруковано 30 тис. книг, тираж кожної з яких становив приблизно 300 екземплярів.

У китайському літописі III ст. до н.е. є запис про використання компаса під час подорожі суходолом. У XII ст. компас з'явився і у Європі, а на початку XIV ст. він був удосконалений: до стрілки було приєднане невелике коло, яке отримало назву «картушки». Коло поділили на 16 частин – румбів. Стрілку з картушкою розташовували у коробці, що мала форму кола. У XVI ст. картушку поділили на 32 румба по 11,4°. Головне застосування компас отримав у мореплавстві, де був використаний, зокрема, під час Великих географічних відкриттів.

У XIII ст. у Візантії, а з XIV ст. – у Таїланді поширюється виробництво оптичного скла. Це сприяло виготовленню окулярів, підзорної труби, мікроскопа та започаткуванню теоретичних основ оптики.

До середини XV ст. технічні винаходи впроваджувалися досить повільно, оскільки техніка у той час не потребувала систематичного вивчення природи, вона не здійснювала вплив на розвиток природознавства. Наука перетворилася в той час у додаток теології та схоластики. Досить поширеними були алхімія, астрологія, магія, кабалістика чисел.

У XIII ст. була видана енциклопедія Вінсента де Бове, яка познайомила європейців з геометрією Евкліда та астрономією Птолемея. На Сході, на відміну від Європи, було зроблено багато природознавчих відкриттів. Особливе місце серед учених того часу посідає філософ, математик, лікар, поет Ібн Сіна (Авіценна, близько 980–1037 рр.). Він вивчав рух тіл, властивості інерції, склад мінералів, причини утворення гір, появу живих істот. Його погляди викладені у філософських трактатах і численних медичних працях, зокрема, у «Каноні лікарської науки». Написаний в 20-х рр. XI ст. він 500 років був керівництвом для медиків багатьох країн. На латинську мову переклад

«Канону» було зроблено у XII ст. У своїй праці Ібн-Сіна висунув гіпотезу про невидимих оку збудників лихоманки (бактеріях), які передаються через воду і повітря. Всі матеріали він розділив на каміння, метали, сірчані тіла і солі. Така класифікація проіснувала до XVI ст.

Фундаментальні праці з математики, астрономії, фізики, ботаніки, географії, загальної геології, мінералогії, етнографії, історії створив учений-енциклопедист з Хорезму аль-Біруні. Особливе значення для розвитку мінералогії мала його праця «Збір відомостей про пізнання дорогоцінних мінералів».

3. Особливості виникнення та розвитку мануфактурного виробництва

Ще наприкінці XIV ст. в Європі починається прискорений розвиток ремесел. Були удосконалені різні знаряддя праці, покращені технологічні процеси. Підвищення попиту на продукцію ремісників супроводжувалося конкуренцією між ними. За таких умов цехові обмеження поступово були зняті. Найбільш заможні майстри перетворювалися у підприємців, а учні та частина підмайстрів ставали найманими робітниками.

Поява колоній в Америці, Азії та Африці була наслідком Великих географічних відкриттів. На початку XVI ст. купці й підприємці концентрують у себе значні фінансові ресурси, які надходили з колоній. Водночас поглиблюється розорення й обезземелювання селянства (огороджування в Англії у XVI ст.). Так поступово створювалися умови для розвитку капіталістичного виробництва: наявність значних фінансових ресурсів і ринку вільних робочих рук.

Головна відмінність мануфактур від ремісничого цеху полягала у поділі виробничого процесу на окремі операції, що значно збільшувало обсяги виробництва, зберігаючи при цьому високу якість товару. Адже мануфактура була капіталістичним підприємством і орієнтувалася на ринок, на задоволення споживчого попиту. Вона не працювала на замовлення як ремісничий цех, де до того ж усі основні операції виконував один майстер.

Перші мануфактури в Європі з'явилися в Італії (XIV ст.) і Німеччині (XV ст.). Шляхи їх утворення були такі: а) об'єднання в одній майстерні ремісників різних спеціальностей – гетерогенна мануфактура (виробництво карет); б) об'єднання в одній майстерні ремісників однієї спеціальності – органічна мануфактура (виробництво голок). Вже у XVI–XVIII ст. суконні мануфактури, зброярні з'являються у всіх країнах Європи. У них існував розподіл праці за виробничими ознаками. Так, 10 робітників у мануфактурі виробляли 48 тис.

голок за день (92 операції), а один ремісник за той самий час – лише 20. Крім того, у мануфактурах поступово відбувалося вдосконалення знарядь праці. В Англії, наприклад, у залізообробній мануфактурі використовувалося 500 молотків: кожний лише для двох операцій. Це призводило до значного підвищення продуктивності праці та було своєрідною підготовкою до машинного виробництва.

Основним двигуном у мануфактурному виробництві було водяне колесо. Його потужність становила декілька десятків кіловат, а швидкість – від 1 до 10 обертів за хвилину. Існувало 3 основних типи водяних коліс: нижньобійні, середньобійні та верхньобійні. Були створені досить потужні гідравлічні пристрої та системи.

1550 р. німецький вчений Георг Агрікола (1494–1555) видав працю «Про гірничу справу і металургію», яка понад 200 років була основним посібником для гірників у багатьох країнах Європи. У XVII ст. для гірничих робіт почали використовувати порох. 1627 р. на копальні у місті Банска-Штявниця у Словаччині його вперше було застосовано для видобування корисних копалин, що дало змогу вивільнити 50 робітників. Після підземного вибуху потрібно було відокремити руду від породи і підняти її на поверхню.

У металургії з метою поліпшення якості та збільшення кількості металу для приведення в дію повітряних міхів починають застосовувати гідравлічні колеса. З 1620 р. у Німеччині починається використання дерев'яних міхів, які замінили шкіряні, а в Англії з 60-х рр. XVII ст. застосовують циліндричні повітряні нагнічувачі. Висота доменних печей становила тепер 8,5 м, а їхня продуктивність підвищилася з 10-12 т до 40 т на тиждень.

Потреби розвитку артилерії вимагали покращення ливарної справи. Починається виготовлення фасонних виробів (відливок) шляхом заміни ливарних форм рідким сплавом. З XV ст. починається виготовлення колісних лафетів. Розповсюдження пороху в Європі та розвиток ливарної справи призвели до справжньої революції у військовій техніці – застосуванні вогнепальної зброї в цілому й артилерії, зокрема.

У XV ст. відбувається перехід до виробництва гармат з чавуну до чого призвів розвиток мануфактурного виробництва. Завдяки відносній простоті відливки чавунних стволів у порівнянні з бронзовими, значно зросла потужність гармат. Їх якісне і кількісне зростання стимулювалося швидким будівництвом фортець і розвитком морського флоту.

Снаряди сферичної форми що виготовлялися зі свинцю, заліза і запальної суміші були замінені на чавунні ядра. Це призвело до зменшення ваги

гармати, сприяло збільшенню потужності бойових зарядів. Були винайдені спеціальні ядра (розсувні кніпелі) та картеч. З середини XVI ст. кулі в картечі були замінені на розривні, а у XVII ст. з'явилися фугасні снаряди. Ці технічні зміни дали змогу мортирам вести вогонь на 500 м., а важким гарматам – на 1000 м.

4. Винахідництво і перші машини. Розвиток природознавства

Перші мануфактури з найманою працею виникли в текстильній промисловості. Саме тут був найбільш помітний технічний прогрес. У полотняних мануфактурах почали використовувати самопрядку. В XVI ст. до неї додали педальний механізм для ніг і тим самим звільнили руку прядильника для виконання інших операцій, що значно підвищило якість тканини. У суконних мануфактурах виробляли два види тканин: з густої короткої вовни та з довгої жорсткої звивистої. Спочатку вовну розділяли на коротку і довгу, фарбували та лакували. Потім її обробляли кардами – дощечками з рівними рядами зубців і лише після цього пряли на звичайних ручних прядках. Шовкові тканини виготовляли без застосування операцій прядіння. Для їхнього виробництва потрібно було лише з'єднати тонкі коконові нитки.

Важливим винаходом у текстильній промисловості XVI ст. був верстат для плетіння панчо, сконструйований 1589 р. англійським студентом Лі, що складався з сотні шпиць. Не знайшовши підтримки на батьківщині, він разом з братами переїхав до Франції де й побудував перші майстерні. На початку XVII ст. машинне плетіння панчо розповсюдилось в Англії, а також у Голландії, Австрії, Саксонії. 1630 р. був винайдений спосіб фарбування тканин у яскравий червоний колір.

Годинники і млини були у той час основою для створення машин. У X ст. в Європі з'являються вітряки. З XIII ст. у європейських містах почали встановлювати на баштах годинники з однією стрілкою. У XV ст. використовувалися годинники зі скрученою пружиною. Але усі вони показували приблизний час. Переворот у цій справі був зроблений голландським математиком, астрономом, фізиком, механіком Християном Гюйгенсом (1620–1695). Він здійснював астрономічні дослідження, які потребували точного вимірювання часу. 1657 р. у якості регулятора стаціонарного годинника він використав маятник, а у переносних – пружинну спіраль. Свій винахід Гюйгенс описав у роботі «Маятникові годинники». Ця книга – приклад поєднання теорії з конструкторським вирішенням проблеми.

Поступово розвиток отримали два види машин: машини-двигуни у мануфактурах і робочі машини (знаряддя). Це призвело до значного спротиву з боку ремісників (розорення) та робітників (тривалий робочий день). Вони руйнували машини. Так, у Голландії застосування стрічкової машини у текстильній промисловості законами, прийнятими у 1623, 1639 і 1648 рр. було суворо заборонено.

З впровадженням розподілу праці на виробництві зросла кількість винаходів і вдосконалень, що значно підвищило прибутки власників мануфактур. Вони вимагали, побоюючись конкуренції, щоб держава ввела монополію власників підприємств на впровадження технічних винаходів. З іншого боку, встановлення привілеїв на винаходи було новим джерелом прибутків самої держави. З патентів і привілеїв стягувалися великі податки. Перші привілеї, які охороняли права винахідників, були впроваджені в Англії з 1623 р., а згодом вони застосовувалися й в інших країнах.

Одним з видатних винахідників доби пізнього Середньовіччя був Леонардо да Вінчі (1452–1519). Велике значення для розвитку науки того часу мало створення Міколаєм Коперником (1473–1543) геліоцентричної системи світу. Галілео Галілей (1564–1642) зробив декілька відкриттів у галузі астрономії, які підтвердили геліоцентричну систему, винайшов мікроскоп (1610). Остаточно цей погляд на будову Сонячної системи ствердився у працях німецького астронома Йоганна Кеплера (1571–1630). Він відкрив закони руху планет. Великий англійський математик Ісаак Ньютон (1643–1727) сформулював їх з точки зору загальних законів руху матерії.

Алхімія у XV–XVII ст. поступово втрачає свої позиції. Відбувається її зближення з медициною. Німецький лікар Парацельс (1493–1541) висловив думку про те, що явища, які відбуваються в організмі людини – це хімічні процеси. Вільям Гарвей (1578–1657) був засновником наукової фізіології, відкрив кровообіг.

У XVII ст. данські учені Расмус Бартолін (1625–1698) і Ніколас Стено (1638–1686), англієць Роберт Бойль (1627–1691) і німець Роберт Гук (1635–1703) встановили оптичні властивості кристалів, а також перші геометричні закони їхньої будови. Згодом цей напрямок у мінералогії виділився у самостійну дисципліну – кристалографію. У той час також почала складатися у самостійну галузь науки і геологія, котра вивчає будову, мінеральний склад, історію розвитку Землі та земної кори.

У XVII ст. з'являються космогонічні гіпотези Рене Декарта і Готфріда Вільгельма Лейбніца, згідно яких Земля спочатку знаходилася у розпеченому

стані, а потім тривалий час остигала, вкриваючись корою. Михайло Ломоносов (1711-1765) заклав основи порівняльно-історичного методу в геології.

Прорив у розвитку фізики стався дещо пізніше, ніж в інших науках. Учень Галілея Еванжеліста Торрічеллі (1608-1647) відкрив існування атмосферного тиску і створив ртутний барометр. Французький математик, філософ і фізик Блез Паскаль (1623-1662) відкрив названий його ім'ям закон про передачу тиску в рідинах і газах.

1662 р. англійський фізик і хімік Роберт Бойль разом зі своїм учнем Річардом Таунлеєм вперше встановив існування залежності об'єму від тиску. Через 14 років французький фізик Едм Маріотт (1620-1684), незалежно від Бойля, відкрив той самий закон. Він виклав його у своїй праці «Досвід про природу повітря» (1676).

Перші спостереження за проявами дій електричних сил були зроблені ще у Стародавній Греції. Однак у подальшому вчення про електрику не розвивалося аж до появи у 1600 р. праці «Про магніт, магнітні тіла і про великий магніт – Землю» англійського фізика Вільяма Гільберта (1544-1603). Він встановив, що багато тіл, подібно бурштину, мають здатність притягувати легкі предмети після натирання. Порівнюючи властивості цих тіл з властивостями бурштину, Гільберт назвав їх «електричними» і ввів цей термін у науковий обіг.

У середині XVII ст. властивості електрики вивчав німецький фізик Отто фон Геріке. Для своїх дослідів він створив одну з перших електричних машин – кулю з сірки, яка оберталася й натиралася руками. Французький фізик Шарль Франсуа Дюфе (1698-1739) сконструював прилад для визначення та вимірювання електрики – прототип сучасного електроскопа.

Потреби виробництва, а також успіхи, досягнуті в астрономії, механіці та інших галузях знань, призвели до подальшого розвитку математики. Перш за все, у той час розроблялися основні положення алгебри. Ще у XVI ст. Італійські математики Сципйон дель Ферро, Нікколо Тарталья та Лодовіко Феррарі відкрили алгебраїчні способи розв'язання рівнянь третього і четвертого ступеня. Подальший розвиток алгебра отримала в працях італійського ученого Джероламо Кардано і французького математика Франсуа Вієта.

У XVII ст. найбільш помітним досягненням у галузі математики було відкриття логарифмів, яке зробили майже одночасно і незалежно один від одного шотландський учений Джон Непер (1550-1617) і швейцарський математик Йост Бюргі (1552-1632). «Арифметичні і геометричні таблиці прогресії» Бюргі, «Опис дивовижної таблиці логарифмів» і «Побудова дивовижної таблиці логарифмів» Непера сприяли розвитку техніки обчислень.

Французький філософ-енциклопедист, фізик і математик Рене Декарт (1596-1650) видав у 1637 р. працю «Геометрія», що містила основи методу координат в геометрії. У цій праці він вперше в науці ввів поняття змінної величини і функції.

Розробивши окремі питання обрахунків нескінченно малих величин математики першої половини XVII ст. – П. Ферма, Р. Декарт, Б. Кавальєрі, Е. Торічеллі – підготували підґрунтя створення диференціального та інтегрального числення. Виникнення нових розділів математики було пов'язане з працями німецького ученого Готфріда Вільгельма Лейбніца (1646-1716).

У XVIII ст. математичні знання знаходять застосування у різних галузях науки. У той же час працями Леонарда Ейлера (1707-1783) і Жозефа Луї Лагранжа (1736-1813) були закладені основи теорії ймовірностей, а також інших нових напрямків математики. Їхні відкриття призвели до поступової відмови від метафізичних уявлень про природу.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Доменне виробництво у XIV-XVI ст.
2. Початок книгодрукування.
3. Водяне колесо – двигун мануфактурного виробництва.
4. Видатні вчені доби Відродження: Л. да Вінчі, М. Коперник, Дж. Бруно, Г. Галілей, Й. Кеплер, Г. В. Лейбніц, Ш. Ф. Дюфе.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 89-115, 132-134, 136-142.
2. Історія науки і техніки: навч.посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 35-38, 40-60.
3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 46-68.
4. Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX-XX століть: навч. посіб. – К., 1998. – С. 28-39.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь, 2018. – С. 86-112, 115-124.

2. Історія інженерної діяльності: навч. посіб. / С.В. Подлесний та ін. – Краматорськ, 2004. – С. 35-45.

3. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 35-45.

Тема 4. РОЗВИТОК НАУКИ І ТЕХНІКИ У ДОБУ ПРОМИСЛОВОГО ПЕРЕВОРОТУ

План семінарського заняття

1. Промисловий переворот в Англії. Винайдення парової машини.
2. Створення машинобудування та розвиток металургійної галузі.
3. Технічний переворот на транспорті й у засобах зв'язку.
4. Розвиток фізико-математичних та технічних наук.

1. Промисловий переворот в Англії. Винайдення парової машини

У середині XVIII ст. здійснюється розвиток науки і техніки, який привів до індустріальної революції (промислового перевороту), тобто процесу переходу від ручного (мануфактурного) виробництва до фабрично-заводської промисловості.

У XIX ст. у своєму найбільш розвинутому виді технічне оснащення фабричного виробництва отримало вигляд сукупності технологічних машин, які приводилися в дію від однієї центральної парової машини через розгалужену мережу передавальних механізмів. Але переворот не обмежувався лише промисловістю, де він розпочався, а охопив усі галузі виробництва, у тому числі сільське господарство і транспорт. Він мав також важливі соціальні наслідки, зокрема появу нових суспільних класів, викликав явище урбанізації, нарешті, здійснив всебічний вплив на життя й побут людей. Через це іноді, щоб підкреслити масштабність, глибину й швидкість процесу, його називають також індустріальною революцією.

Промисловий переворот розпочався у різних країнах неодноразово, охоплював не всі галузі економіки й в неоднаковій послідовності. Спочатку відбувалося зародження елементів машинної техніки в умовах мануфактурного ремісничого виробництва.

Перший етап промислового перевороту розпочався в Англії на межі 60-70-х рр. XVIII ст. і був пов'язаний з винайденням та поширенням робочих машин у текстильній промисловості. Але оскільки розвинуте машинне виробництво ще не сформувалося, то ці машини приводилися в дію за рахунок сили людини, вітру, води або тварин.

Другий етап починається зі створення у 80-х рр. XVIII ст. другої парової машини Джеймса Уатта – машини подвійної дії універсального призначення, а згодом її розповсюдженням у різних галузях обробної та видобувної промисловості.

Вирішальний, третій етап припадає на перші два десятиріччя XIX ст. й пов'язаний з технічними досягненнями в галузі металургії та металообробки. У цей час в Англії починається переробка чавуну на залізо за допомогою пудлінгування та використання верстатів Генрі Модслі з самохідним супортом.

Під час четвертого етапу (20–30-ті рр. XIX ст.) відбувається переворот на транспорті та у засобах зв'язку. Починається масове використання пароплавів, паротягів та телеграфу.

П'ятий етап охоплював 40-і рр. XIX ст., коли відбувалося впровадження технічних удосконалень у гірничу промисловість і сільське господарство.

У XIX ст. до промислового перевороту, крім Англії, долучилися й інші країни: Франція, США, Німеччина, Австрійська і Російська імперії, Японія. Але особливістю промислового перевороту в цих країнах було те, що кожний з етапів відставав на 10-20 років від аналогічних англійських. У Російській імперії це відставання було ще більшим у зв'язку з досить пізнім скасуванням кріпосного права.

Машини змінили весь існуючий до цього часу спосіб виробництва і витіснили робітників: вони виробляли товари дешевше і краще, ніж могли це зробити робітники з допомогою своїх недосконалих засобів праці. В умовах машинної індустрії технічні засоби, технологія та організація виробничого процесу були вільними від жорсткої орієнтації на можливості робітника. Розподіл технологічного процесу на елементи операцій був передумовою нової структури виробництва, яка враховувала, перш за все, його об'єктивні фактори. Це створювало умови для того, щоб проблеми, які виникали, вирішувалися на базі наукових досягнень. Виробничий процес почав базуватися на застосуванні науки, а сама наука перетворилася у фактор виробничого процесу.

Промисловий переворот у Великій Британії був пов'язаний з накопиченням вільних капіталів внаслідок торгівлі з колоніями та розвитком ману-

фактурного виробництва. Власники підприємств шукали можливість вигідного розміщення капіталів та намагалися знайти кошти для розширення та вдосконалення виробництва. Коли процес розвитку мануфактури підготував створення машин, наявність вільних капіталів забезпечила їхнє швидке розповсюдження й практичне використання. Другою причиною став аграрний переворот, який позбавив селян землі й забезпечив робочі руки для промисловості. Колишні селяни, що втратили землю, переселялися в міста, що призвело до формування ринку робочої сили, а також збільшення попиту на продукти харчування й масового вжитку.

Створена англійським винахідником Джеймсом Харгрівсом прядильна машина, названа на честь його доньки «Дженні», була удосконаленим варіантом машини Джона Уайєта, в якій витяжні валики були замінені рухомим затискачем, що складався з двох брусків дерева і був розташований на каретці. Ручна праця ткача була замінена механічною. Подальший розвиток прядильних машин був пов'язаний з іменем Річарда Аркрайта. Його машина була розрахована на механічну рушійну силу, яка використовувала принцип безперервної роботи. Переваги машин Харгрівса і Аркрайта поєднав ткач Самуель Кромптон. Повністю механізувати роботу текстильних машин зміг Річард Робертс, який винайшов автоматичну прядильну машину періодичної дії.

Текстильні машини почали встановлювати у великих будинках і приводити в дію силою води. Одним з перших таких виробництв була прядильна фабрика, організована Аркрайтом у Кромфордї. Вже з XVIII ст. було цілком зрозуміло, що подальший розвиток промисловості гальмується відсутністю універсального двигуна, оскільки використання водяного колеса змушувало підприємців будувати мануфактури на річках, а не поблизу джерел сировини чи ринків збуту готової продукції.

Перший паровий насос сконструював капітан королівського флоту Томас Севері для відкачування води з рудників і шахт. Цей насос працював без поршня: всмоктування води відбувалося шляхом конденсації пари і створенням розрідженого простору. Співвітчизник Севері коваль Томас Ньюкомен вдосконалив машину свого попередника. Він побудував паровий насос з циліндром та поршнем і відокремив їх від котла, а для передачі й перетворення поступального руху в обертальний застосував балансир. Насоси Ньюкомена, крім Англії, працювали в Австрії, Бельгії, Франції, Німеччині, Угорщині та Швеції. Остання машина Ньюкомена була демонтована на вугільних копальнях Англії у 1934 р. Але її застосування було можливе лише для підймання води, оскільки машина не могла працювати без зв'язку двигуна з насосом.

Англійський винахідник Джеймс Уатт присвятив два роки вдосконаленню машини Ньюкомена і, нарешті, знайшов вирішення проблеми, створивши власну. Він розташував циліндр у паровій оболонці, а конденсація пари здійснювалася в окремому конденсаторі, який постійно повинен був знаходитися в охолодженому стані.

Наприкінці XVIII ст. ці парові машини використовувалися для відкачування води з шахт, а також для нагнічування повітря в печі на металургійних заводах. Уатт зайнявся створенням машин для приводу механізмів обертання, наслідком чого було отримання ним п'яти патентів на пристрої, котрі вирішували проблему з перетворення зворотньо-поступального руху в обертальний. У підсумку він розробив такий тип парової машини подвійної дії з безперервним обертальним рухом, яка тривалий час не змінювалася, а лише вдосконалювалася.

У 1800 р. дія патентів Уатта закінчилася. З'явилося багато винахідників, які внесли у конструкцію парової машини вдосконалення і зміни. 1807 р. Генрі Модслі побудував перший двигун без балансира. У 30-ті рр. XIX ст. виникла ідея застосування перегрітої пари, яка на практиці була здійснена у 50-х рр. Густавом Адольфом Гірном. Він теоретично розробив проблему перегріву, що підвищував температуру пари на 100 °С. Перегрів отримав особливе поширення з 60-х по 90-ті рр. XIX ст., коли його почали застосовувати у поєднанні з високим тиском.

Протягом всього XIX ст. парова машина займала панівне становище в енергетиці великої промисловості та транспорту. Внаслідок поступових удосконалень, зроблених багатьма винахідниками і конструкторами її потужність зростає з 20–30 к.с. у 1830 р. до 1000 к.с. у 1870 р., а ККД подвоївся (з 5 % до 10 %).

2. Створення машинобудування та розвиток металургійної галузі

Після створення універсального теплового двигуна основним завданням подальшого промислового розвитку було технічне переобладнання машинобудування. Великі можливості, що з'явилися у промисловості з впровадженням робочих машин і універсального двигуна, могли реалізуватися лише тоді, коли машинобудування було спроможне постачати всім галузям промисловості спеціальні машини у великій кількості. Перетворення машини на товар сприяло розвитку машинобудування як окремої галузі промисловості.

Англійський винахідник Генрі Модслі у 1794 р. винайшов хрестовий супорт (утримувач різця) для токарного верстата, який перетворив основний технічний засіб обробки металів у робочу машину. Через 3 роки він побудував токарно-гвинторізний верстат зі змінним рухом гвинта. Модслі застосував часткову стандартизацію виготовлення гвинтів, адже до нього вони виготовлялися вручну й мали довільну нарізку різьби, що значно утруднювало ремонт верстатів. Його верстат виявився незамінною машиною у будь-якій токарній справі. Роботу з вдосконалення гвинтових стандартів закінчив учень Модслі Джозеф Вітворт.

Значення металу як основного матеріалу для виготовлення машин і механізмів у XIX ст. значно зросло. Технічний переворот у металургійній промисловості полягав у винайденні нової технології для отримання чавуну й вдосконалення його переробки у залізо. Ще у XVIII ст. в Англії було винайдено спосіб заміни використання у доменному виробництві деревного вугілля спеціально переробленим кам'яновугільним коксом. У Російській імперії перші спроби застосувати кам'яне вугілля у доменному виробництві були здійснені 1795 р. на Луганському чавуноливарному заводі. Організація виплавки чавуну на мінеральному паливі була розпочата 1845 р. в Керчі, де була побудована доменна піч для роботи на антрациті.

У XIX ст. почали впроваджуватися у виробництво нові системи повітряних нагнічувачів, що дозволило значно збільшити розміри доменних печей та прискорити процес доменної плавки. Так, 1809 р. Шарль Каньяр де Ла-Тур винайшов нові повітряні нагнічувачі, котрі почали встановлювати на багатьох заводах. З середини XIX ст. починають впроваджуватися центробіжні нагнічувачі повітря, що забезпечували доменне виробництво необхідною кількістю повітря.

Подальше зростання продуктивності доменних печей було пов'язане з підігрівом повітря, яке подавалося у домну. Повітряний нагрівач вперше був застосований Джеймсом Нілсоном (патент 1828 р.). Перші досліді нагрівання повітря до 150-300° дозволили скоротити витрати палива і значно підвищити продуктивність доменних печей. Однак проблема підвищення ККД доменної печі остаточно була вирішена лише з винайденням способу використання відвідних газів для підігріву повітря у спеціальних пристроях — кауперах, вперше застосованих 1857 р. англійським винахідником Едуардом Каупером. Його винахід мав велике значення для розвитку чорної металургії й привів до змін у конструкції доменних печей і технології доменного процесу.

Вдосконалення виробництва чавуну призвело до невідповідності між кількістю чавуну, отриманого з домни і можливістю його переробки на залізо. Ця проблема була вирішена після винайдення процесу пудлінгування (змішування), який прийшов на зміну кричній переробці чавуну в залізо, оскільки він був у 10 разів продуктивнішим.

До 1870-х років індустрія переважно споживала чавун і залізо. Сталь у той час використовувалася, але способи її масового виробництва не були відомі. Виготовлялася в основному тигельна сталь, вартість якої була в 5 разів більшою за залізо. Технічний прорив у виробництві сталі відбувся лише у середині XIX ст. Російський інженер Петро Аносов запропонував метод, де поєднувалися процеси плавки і насичення сталі вуглецем. Він вперше застосував метод газової цементації металу, який сьогодні застосовується у всіх країнах світу. 1837 р. Аносов здійснив переплавку чавуну на сталь як з додаванням заліза, так і без нього.

Швидкий розвиток залізничного будівництва, перехід морського транспорту від дерев'яних кораблів до металевих, зростаючий попит на залізо і сталь з боку військової промисловості та машинобудування висунули підвищені вимоги до якості металу.

Проблема отримання ливарної сталі була вирішена у 1856 р. англійським винахідником Генрі Бессемером, який запропонував спосіб переробки рідкого чавуну на сталь шляхом продування через нього сильного струменя повітря в спеціальному резервуарі – конверторі. Відбувалося вигорання вуглецю, домішок кремнію та марганцю й виходила сталь.

Сучасники високо оцінили метод Бессемера, оскільки його винахід співпав з тим періодом, коли в Європі й Америці швидкими темпами будувалися залізниці. Бессемерівська сталь відповідала всім технічним вимогам до рейок. Так, у США 14 нових міст отримали назву Бессемер.

Проблему переробки пудлінгового заліза на сталь вирішили у 1864 р. французькі металурги Еміль і П'єр Мартени. Вони використали винахід німецьких інженерів Фрідріха і Вільгельма Сіменсів – принцип регенерації тепла продуктів згоряння й застосували його для підігрівання повітря й газу. Винахідники змогли отримати температуру в печі, достатню для виробництва сталі.

Від бессемерівського методу мартенівський відрізнявся невеликою продуктивністю, але давав можливість контролювати склад і якість готової сталі. Конкуренція між бессемерівським (конверторним) і мартенівським (пічним) методами тривала майже 100 років і закінчилася на користь конвертора після того, як почали продувати кисень крізь рідкий метал.

Ще однією проблемою, якою займалися винахідники XIX ст., було досягнення повної однорідності металу, що повинно було забезпечити його певні механічні властивості. Але це було важко здійснити під час пудлінгування. Виникла необхідність у додатковій операції – прокатці. Під час цього процесу в металі, що знаходився в пластичному стані, знищувалися первинні зерна, після чого він ставав більш щільним і однорідним за своїм складом. Операцію прокатки потрібно було механізувати. Крім того, вона мала важливе значення під час виробництва сортового металу (рейки, швелери, балки). Великим досягненням у цій галузі було створення й практичне застосування безперервних прокатних станів. Цю ідею реалізували англійські механіки з Манчестера Джордж Бедсон і Чарльз Уайль. 1862 р. Бедсон побудував безперервний прокатний стан, який мав велику виробничу потужність завдяки автоматичній подачі металу від однієї пари валків до іншої та великій швидкості їхнього обертання.

3. Технічний переворот на транспорті й у засобах зв'язку

На початку XIX ст. розпочалися роботи зі створення принципово нових засобів пересування суходолом – парового залізничного транспорту. На той час виникли не лише економічні, але й технічні умови, що дозволяли вирішити цю проблему. Вже був накопичений досвід застосування парової машини Дж.Уатта. У багатьох країнах Європи використовувалися різні типи рейкових шляхів. Перш за все це стосувалося гірничої та металургійної промисловості. У XIX ст. розвиток залізничного транспорту йшов трьома основними напрямками: 1) створення рейкових шляхів; 2) зміни у засобах тяги; 3) створення пристосованих для рейкових шляхів вагонів.

Хоча першу спробу застосування парових локомотивів на рейкових шляхах здійснив шотландський інженер Ричард Тревітік, але проблему створення парового залізничного транспорту вирішив англійський винахідник Джордж Стефенсон. Він першим розглянув рухомий склад і рейковий шлях у нерозривному зв'язку. Свій перший паротяг *Blücher* він сконструював ще у 1814 р., а вже через 10 років 16 різних локомотивів перевозили вантажі на невеликих приватних дорогах. Найбільш відомим паротягом Стефенсона була *Rocket* («Ракета», 1829), яка мала машину потужністю 13 к.с., важила 4,5 т і тягнула 17-тонний потяг зі швидкістю 21 км/год, а з пасажирським вагоном на 36 осіб досягала швидкості 38 км/год.

Перша залізниця на Британських островах завдовжки 61 км була побудована 1818 р. між містами Стоктон і Дарлінгтон. 1830 р. у США з'явилася залізниця Чарльтон – Огеста (64 км). Невдовзі новий вид транспорту набув поширення у Франції, Бельгії, Німеччині, Австрійській та Російській імперіях. Зокрема, на півдні останньої з 1865 р. відкрився рух потягів на ділянці Одеса – Балта завдовжки понад 200 км.

У зв'язку з розвитком залізничного транспорту виникає нова галузь промисловості – транспортне машинобудування. Залізниці з'єднали старі промислові центри, а також дали змогу розпочати освоєння віддалених територій та залучити їх до економічного життя.

Другим напрямом розвитку транспорту в XIX ст. було застосування парового двигуна у кораблебудуванні. 1796 р. американський механік Джон Фітч побудував два невеличких кораблі: один з гребним колесом, другий – з гребним гвинтом. Але коштів на створення великих пароплавів винахідник не мав.

Застосування парового двигуна у кораблебудуванні пов'язане з ім'ям винахідника Роберта Фултона, який 1803 р. випробував на р. Сені перший ще досить недосконалий пароплав, який досягав швидкості 5 км/год. Але уряд Франції не надав винахіднику коштів, і він змушений був переїхати до США, де у 1807 р. побудував пароплав Clermont, який здійснив свій перший рейс по р. Гудзон з Нью-Йорка до Олбані (278 км). Успіху Фултона сприяло те, що він замовив в Англії двигун потужністю 20 к.с. у Бірмінгемі на фірмі Boulton & Watt, і всі зусилля зосередив на конструюванні пароплава з гребними колесами. На річкових пароплавах така схема застосовувалася до середини XX ст. У 1840 р. лише на р. Міссісіпі та її притоках здійснювали регулярні рейси понад 100 пароплавів.

1819 р. вперше на трансатлантичну лінію з Америки до Європи вийшов пароплав Savannah, який долав відстань за 26 діб. Через три роки на лінії Лондон – Гавр з'явився корабель з металевим корпусом.

Чеський винахідник Йозеф Рессель 1826 р. розпочав дослідження з гребним гвинтом, який встановив на 5-тонному човні. Австрійський уряд його не підтримав, і Рессель переїхав до Італії, де на кошти мецената Фонтано у 1829 р. побудував гвинтовий пароплав, який здійснював регулярні рейси між Трієстом і Венецією. 1838 р. англієць Френсіс Сміт побудував цілком придатний для практичного використання пароплав з гребним гвинтом Archimedes. Починаючи з 40-х рр. XIX ст. гвинт почав успішно витіснити гребні колеса на морському транспорті. 1874 р. відбувся останній рейс океанського колісного пароплава.

Перша спроба застосувати паровий двигун на військовому кораблі була здійснена в Англії ще 1814 р. Але як показав перебіг експлуатації пароплавів, для отримання вирішальної переваги у морському бою над вітрильними бойовими кораблями з дерев'яними корпусами проблему створення парового військово-морського флоту необхідно було вирішувати комплексно. Перш за все, корпус – не просто сталений, а броньований. Рушій – тільки гвинт (гребні колеса були надто вразливі для артилерійського вогню). Але головне – нові нарізні артилерійські системи. Нарізи у стволі гармати надавали обертальний рух снаряду і забезпечували підвищення дальності та точності вогню. Технічні труднощі створення таких гармат були подолані внаслідок робіт шведського барона Варендорфа та італійського майстра Коваллі. Вже під час Кримської війни 1855 р. у Франції були побудовані 3 броньованих кораблі-батареї, які прийняли участь у облозі Кінбурна. Гармати з нарізними стволами з'явилися у фортечній та польовій артилерії. Вперше вони були застосовані під час Франко-італійської війни у 1859 р.

У стрілецькій нарізній зброї застосування унітарного паперового патрона, який мав капсуль, що розбивався за допомогою ударника у вигляді голки, створило сприятливі умови для розповсюдження гвинтівки. Під час Громадянської війни у США в 1861-1863 рр. паперовий патрон був замінений металевим, а однозарядна зброя – магазинною гвинтівкою і револьвером.

Розвиток економіки потребував не лише нових видів транспорту, але й нових засобів зв'язку. Це було пов'язано з впровадженням електромагнітної телеграфії. До початку XIX ст. було вже достатньо повно вивчено статичний електричний струм і відкрито здатність електричних зарядів з великою швидкістю поширюватися в ізолюваному провіднику. Після відкриття гальванічної електрики було здійснено декілька спроб створення електрохімічного (іспанець Франциско де Сальва, 1802) і електростатичного телеграфу (німець Самуель Земмерінг, 1817). Після того, як 1820 р. данський учений Ханс Крістіан Ерстед відкрив дію струму на магнітну стрілку, виникла реальна можливість створення нового виду зв'язку – електромагнітного телеграфу. 1832 р. російський учений Петро Шиллінг здійснив передачу першої телеграми з 10 слів за допомогою електромагнітного телеграфу. Остаточного електромагнітного телеграфу почав використовуватися після робіт англійського професора Чарльза Уйтсона, російського академіка Бориса Якобі, американського винахідника апарату зі спеціальною абеткою Самуеля Морзе, автора літеродрукувального пристрою, британського інженера Девіда Едуарда Юза. У своїй розробці Юз, зокрема, застосовував принцип синхронно-

синфазного руху механізмів передавача і приймача. Апарати Юза витримали випробування часом. Їх припинили використовувати лише наприкінці 30-х рр. XX ст.

Експлуатація перших морських кабелів показала значну залежність процесу телеграфування від електричної ємності дротів. Для роботи на трансатлантичному кабелі існуючий апарат був непридатний, оскільки його приймач міг реагувати на сигнали силою не менше 10 мА. Але у 1867 р. Вільям Томсон створив друкуючий апарат високої чутливості (сифон-рекордер) для надійної роботи якого був необхідний струм лише 0,02 мА.

Розпочався швидкий розвиток телеграфної мережі. У 1847–1852 рр. було прокладено морський кабель під Ла-Маншем, і почала діяти пряма телеграфна лінія між Лондоном і Парижем. 1855 р. було прокладено кабель через Середземне і Чорне моря, а з 1866 р. запрацювала телеграфна лінія зв'язку між Лондоном і Нью-Йорком.

На початку XIX ст. відбулися значні зміни у книгодрукуванні. Вони стосувалися, в першу чергу друкарського і набірних процесів. 1812 р. німецький винахідник Фрідріх Кеніг замінив у друкарській машині плиту для притискання паперу металевим циліндром і механізував нанесення фарби на форму. Ці нововведення дозволили друкувати понад 800 аркушів за годину. Англієць Б. Фостер у 1815 р. механізував операції діставання літер зі сховища і встановлення їх у рядок. Невдовзі з'явилися тигельні друкарські машини. Американський винахідник Вільям Баллок у 1863 р. створив ротаційну машину, яка друкувала на папері, що був скручений у великий рулон. Ці винаходи і технічні нововведення дозволили покращити якість книг, періодичних видань і значно збільшити їхній тираж.

Поява фотографії – це наслідок успіхів хімії та фізики початку XIX ст. Французький винахідник Жозеф Нісефор Ньєпс і художник Луї-Жак Дагер займалися пошуками спроб закріплення зображення, отриманого камерою-обскура – ящиком з отвором з встановленим на задній стінці матовим склом, на якому з'являлися світлові зображення. Дагер в якості світлочутливої речовини використовував йодисте срібло, яке проявляв за допомогою ртуті. Хоча зображення виходило якісним, але воно було «зворотнім» - права сторона предмету зображення була зліва і навпаки. До того ж дагеротипні фотографії неможливо було розмножувати.

Англійський фізик Вільям-Фокс Тальбот створив у 1840 р. новий світлочутливий папір, який давав у камері-обскура приховане зображення. Для його отримання папір «проявляли». Завдяки негативному й позитивному

процесам фотографія отримала своє завершення. 1847 р. французький винахідник Ньєпс де Сен-Віктор застосував скляні пластини, світлочутливе покриття на яких було з йодистого срібла в альбуміні. Світлини зроблені зі скляних негативів відрізнялися чистотою та якістю зображення. До початку 70-х рр. XIX ст. фотографія перетворилася на невід'ємну частину науки, промисловості, мистецтва.

4. Розвиток фізико-математичних та технічних наук

Загальний стан природознавчих наук у першій половині XIX ст. характеризувався розвитком окремих галузей науки та використанням результатів їхніх досліджень у виробництві, головним чином для створення машин і механізмів. На відміну від попередніх етапів, у XIX ст. як в окремих галузях, так і природознавстві загалом все більше стверджується ідея загального взаємозв'язку явищ природи. Природознавство перетворюється на єдину науку про природу, починаючи від вивчення простих форм руху (механіки) до астрономії, фізики, хімії та біології. Замість довільного поділу природи починається наукова диференціація природознавства.

Розвиток науки призводить до розширення галузі застосування математичних знань. Використання, в першу чергу, математичного аналізу стає обов'язковою умовою розвитку механіки неперервних середовищ, теорії електрики і магнетизму, термодинаміки, теорії пружності. Використання і дослідження теоретичних основ математичного аналізу приводить до розвитку теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних і, особливо, теорії потенціалу. Велике значення в розробці цих розділів відіграли німецькі вчені – Карл Фрідріх Гаусс, Петер Діріхле, французькі – Огюстен Коші, Жан Батист Фур'є, Симеон Дені Пуассон, англієць Джордж Грін, українець Михайло Остроградський.

На основі поглибленої теорії границь виникає обґрунтування математичного аналізу, що мало також вплив на застосування математики у природознавстві. У цій галузі помітних успіхів досягли Бернард Больцано, норвезький математик Нільс Хенрік Абель та німець Карл Вейєрштрасс.

Незалежно один від одного французький математик Жан Робер Арган і данський – Каспар Вессель дали геометричне тлумачення комплексного числа. У подальшому була сформульована загальна теорія функцій комплексної змінної. Важливе значення в цій галузі мали праці О. Коші, К. Вейєрштрасса і Георга Рімана.

У середині XIX ст. сформувалася нова математична дисципліна – векторна алгебра. У першу чергу її поява відповідала потребам фізики і механіки.

Помітний внесок у розвиток цієї галузі зробили німецький математик Герман Грассман та англійський – Вільям Роуен Гамільтон.

У XIX ст. з'являються розділи математики, які на момент появи не були пов'язані з якимись практичними потребами. Але згодом вони стають основою нових галузей науки. Так, Г. Ріман 1854 р. у лекції «Про гіпотези, які лежать в основі геометрії» розглянув узагальнену геометрію, для якої простір геометрії Лобачевського є частковим випадком. У своїх працях Ріман обґрунтував загальне поняття багатовимірного простору, елементами якого можуть бути об'єкти будь-якої природи, і визначив шляхи застосування методів диференціальної геометрії для вивчення таких просторів. Ці ідеї випередили час і були застосовані лише у XX ст., після створення теорії відносності у дослідженні фізичного простору.

На основі класичної алгебраїчної задачі про розв'язання рівнянь вищих степенів сформувалася одна з важливих галузей математики – теорія груп. Її започаткував Жозеф Луї Лагранж, хоча у XIX ст. розвитком цієї теорії займалося багато учених.

На початку XIX ст. подальшого розвитку набула будівельна механіка. Вона розвивалася шляхом застосування законів опору матеріалів та його фундаменту – теорії пружності. Так, значних успіхів у розрахунку склепінь домогся Шарль Огюстен Кулон. Йому також належить розв'язання задачі про міцність балок. Він відкрив існування дотичних напруг, що дозволило згодом створити особливу теорію міцності. Кулон дав перше розв'язання задачі про скручування.

Виникнення машинобудування, створення машин з великими швидкостями обертання різних частин і деталей поставили перед ученими завдання вивчення їх у стані руху. До кінця 30-х рр. XIX ст. у самостійну науку виділилася механіка машин, в якій вирізнялися напрямки досліджень з кінематики та динаміки машин. Останні ґрунтувалися, з одного боку, на загальному вивченні машин, а з іншого – на дослідженнях теоретичної механіки, яка отримала класичну форму завдяки працям Леонарда Ейлера та Жозефа Луї Лагранжа. На середину XIX ст. французькими вченими були вирішені основні завдання динаміки машин.

Дослідження кінематики механізмів посилювалось у 40–50-х рр. XIX ст., що стимулювалося швидким розвитком текстильної промисловості та винайденням нових механізмів. Англійські (Р. Вілліс, Т. Тет та ін.) і французькі (Ш. Лабеле, Ш. Жиро, Ж.-Б. Беланже) учені створили теорію передач і почали пошуки загальних методів вивчення споріднених груп механізмів. Німецька

школа машинознавства успішно розвивала конструкторсько-технологічний напрямок вивчення машин, який виявився найбільш плідним для вирішення практичних завдань. Ці дослідження заснували дисципліну, яка згодом отримала назву «деталі машин».

На середину XIX ст. практична механіка як теоретична основа вивчення машин включала: 1) передачу та зміни руху, або механізми машин; 2) вимірювання сили, теорію двигунів і динамічну теорію машин; 3) будову машин, засновану на теорії опору матеріалів.

Застосування гідравлічного обладнання і гідротехнічних споруд та необхідність їхнього вдосконалення прискорили розвиток гідравліки. Вона розвивалася, спираючись, з одного боку, на теоретичні положення гідродинаміки, а з іншого – на досягнення гідротехнічної практики. Гідравліка розвивалася переважно як експериментальна наука.

Значні зрушення у XIX ст. відбулись у вивченні парових машин та їхніх елементів. Становлення наукових засад теплотехніки було тісно пов'язане з історією парового двигуна, яка у свою чергу обумовлювалася розвитком теплотехнічної практики та розширенням теоретичних знань про властивості робочого тіла, про процеси у машинах, про методи побудови технічних засобів.

Дослідження властивостей водяної пари дозволило визначити шляхи нової енергетики. З'ясувалося, що використовуючи водяну пару в якості робочого тіла двигуна, можна отримати механічну роботу. Відкриття фізиків визначили й ранні форми нових генераторів механічної енергії – парово-атмосферні поршневі двигуни, оскільки було відомо, що нагріта пара має більшу «пружну силу», а завдяки її конденсації створюється вакуум, що забезпечує перепад тиску, який необхідний для здійснення механічної роботи.

Подальші дослідження були стимульовані численними працями винахідників з дослідження універсального парового двигуна. Німецький учений Густав Антон Цейнер, використовуючи дослідження Анрі Реньо (40-і рр. XIX ст.), розробив повну й систематичну теорію насиченої водяної пари з виведенням усіх необхідних формул та складанням таблиць її властивостей. Наслідком наукових досліджень й практичних розробок було збільшення одиничної потужності та підвищення економічності паросилових пристроїв.

Дослідження парових двигунів призвело до створення основних засад термодинаміки – науки, що вивчає закони теплової рівноваги та перетворення тепла на інші види енергії. Одним із засновників термодинаміки був французький учений Саді Карно. Аналізуючи циклічний тепловий процес, він показав, що у парових машинах корисна робота може бути отримана

лише під час переходу тепла від більш нагрітого тіла до менш нагрітого. Рудольф Клаузіус розглянув цикл Карно і довів, що його висновок є вираженням загального закону про те, що тепло не може переходити саме по собі від більш холодного тіла до більш теплого. Клаузіусу належить також впровадження поняття ентропії – однієї з основних термодинамічних величин.

У 1800–1830 рр. внаслідок вивчення електричних і магнітних явищ закладаються основи електротехніки: був відкритий електричний струм, почалося вивчення його дії, встановлено низку закономірностей у галузі електромагнетизму, зроблено перші кроки у практичному застосуванні електрики.

Алессандро Вольта дійшов висновку, що джерелом електрики є контакт двох різнорідних металів, і створив перше джерело постійного струму. Його вольтів стовп (1799) був найпростішою батареєю гальванічних елементів з однією рідиною. Досить швидко вчені різних країн за рахунок дослідів з вольтовим стовпом дізнались про хімічні, теплові, світлові та магнітні властивості електричного струму, змогли отримати, використовуючи електролітичний метод, невідомі до цього часу хімічні елементи.

Вчені працювали над дослідженням магнітної дії струму. 1820 р. було виявлено явище намагнічування провідника струмом, який проходив через нього (Д. Ф. Араго), а також встановлено закон дії струму на магніт (Ж. Б. Біо, Ф. Савар), який пояснював обертальний характер руху провідника відносно магніту або магніту відносно провідника. Значним науковим досягненням цього періоду було розроблення основ електродинаміки та встановлення електричної природи магнетизму (А. Ампер). Вивчаючи закономірності в електричному колі та виходячи з аналогії між рухом електронів та тепловими або водяними потоками, Георг Симон Ом у 1826 р. відкрив відомий закон електричного кола, який носить його ім'я.

Початок нового етапу в електротехніці розпочинається у 1831 р., коли англійський вчений Майкл Фарадей відкрив явище електромагнітної індукції. Це відкриття поповнило фізику новим об'єктом – фізичним полем. З цього часу індукційні явища стають провідною темою фізичних досліджень, починається вивчення електромагнітних коливань, які становлять науковий фундамент електротехніки змінних струмів та радіотехніки.

Вчення про електрику було першою наукою, на основі якої створювалась промисловість електричних приладів, апаратів і машин. Виникнення нового виду технічних засобів з самого початку було нерозривно пов'язане з відкриттям нових фізичних законів. Праці Ампера, які привели до відкриття законів електродинаміки, дослідження Фарадея, що дали змогу сформулювати

закони електромагнітної індукції, не лише встановили тісний зв'язок між електричними і магнітними явищами, але й заклали підвалини створення електричного двигуна та електричного генератора. Ці дослідження, як і праці їхніх наступників (передусім Д. К. Максвелла), стали фундаментом електротехніки.

Одним з важливих наукових досягнень цього періоду було відкриття закону збереження та перетворення енергії. Весь хід історичного розвитку науки і практики призвів до того, що до цього відкриття майже одночасно підійшли С. Карно (Франція), Ю. Р. Майєр і Л. Г. Гельмгольц (Німеччина), Дж. П. Джоуль (Англія).

Розвиток виробництва підготував також глибинні зміни у хімічній науці. Зокрема у XIX ст. сформувалися наукові поняття про атом і молекулу. Розвиваючи праці попередників англійський вчений Джон Дальтон на початку XIX ст. ввів у хімію поняття про атом. Згодом італієць Амадео Авогадро у 1811 р. висловив гіпотезу про те, що в одному молі будь-якої речовини за однакових температури і тиску міститься одна й та сама кількість молекул. Таким чином, запроваджувалась відмінність між атомом і молекулою. Закон Авогадро дозволив визначити молекулярну вагу будь-якої речовини. 1859 р. Густав Кірхгоф і Роберт Бунзен започаткували дослідження в галузі спектрального аналізу. Остаточо розмежував поняття атома і молекули італійський хімік Станіслао Канніццаро, який запропонував спосіб написання хімічних формул і реакцій, яким користуються й сьогодні.

У цей період завдяки працям французького ученого Шарля Фредеріка Жерара, англійського – Едуарда Франклєнда, та С. Канніццаро було встановлено одне з найважливіших понять хімії – поняття валентності, тобто здатності атома з'єднуватися лише з чітко визначеною кількістю інших атомів при утворенні молекули нової речовини.

Найвизначнішим досягненням хімії середини XIX ст. було відкриття російським ученим Дмитром Менделєєвим у 1869 р. періодичного закону хімічних елементів та складання ним відповідної таблиці. Періодична система була значним узагальненням у галузі хімії та фізики. За її допомогою було встановлено взаємозв'язок між усіма елементами, передбачено існування ще невідомих елементів та їхніх властивостей; на її основі були відкриті закономірності властивостей хімічних з'єднань різних елементів.

Таким чином, діяльність людства зі створення технічних засобів і технологічних процесів, використання природознавчих законів у практичній діяльності привели до виникнення й розвитку технічних наук. З початку виник-

нення технічної науки, у свою чергу, почали здійснювати вплив на розвиток усіх галузей техніки, на поглиблення і поширення наукової діяльності. Процес створення об'єктів техніки отримав у ХІХ ст. цілеспрямований характер, наслідки діяльності людини ставали передбачуваними.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Розвиток металургійної галузі у добу промислового перевороту.
2. Технічний переворот у засобах зв'язку.
3. М. Фарадей.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 138-160.
2. Історія науки і техніки: навч.посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 61-73, 75-100.
3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 53-55.
4. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки: навч. посібник. – Суми, 2013. – С. 68-91.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь, 2018. – С. 124-131.
2. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 34-45.

Тема 5. НОВІ ВІДКРИТТЯ У ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ І ПРИРОДНИЧИХ НАУКАХ ТА ТЕХНІЧНІ ВІНАХОДИ ОСТАННЬОЇ ЧВЕРТІ ХІХ – ПОЧАТКУ ХХ ст.

План семінарського заняття

1. Розвиток математики та астрономії.
2. Фундаментальні відкриття у фізиці.
3. Хімія, геологія та механіка на передових позиціях науково-технічного прогресу.
4. Поява та розвиток нових видів транспорту і зв'язку.

1. Розвиток математики та астрономії

У період з 1871 р. до 1914 р. нові відкриття в математиці, астрономії, природознавчих та технічних науках підірвали основи старої механістичної картини світу й створили умови для розвитку нових революційних ідей. Точні науки у цей час розвиваються на основі практичного досвіду, збагачуючи його новими відкриттями. На межі окремих наукових знань виникають нові науки: фізична хімія, біохімія тощо.

Початок нового періоду в розвитку математики був пов'язаний з дослідженнями в галузі неевклідової геометрії, що здійснювали італійський учений Еудженіо Бельтрамі та німецький математик Фелікс Клейн.

Видатною подією в галузі аксіоматичного методу була опублікована 1899 р. праця німецького математика Давіда Гільберта, який вперше розв'язав задачу побудови геометричної системи, що логічно розгорталася з точно сформульованих незалежних посилок. Цим Гільберт зробив вагомий внесок у математичну логіку. Практичне значення цього відкриття виявилось з часом.

Наприкінці ХІХ ст. значного розвитку отримало вчення про загальні властивості скінченних і особливо нескінченних множин. Теорія множин як математична дисципліна була розроблена у 1874–1884 рр. німецьким математиком Георгом Кантором. Ідеї та поняття теорії множин знайшли застосування практично у всіх галузях математики. Теорія множин стала однією з основ розвитку теорії функцій дійсної змінної, сучасної загальної топології та інших дисциплін.

У розглядуваний період великого розвитку набула теорія ймовірностей. Цей розділ математики займається вивченням випадкових подій, настання

яких заздалегідь неможливо точно передбачити й перебіг яких, здавалося б, за однакових умов, може відбутись зовсім по-різному в залежності від випадку. Теорія ймовірностей особливо швидко почала розвиватися з прогресом статичної фізики, знайшла застосування у природознавстві та техніці. На її основі розвинулася теорія спостережень, яка набула розвитку у зв'язку з потребами геодезії та астрономії, а також у теорії стрільби. Велике значення у цій галузі математики мали праці російського ученого Андрія Маркова-старшого. Так, теорія марковських ланцюгів дала можливість розв'язати фізичні проблеми броунівського руху та дифузії.

На межі XIX і XX ст. значним напрямком у розвитку математики було вчення про симетрію у загальному вигляді, тобто теорія груп. Спочатку вона розвивалася як допоміжний апарат для розв'язання рівнянь вищих степенів у радикалах. На межі століть важливе значення закономірностей симетрії виявилось у багатьох інших розділах науки: геометрії, кристалографії, фізиці, хімії. Так, у 90-х рр. XIX ст. Євграф Федоров розв'язав за допомогою теоретико-групових методів важливу проблему кристалографії – задачу класифікації різноманітних кристалічних просторових решіток.

На початку XX ст. вчені багатьох країн продовжували розробляти проблеми топології, яка сформувалася в окрему галузь математичних знань у зв'язку з розробкою проблем теорії функцій комплексної змінної та якісної теорії диференціальних рівнянь Анрі Пуанкаре. На той час топологія вже визначилась як вчення про ті властивості геометричних образів, які не змінюються при безперервній їх деформації.

У розглядуваний період виникає поняття функціонального простору, а також основних ідей функціонального аналізу. В математиці простір визначається як множина об'єктів, між якими є відношення, подібні за своєю структурою до звичайних просторових. Історично першим є поняття евклідового тривимірного простору, що розглядається як множина точок, пов'язаних певними зв'язками. Внаслідок його постійного збагачення виникло поняття функціонального простору, в якому точками є функції. Такі простори розглядались італійськими математиками В. Вольтерра (1887) та С. Пінкерле (1895), а також Д. Гільбертом (1904) і угорським ученим Ф. Рісом (1912).

Нові досягнення математики – створення аксіоматичного методу теорії множин, відкриття нових аспектів теорії ймовірностей, теорії груп, топології, функціонального аналізу – тісно пов'язані зі змінами й розвитком наукових уявлень про явища матеріального світу. Через специфіку предмету й методу дослідження математика часто теоретично випереджає відкриття багатьох

фізичних та інших законів природи. В подальшому природничі науки все частіше звертаються до методу математичного аналізу свого матеріалу.

Якщо наука до другої половини XIX ст. не знала шляхів для пояснення фізичної природи процесів і явищ, які відбуваються у всесвіті, то тепер астрономія отримала нові методи вивчення космосу: спектральний аналіз і фотографію, що ґрунтувалися на досягненнях фізики та хімії. Астроспектроскопія й фотографія зумовили швидке вдосконалення нової галузі астрономії – астрофізики.

В останній третині XIX ст. була розроблена класифікація зіркових спектрів. Вивчення спектрів небесних світил дозволило довести існування об'єктів як зіркової (зіркові системи, скупчення), так і газової (газові туманності) природи.

Перші точні визначення зіркових величин припадають на 70-ті рр. XIX ст.; були створені досить точні фотометричні каталоги. На кінець століття астрономія вже використовувала досить значні матеріали: власні рухи, паралакси тощо.

Суттєвий розвиток отримала зіркова астрономія, що під час досліджень закономірностей зіркової системи, крім геометричних характеристик, почала використовувати отримані астрофізичними методами фізичні характеристики зірок: спектральні класи, променеві швидкості, показники кольору. Це дозволило набагато глибше з'ясувати закономірності будови і розвитку зіркового світу.

1906 р. Якобус Каптейн запропонував міжнародний план дослідження зіркового світу шляхом вивчення зірок у 206 обраних площах, які рівномірно були розподілені по небу. Досліди, які проводилися за цим планом, надали значний матеріал для вивчення будови і динаміки зіркової системи. Під час виконання цього плану накопичувалися відомості про зіркові величини, спектральні класи, власні рухи, променеві швидкості. Велике значення мали й інші міжнародні праці, такі як складання зонних астрономічних каталогів, фотографічні «карти неба» тощо.

Негативний вплив на світогляд астрономів на межі XIX і XX ст. мала загальна криза природознавства, яка виявилася в астрономії у тенденції до заперечення безмежності всесвіту в часі й до визнання нашої Галактики єдиною зірковою системою, що включає всі небесні тіла. Однак дослідження, проведені передовими вченими, довели існування інших зіркових систем. Склався новий розділ зіркової астрономії – позагалактична астрономія. Нові відкриття в астрономії у розглядуваний період визначили перехід від вивчення

лише часткових питань, які торкалися природи окремих небесних тіл, до з'ясування загальних закономірностей їх будови і розвитку.

2. Фундаментальні відкриття у фізиці

Природознавчі науки на межі XIX і XX ст. головну увагу приділяли питанням будови матерії. Дослідження попереднього періоду привели до чіткого розмежування атома і молекули. Періодична система Менделєєва дала змогу встановити зв'язок між атомами, але закономірності змін самих атомів ще не були з'ясовані. Висувалися лише припущення, що атом є складним утворенням. Крім того, існувала думка про наявність ефіру – однорідного світового середовища нез'ясованої будови. Електрика розглядалась як флюїд, тобто речовина особливої будови.

В останній чверті XIX ст. вчення про електрику почало займати центральні позиції не тільки у фізиці, але й в усьому природознавстві. 1873 р. Джеймс Максвелл створив електромагнітну теорію світла. Розвиваючи ідеї Фарадея, він розробив класичну теорію електромагнітного поля. З розробленої ним системи рівнянь електродинаміки випливало, що повинні існувати електромагнітні хвилі. Реальність цих хвиль була експериментально доведена Генріхом Герцем у 1887 р. Він показав, що ці хвилі також, як і світлові промені, відбиваються, заломлюються і т.д. Протягом наступного десятиліття були відкриті майже всі діапазони електромагнітних хвиль.

1895 р. німецький фізик Вільгельм Рентген, досліджуючи проходження струму через трубки без повітря, відкрив електромагнітне випромінювання, яке назвав X-променями. Невдовзі було доведено, що промені Рентгена – це електромагнітні хвилі дуже короткої довжини. Це відкриття набуло широкого практичного застосування.

Російський фізик Петро Лебедев у 1891 р. отримав короткі електромагнітні хвилі, які заповнювали діапазон між звичайними радіохвилями і більш короткими інфрачервоними променями. Він також експериментально довів, що електромагнітні хвилі можуть спричиняти тиск. Дослідження Лебедева показали, що електромагнітні випромінювання характеризуються не лише енергією, але й масою.

Відкриття Герца, Рентгена, Лебедева та інших учених доповнили теорію електромагнітного поля Максвелла й усунули її недоліки. Максвелл переніс центр уваги з електромагнітних зарядів на електромагнітне поле. Воно і речовина у вченого виявилися розірваними. Внаслідок цього питання про електромагнітні заряди, які породжують поле і випромінюють електромагнітні

хвилі, питання про природу носіїв заряду і струму вивчалось спочатку без зв'язку з електромагнітним полем.

1870 р. англійський вчений Вільям Крукс відкрив катодні промені у розрядній трубці з розрідженим повітрям. Через чотири роки британський фізик Джордж Стоні дав перше кількісне визначення заряду атома електрики і назвав цей заряд «електроном». Стоні назвав електроном найменший електричний заряд, пов'язаний з іоном одновалентної речовини. Його співвітчизник Джозеф Томпсон у 1897 р. довів, що катодні промені є потоком негативно заряджених електронів. Остаточно атомну будову електричних зарядів було доведено у 1911 р. дослідями американського вченого Роберта Ендрюса Мілікена. Відкриття та дослідження електронів, їх взаємодія та рух зробили помітний вплив на вчення про речовину.

Розвиток учення про електромагнітне поле, відкриття електрона, встановлення електромагнітної структури атома призвели до синтезу цих досягнень у електромагнітній теорії, яка набула розвитку на межі XIX і XX ст. Остаточно її сформулював у 1909 р. голландський учений Гендрік Лоренц у праці «Теорія електронів». Все розмаїття видів матерії він розглядав як наслідок взаємодії позитивних і негативних елементарних зарядів (електронів) та ефіру. Однак подальший розвиток науки довів, що не може бути універсальних теорій, які б пояснювали всі явища. Теорія Лоренца не відповідала фактам при поясненні безперервного і перервного.

Французький фізик Антуан Беккерель 1896 р., проводячи дослід з сіллю урана, встановив, що її випромінювання здатне проходити крізь непрозорий папір. Його роботу продовжили Марія Складовська-Кюрі та П'єр Кюрі, які встановили, що такі промені випускають усі сполуки, які містять уран і торій. Такі речовини отримали назву радіоактивних. Вже у 1898 р. дослідники змогли отримати з уранової руди радій. Згодом було встановлено, що радіоактивність проявляється у вигляді альфа-, бета- і гамма-променів.

Англійський фізик Ернест Резерфорд у 1911 р. під час дослідження розсіювання ядер гелію – альфа-частинок – атомами різних речовин встановив, що ці частинки відхиляються на незначні кути, хоча зіштовхуються з сотнею тисяч атомів. Лише у деяких випадках альфа-частинка відхиляється на кут у $120\text{--}150^\circ$. Отже, зустрічні атоми пронизуються швидкою й масивною альфа-частинкою. Резерфорд запропонував планетарну модель атома: у центрі якої знаходиться позитивно заряджене ядро, а його маса майже дорівнює масі атома.

Але згідно класичної електродинаміки, електрони, які рухаються у середині атома, повинні були б безперервно втрачати свою енергію на випромі-

нювання електромагнітних хвиль. Їхній рух у середині атома припинився б у мільйонні частки секунди. Але це суперечило великій стійкості атома. При цьому світло, яке випромінював атом згідно електронної теорії, повинно було б мати безперервний спектр. Але досліди, проведені з розпеченими газами (тобто сукупністю атомів, які мають велику енергію) показали, що вони випромінюють цілком визначений лінійний спектр, характерний для даної речовини.

Отже, з'ясувалося, що на основі класичної механіки й електродинаміки неможливо пояснити процеси, які відбуваються у середині атома. Численні теоретичні узагальнення та практичні дослідження, проведені у різних країнах світу в 1913 р. змінили погляди вчених на проблему будови атома. На початку року був відкритий закон перетворення елементів у процесі радіоактивного розпаду. Він пояснював альфа- і бета-розпад як зсув електронів у періодичній системі. Майже одночасно цей закон був доведений англійським фізиком Фредеріком Содді та польським Казимиром Фаянсом. Потім Содді відкрив явище ізотопії. Наприкінці року на засіданні Фізичного товариства у Копенгагені Нільс Бор зробив доповідь «Про спектр водню», в якій дав опис нової динамічної моделі атома.

Значним досягненням фізики у цей час було створення квантової механіки – теорії руху мікрочастинок. Вона дозволяла враховувати хвильові, атомістичні та корпускулярні властивості матерії. Згодом квантова механіка як галузь теоретичної фізики перетворилася на основу ядерної фізики.

Відправною точкою квантової механіки є квантова теорія світла. Ще у 1900 р. німецький фізик Макс Планк зробив припущення про те, що елементарні випромінювачі (атоми) можуть віддавати свою енергію електромагнітному полю, тобто випромінювати світло лише дискретними порціями – квантами. Загальнонаукове значення роботи Планка полягало у тому, що він відкинув закони класичної фізики і ввів у науковий обіг уявлення про перервний, квантовий обмін енергією між випромінюючими системами і полем випромінення.

Німецький фізик Альберт Ейнштейн у 1905 р. висловив думку про те, що світло є сукупністю елементарних світлових частинок – фотонів, або квантів світла. Він запровадив поняття квантової (дискретної) структури поля випромінювання. Це дало змогу пояснити багато фізичних явищ: закони фотоелектру, люмінесценції, фотохімічні закономірності тощо.

Узагальненням розвитку фізики початку XX ст. була спеціальна (1905) та загальна (1915) теорія відносності А. Ейнштейна. Вона відкрила нові наукові уявлення про простір, час та тяжіння. Вчений довів, що уявлення про

абсолютний простір і час, які будувалися на законах класичної механіки, суперечать законам, що були відкриті у фізиці на межі XIX–XX ст. Простір і час – є формами існування рухомої матерії й окремо, незалежно від неї, не існують.

Теорія відносності Ейнштейна є однією з основ всієї сучасної фізики. За її допомогою відбуваються дослідження атома та його ядра, а також елементарних частинок. Загальна теорія відносності вивчає космологічні проблеми.

3. Хімія, геологія, механіка на передових позиціях науково-технічного прогресу

На розвиток загальнотеоретичних уявлень хімічної науки наприкінці XIX ст. помітний вплив мали як відкриття, зроблені у попередній період, так і сучасні здобутки у галузі фізики. На базі термодинаміки, електродинаміки, спектроскопії формуються фізична хімія та виникають її самостійні розділи.

Хімія у другій половині XIX ст. досягла помітних успіхів у галузі синтезу органічних речовин, використовуючи відкриття, зроблені у попередній період Фрідріхом Велером і Миколою Зініним. 1865 р. німецький хімік Фрідріх Август Кекуле запропонував формулу будови бензолу. Вже наступного року французький вчений Марселен Бертло синтезував тензол з ацетилену. На основі реакції діазотування, відкритої німецьким хіміком Петером Гріссом, яка стає основою великого класу азотофарбників, виникає промисловість синтетичних барвників. Метод синтезування різноманітних органічних речовин Віктора Грін'єра, відкритий 1900 р., значно прискорив її розвиток.

Хімічна наука на підставі досягнутих результатів у теоретичних розробках почала здійснювати помітний вплив на розвиток хімічних технологій: створюється виробництво пластмас, синтетичних барвників, рідкого палива, ліків; вдосконалюються технологічні процеси в металургії.

Одним з напрямів розвитку органічної хімії було дослідження синтезу природної сировини й вдосконалення способів її переробки. Під час дослідження складу і будови каучуку були зроблені перші спроби його синтезу.

На межі XIX–XX ст. формується самостійний напрям фізико-хімічних досліджень – термохімія. Дослідження хімічних процесів за допомогою термодинаміки призвели до появи хімічної термодинаміки. Теорія електролітичної дисоціації, запропонована Сванте Арреніусом у 1887 р., та подальше вивчення хімічних процесів, перетворили електроліз у промисловий спосіб отримання алюмінію, хлору та інших речовин.

Розвиток колоїдної хімії був обумовлений вивченням розчинів. Ці дослідження призвели до вдосконалення процесів очищення нафти та води, покращення якості фарбування, розвитку фотографії.

1884 р. Якоб Гендрик Вант-Гофф оприлюднив свої кінетичні рівняння, що було підсумком роботи багатьох дослідників стосовно визначення швидкості хімічних реакцій. Він спирався на закон діючих мас, відкритий у 1879 р. Като Максиміліаном Гульдбергом і Петером Вааге, та на загальний закон зміщення хімічної рівноваги в залежності від зовнішніх факторів Анрі Луї Ле Шательє (1884).

На початку XX ст. працями багатьох учених (Г. Тамман, М. Курнаков) було створено фізико-хімічний аналіз. Він допоміг встановити кількісну залежність між складом та властивостями різноманітних систем речовини – розчинами, сплавами тощо. Тепер науковці отримали можливість досліджувати умови осаджування солі та створювати сплави з потрібними властивостями.

Завдяки відкриттю будови атома, поглиблюється розуміння будови молекули та природи хімічного зв'язку. В основі перших гіпотез про участь електрона в утворенні хімічного зв'язку було положення про переміщення електронів від одного з атомів до іншого. Так, 1915 р. Вальтер Коссель, а у наступному – Гілберт Льюїс запропонували електронні теорії валентності й хімічного зв'язку. Описовий бік цих теорій добре узгоджувався з моделлю атома Нільса Бора.

У розглядуваний період подальший розвиток отримали такі розділи механіки, як динаміка твердого тіла, теорія стійкості, механіка рідин і газів. Перехід до нарізної зброї у середині XIX ст. зробив розробку проблем стійкості, рівноваги і руху матеріальних систем дуже важливою. Вони отримали розвиток у теорії гіроскопу, якою займалися російський учений О. Ляпунов і французький А. Пуанкаре. 1892 р. вийшла друком праця Ляпунова «Загальна задача про стійкість руху». Розв'язання теоретичної проблеми обертання важкого тіла навколо нерухомої точки для випадку, коли центр його ваги не знаходиться на осі симетрії, у 1888 р. зробила Софія Ковалевська.

Бурхливий розвиток авіації на початку XX ст. призвів до появи нового розділу гідродинаміки – аеродинаміки. Важливе значення у її створенні мали праці Миколи Жуковського. 1904 р. він розробив формулу для визначення підйимальної сили крила, про що зробив доповідь під назвою «Про приєднанні вихори» у листопаді наступного року на засіданні Московського математичного товариства. У 1910–1912 рр. Жуковський провів розрахунки сили, яка діє на крило, а також розробив декілька теоретичних профілів крила. У наступні

шість років він провадив дослідження, за допомогою яких була створена теорія повітряного гвинта. Праці Жуковського є основою всіх аеродинамічних розрахунків літаків. Розвитком теорії крила займався також німецький вчений Людвіг Прандтль.

Праця Сергія Чаплигіна «Про газові струмені» (1902) започаткувала нову галузь механіки – газову динаміку. Повністю значення цього дослідження визначилося лише через кілька десятиліть, коли почалося вивчення сил, з якими повітря впливає на літак, який летить на швидкості, що наближається до звукової.

Різноманітні ракети (освітлювальні, сигнальні, феєрверки) на пороховій основі людство використовувало століттями. Але лише з появою праць Івана Мещерського «Динаміка точки змінної маси» (1897) та «Зрівняння руху точки змінної маси» (1904) з'явився новий розділ механіки – динаміка змінної маси, який досліджував політ ракет. 1903 р. вийшла праця Костянтина Цюлковського «Дослідження світових просторів реактивними приладами», в якій були викладені теорія руху ракети з урахуванням зміни її маси, принципова схема реактивного двигуна на рідкому паливі та математично обґрунтована можливість застосування багатоступеневих реактивних апаратів у міжпланетному сполученні.

У перші десятиліття XX ст. різними проблемами розвитку космонавтики займалися й інші дослідники: Р. Годдард (США), Ф. Цандер (Росія), Р. Есно-Пельтрі (Франція), Г. Оберт (Німеччина), Ю. Кондратюк (Україна). Так, у 1909 р. Роберт Годдард вперше зробив енергетичний розрахунок рідинної воднево-кисневої ракети з урахуванням можливості застосування також інших видів палива. Тоді ж він розглянув схему багатоступеневої ракети. У 1916 р. Годдард провів експериментальні дослідження зі сталевими камерами порохового ракетного двигуна з метою визначення їх ККД. 1917 р. Юрій Кондратюк (справжнє ім'я – Олександр Шаргей) вивів основне рівняння руху ракети у бік Місяця та зробив його аналіз.

Будівництво залізничних мостів, швидкісних пароплавів, весь розвиток техніки наприкінці XIX ст. призвів до появи теорії вимушених коливань і вчення про резонанс, започаткованих дослідженнями Лагранжа. Особливо плідно у цьому напрямку працював німецький математик Карл Вейерштрасс. На початку XX ст. розробляється нова галузь теорії коливань – теорія нелінійних коливань, що було пов'язано з розвитком технічної акустики, електротехніки та радіотехніки.

Розвиток геології був тісно пов'язаний з прискореним зростанням промислового виробництва, яке потребувало великої кількості кам'яного вугілля,

металу, нафти. Це викликало поглиблення геологічних знань, значного розширення пошукових робіт і вдосконалення їх проведення.

У геології формуються загальні теорії, що пояснюють геологічні явища як взаємопов'язані ланки єдиного процесу розвитку Землі. Так, у 70-х рр. XIX ст. вийшла друком книга австрійського вченого Едуарда Зюсса «Обличчя Землі», в якій була висунута контракційна гіпотеза – гіпотеза стискання Землі. Вона розглядала життя нашої планети як складний тривалий період, де всі геологічні процеси були пов'язані між собою й відбувалися під дією природничих факторів. Але контракційна теорія спрощувала схему розвитку Землі. Тому на початку XX ст. з'явилися нові гіпотези та теорії.

Одним з досягнень геології кінця XIX ст. було вчення про особливості геологічних відкладень у залежності від умов осадових накопичень (теорія фацій), авторами якого були російський учений Микола Головінський та німецький – Іоганнес Вальтер. Тоді ж були закладені основи палеогеографії та порівняльної стратиграфії (М. Неймайєр, О. Павлов), а також біостратиграфії (М. Андрусов). Так, ученими-палеогеографами було встановлено льодовикове походження четвертинних відкладень (П. Кропоткін); накопичені нові відомості про клімат минулого. Це сприяло розвитку загальних матеріалістичних уявлень про історію нашої планети.

Використання мікроскопічного методу аналізу гірських порід за допомогою поляризаційного мікроскопа в петрографії дозволило глибше вивчити мінерали під час утворення вивержених порід.

У зазначений період велика кількість робіт була проведена з вивчення геології окремих регіонів земної кулі. Регіональна геологія у той час мала велике практичне значення, оскільки дозволяла перейти до складання геологічної карти світу.

Таким чином, розвиток наукових досліджень у 1871–1914 рр. йшов переважно у трьох напрямках: вивчення структури матерії (зокрема, структури атома); дослідження проблем енергії та створення нової фізичної картини світу.

Нові дослідження в галузі будови речовини, атома, проведені на межі XIX–XX ст. довели, що механістична картина світу вкрай недосконала й помилкова. Відомі науці закони класичної механіки при поясненні мікроструктури речовини виявилися помилковими. Водночас помилковими виявилися і механістичні, метафізичні, філософські концепції, природничо-науковими джерелами яких були стара класична механіка і механістична картина світу.

Весь процес переходу до нових основ фізичної науки відбувався в умовах формування нової картини всесвіту й супроводжувався значними змінами

не тільки у галузі природознавства, але й у філософії. На межі XIX–XX ст. особливо загострилися суперечки між матеріалізмом та ідеалізмом навколо філософських проблем природознавства. Так, суб'єктивні ідеалісти з відкриття радіоактивності зробили висновок про те, що це нібито підриває основи принципу збереження енергії, оскільки випромінювання під час радіаційного розпаду свідчить про виникнення енергії з нічого. Крім того, стверджувалося, що з відкриттям зміни маси електрона підривається принцип збереження маси. Оскільки масу ототожнювали з матерією, то робився висновок про те, що «матерія зникає».

Боротьба навколо філософських проблем природознавства мала велике соціальне значення, оскільки в неї втягнулися найвидатніші представники філософії того часу.

4. Поява та розвиток нових видів транспорту і зв'язку

Використання бензинового двигуна в автомобілебудуванні почалося з 1885 р., коли німецький винахідник Готліб Даймлер отримав відповідний патент і використав двигун у конструкції автомобіля. Наприкінці XIX ст. автомобілебудування почало перетворюватися на окрему галузь промисловості у багатьох країнах. За кілька років напівкустарне виробництво було поставлене на промислову основу. З'явилися перші автомобільні заводи: 1896 р. в Айзенасі (Німеччина) та Спрінгфілді (США), 1899 р. у Турині (Італія).

Справжній прорив у автомобілебудуванні стався 1902 р., коли американський підприємець Генрі Форд, маючи 7-річний досвід конструювання автомобілів, налагодив процес їх масового виробництва. Він був першим, хто зумів отримати технічний, технологічний та комерційний зиск від запровадження конвеєра.

Розвиток двигунів внутрішнього згоряння на початку XX ст. призвів до створення тракторної промисловості на підставі досвіду використання гусеничного рушія та парових колісних тракторів, накопичений у XIX ст. Визначилися два типи тракторів за призначенням: промислові та сільськогосподарські.

На межі XIX–XX ст. відбувається зародження літакобудування. Для розвитку авіації велике значення мали дослідження природи польоту нерухомого крила німецького винахідника Отто Лілієнталя, які були оприлюднені наприкінці XIX ст. На їхній основі брати Уілбур та Орвіл Райт (США) збудували літак Flyer, який 17 грудня 1903 р. здійснив свій перший політ. Заслуга конструкторів полягала у тому, що вони використали бензиновий двигун і надійну біпланну схему будови літака.

З початком другого десятиліття XX ст. авіація виходить на новий якісний рівень, коли створення перших літакобудівних заводів призвело до розвитку авіаційної промисловості як нової галузі виробництва.

Практичне втілення ідеї телефонування започаткували праці німецького фізика Філіпа Рейса зі створення апаратури, здатної зберігати відповідний тембр голосу під час передачі звуку. Паралельно над цією проблемою працювали учений Ілайша Грей та винахідник Александр Белл. У вдосконаленні телефонних апаратів взяли участь сотні вчених і винахідників з різних країн, найбільш відомими з яких були Д. Юз, Т. Едісон, Е. Берлінер, Ф. Блейк, К. Адер.

Наприкінці XIX ст. дротовий електричний зв'язок існував між багатьма містами і країнами, однак він обмежувався лише нерухомими об'єктами. Створити бездротову сигналізацію дозволило застосування електромагнітних хвиль завдяки роботам німецького фізика Генріха Герца. Олександр Попов застосувавши електромагнітні хвилі, відкриті Герцом, створив високочастотний іскровий генератор, у схемі якого містились усі елементи радіопередавача. Навесні 1897 р. він встановив свої прилади на кораблях Балтійського флоту й домогся зв'язку на відстані 5,5 км. Гульєльмо Марконі використав відкриття Герца і Попова й провів радіозв'язок через Атлантичний океан, який здійснювався за допомогою іскрових генераторів (1901).

З початком Першої світової війни відбувся перехід від іскрових (затухаючих передавачів) до радіостанцій з дуговим генератором незатухаючих коливань. Це було практичне втілення ідей данського винахідника Вальдемара Поульсена (1904), засекречене німецьким командуванням до початку війни.

1904 р. англійський інженер Джон Флемінг винайшов двоелектродну лампу – діод, а вже за два роки її вдосконалення, здійснене американцем Лі де Форестом (приєднав до лампи третій електрод-сітку), призвело до створення триелектродної лампи (тріоду) – основи майбутньої електронної радіолампової техніки.

Початок кінематографу започаткували досліди Томаса Едісона та братів Огюста та Луї Люм'єр. 1888 р. Едісон запропонував методику моментальної фотозйомки з послідовною серією проектування зображень на безперервну смужку, яка знаходилася на циліндрі або на плоскому диску. Наступного року він застосував целулоїдну плівку для свого апарату. На початку 1895 р. брати Люм'єр вперше здійснили проекцію на екран знятих ними кінокартин.

Винайдення та застосування нових засобів транспорту та зв'язку, як і запровадження у виробництво наукових відкриттів і винаходів значно вплинуло

як на весь розвиток техніки й промислового виробництва, так і на суспільне життя. За якихось двадцять років побут населення багатьох країн зазнав докорінних змін.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Нові напрямки розвитку астрономії наприкінці XIX ст.
2. Винайдення двигуна внутрішнього згорання.
3. О. Лілієнталь.

Основна література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 101-115, 118-138.
2. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 55-58.
4. Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX-XX століть: навч. посіб. – Київ, 1998. – С. 105-119.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь, 2018. – С. 134-168, 170-181.
2. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 50-52.
3. Історія України: навч. посіб. / За ред. Б.П. Ковальського. – Ч. IV. – Київ, 2007. – С. 88-93.

Тема 6. РОЗВИТОК ТЕХНІКИ НА ПОЧАТКУ XX ст.

План семінарського заняття

1. Електроенергетика – основа розвитку промисловості.
2. Застосування нових технологій у металургійній, машинобудівній та хімічній промисловості.
3. Транспорт і будівництво.
4. Нова техніка на полях Першої світової війни.

1. Електроенергетика – основа розвитку промисловості

В останній чверті XIX ст. парова енергетика знаходилася у стані кризи внаслідок збільшення невиробничих витрат на транспортування палива від місць його розташування до силових агрегатів. Головним недоліком парової машини виявилися труднощі передачі отриманої від неї енергії. Це, в першу чергу, гальмувало концентрацію та інтенсифікацію промислового виробництва. Ключовим на цьому шляху було вирішення проблеми передачі електроенергії на великі відстані.

1880 р. французький учений Марсель Депре шляхом аналізу сутності фізичних процесів у системі генератор – лінія – двигун довів, що ефективність електропередачі може бути досягнута за рахунок збільшення напруги у лінії. Але проблема полягала у неможливості передачі постійного струму на великі відстані й могла бути вирішена лише шляхом використання змінного струму та трансформаторів. Над їх створенням працювали вчені різних країн – Д. і Е. Гопкінсони (Велика Британія), А. Кеннеді (США) та ін. У конструюванні надійних, потужних силових трансформаторів суттєве значення отримало запропоноване Д. Свінберном масляне охолодження.

Перші електростанції однофазного струму в Європі були побудовані поблизу Лондона (1885) та в Одесі (1887). Їхня експлуатація показала великі можливості змінного струму для передачі на відстань, але й виявила основні його недоліки – обмеженість використання у сфері освітлення. Американський винахідник сербського походження Нікола Тесла створив двофазний генератор та асинхронний двигун, хоча ця система виявилася менш досконалою у порівнянні з трифазною, винайденою в Європі.

1889 р. російський інженер Михайло Доливо-Добровольський створив трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, який мав суттєві переваги: самостійно починав обертатися при ввімкненій напрузі, не потребував спеціального збуджувача (як синхронні двигуни) або додаткового двигуна для розгону (як двофазні). Виникнення техніки трифазних струмів розв'язало не тільки завдання використання електроенергії, але й передачі її на значні відстані. Це був початок електрифікації. Практичне впровадження трифазного струму в промисловість знайшло застосування у Німеччині, США, Швейцарії, Росії. Система трифазного струму сприяла швидкому впровадженню у виробництво відносно дешевих, а головне надійних асинхронних двигунів. Процес електрифікації промисловості супроводжувався витісненням парової машини з системи приводу та обмеженням її використання в

якості первинного двигуна. Іншими словами, парова машина з цехів перемістилась у машинні зали електростанцій.

Наприкінці XIX ст. виникає нова галузь виробництва – електрична промисловість, до якої на той час належали електроенергетика та електротехнічні підприємства. Електрична енергія розв’язала проблему ліквідації розриву між місцезнаходженням природних ресурсів енергії (водних джерел, родовищ палива) та розташуванням її споживачів. У процесі її перетворення та розповсюдження електроенергія має значення вторинної енергії. Природні первинні її види (гідравлічна, теплова, хімічна тощо) можуть бути перетворені на вторинну – електричну. Тільки її гнучкість, здатність до трансформації дозволила успішно вирішити проблему енергозабезпечення великої промисловості, транспорту та побуту.

2. Застосування нових технологій у металургійній, машинобудівній та хімічній промисловості

На початку XX ст. значно розширилася галузь застосування кольорових металів: машинобудування, електротехнічна промисловість, техніка зв’язку, приладобудування потребували все більшої кількості міді, цинку, олова, свинцю. Почалось промислове виробництво нового кольорового металу – нікелю. До кінця XIX ст. сировиною для отримання важких кольорових металів були монометалічні окислені, карбідні та силікатні природні руди. Єдиним способом отримання кольорових та чорних металів була пірометалургія – сукупність металургійних процесів, що відбувались при високих температурах.

Виснаження запасів багатих окислених руд висунуло проблему використання більш поширених на планеті сульфідних руд, які містять сірку. Для переведення мінералів з високим вмістом сірки в окисли металів був використаний процес окислювального випалення, сконструйовані спеціальні печі.

У XIX ст. почали використовувати алюміній, але поширення він набув лише у XX ст. Хімічний спосіб отримання алюмінію потребував великих енергетичних витрат. Тому до 1890 р. у світі було отримано всього 200 т цього металу. 1886 р. Поль Еру у Франції та Чарльз Холл у США незалежно один від одного отримали однакові патенти на виділення алюмінію методом електролізу з глинозему, розчиненого у розплавленому кріоліті. Так було започатковано спосіб електролітичного виробництва алюмінію.

Вперше методи порошкової металургії були розроблені російськими ученими Петром Соболевським і Василем Любарським у 20-х рр. XIX ст., але

лише на початку XX ст. виникає необхідність у широкому застосуванні порошкової металургії. У цей час з тугоплавких металів почали виготовляти нитки розжарювання електричних ламп. Спочатку вони виготовлялися з осмію, а згодом – з танталу. У той же період з вольфраму почали виробляти у США мідно-графітові щітки для електродвигунів.

Розвиток металургії позначився на гірничій справі. Потреби у руді та паливі змусили перейти до нових методів їх добування. В останній чверті XIX ст. вдосконалюються всі процеси й операції добування корисних копалин. Але найважливішим було те, що на шахтах індустріально розвинених країн світу з'являються й дедалі інтенсивніше починають використовуватися врубові машини.

У 70-х рр. XIX ст. почався новий період розвитку нафтопереробної промисловості, пов'язаний з використанням гасу для освітлення. Він перетворився на головний продукт переробки нафти. Інші побічні продукти (бензин, мазут) спочатку спалювали або виливали у річки. Але згодом нафтою почали замінювати традиційне паливо – вугілля. З винайденням двигунів внутрішнього згоряння вона отримала важливе значення у промисловості та на транспорті. Поступово хіміки відкривали все нові якості нафти і нафтопродуктів.

Великий внесок у розвиток технології переробки нафти зробив російський учений Володимир Шухов, який у 80-х рр. XIX ст. разом з інженером Іваном Єлінім сконструював кубову батарею для безперервного процесу її перегонки, яка з 1883 р. почала працювати на заводі Нобеля у Баку. У 1890 р. Шухов разом з інженером Сергієм Гавриловим розробив апаратуру для крекінг-процесу, а наступного року йому був виданий відповідний патент. Винахідники замість куба застосували для крекінг-процесу систему труб, які зазнавали впливу гарячих газів. Для покращення теплопередачі було передбачено примусову циркуляцію. Саме цей винахід став основою сучасної схеми термічного крекінгу.

Досягнення хімії та хімічної технології створили передумови для отримання штучних і синтетичних матеріалів та зародження їхнього промислового виробництва. Поява штучних матеріалів – показник якісно нового і більш високого розвитку хімії. Для їх отримання спочатку майже завжди слугували відомі й перевірені на практиці природні матеріали. Перші дослідники лише створювали штучні матеріали, аналогічні природнім, які за своїми властивостями поступалися останнім. Із вдосконаленням хімічних технологій почали створювати штучні матеріали, які не поступалися, а подекуди й перевищували за якістю природні.

Для хімічних технологій початку XX ст. характерною рисою було використання 14 основних хімічних елементів, які складають 99,5 % земної кори. Саме у цей час почали використовувати фтор, титан, хлор, магній, алюміній, а водень став основою сучасної хімії. Синтез аміаку, спиртів, рідкого палива щорічно вимагає виробництва мільярдів кубічних метрів водню.

Таким чином, характерною рисою хімічної промисловості було застосування поширених елементів, які раніше майже не використовувалися у промислових масштабах.

У машинобудуванні електричний двигун стає основою промислового виробництва. Застосування електричного приводу дозволило розробити багато типів металообробних верстатів, перейти до їх випуску, забезпечити виготовлення складних енергетичних, транспортних, гірничих, металургійних, сільськогосподарських машин, виробів і обладнання для комунальної та побутової техніки. Всі ці фактори визначили характер розвитку машинобудування на межі XIX–XX ст.

Проста кооперація однорідних або різнорідних робочих машин середини XIX ст. у машинобудуванні на початку XX ст. була замінена розчленованою системою машин. Вона була складною сукупністю різнорідних, але діючих одночасно машин, які отримували рух не від одного спільного двигуна, а від індивідуальних електродвигунів при кожній машині.

Зростання випуску машин, збільшення кількості фабрик і заводів супроводжувалося розширенням спеціалізації виробництва. Вона дозволила значно вдосконалити технології та організацію виробництва й врешті-решт набагато збільшити випуск техніки та обладнання. Машинобудування вже на початку XX ст. розпадається на окремі вузькоспеціалізовані галузі.

Розбудова підприємств вимагала все більшої спеціалізації металообробного обладнання. На вузькоспеціалізованих верстатах оброблялась одна деталь або виконувалась лише одна виробнича операція. Таке звуження функцій верстата разом зі значним зростанням його виробничих потужностей створювало нові можливості для масового випуску продукції, а також для подальшої автоматизації самого процесу виробництва.

Важливою особливістю техніки машинобудування на межі XIX–XX ст. було значне підвищення точності виробництва, що значною мірою було пов'язане з роботами відомого англійського верстатобудівника Джозефа Вітворта. Калібри Вітворта, які допускали точність підгонки деталей близько однієї десятитисячної частини дюйма вже у 1890-х рр. були невід'ємною частиною кожного машинобудівного заводу в Європі та Америці.

У цей період використовувалося 5 основних типів металообробних верстатів: токарні, свердлильні, стругальні, фрезерувальні, шліфувальні. Застосування спеціалізованих та високопродуктивних металорізальних верстатів, дотримання методів точних вимірювань, запровадження стандартів та принципів взаємозамінності деталей підготувало технічну базу для переходу машинобудування до серійного й масового виробництва.

3. Транспорт і будівництво

Вже напередодні Першої світової війни паротяг у своєму конструктивному рішенні досяг межі, що стимулювало дослідження в галузі створення принципово нових засобів тяги. В останній чверті XIX ст. визначились контури нових напрямів локомотивобудування: електровозо- та тепловозобудування. Перше практичне втілення електрифікації залізниць було здійснене німецьким інженером Вернером фон Сіменсом у 1881 р.

Протягом значного часу інженерна думка працювала над вдосконаленням техніки подачі струму до електровоза. 1883 р. американський інженер Лео Дафт побудував перший магістральний електровоз Ampere для стандартної колії на залізниці Саратога – Мак-Греггор. 1885 р. бельгійський інженер Шарль Ван-Депуль у Торонто створив перше трамвайне сполучення з одним повітряним робочим дротом. У його схемі зворотнім дротом слугували ходові рейки.

У 80-х рр. XIX ст. конструктори залізничних локомотивів зацікавились ідеєю використання двигуна внутрішнього згоряння для побудови автодрезин і мотовозів, перший з яких потужністю 4 к.с. був створений Готлібом Даймлером 1888 р. у Штутгарті.

Внаслідок впровадження двигуна внутрішнього згоряння на залізничному транспорті почав формуватися новий напрямок – тепловозобудування. Вже на початку XX ст. починається будівництво тепловозів з електричною системою передачі обертального моменту від вала двигуна внутрішнього згоряння рухомим вісям локомотива. У 1909 р. на Коломенському заводі (Росія) розробили проект тепловоза з електричною передачею.

Розвиток залізничного транспорту поставив на порядок денний вирішення проблеми будівництва мостів. Одним з напрямів їх прискореного зведення була розробка збірно-розбірних конструкцій. Найбільш досконалими виявилися рішення будівничого паризької вежі, інженера Гюстава Ейфеля, який використав ферму з трикутною решіткою. Однак, інженер Євген Патон

розробив більш легку, дешеву дворешітчасту конструкцію. У порівнянні з фермою Ейфеля вона давала економію на кількості основних компонентів у 2,3 рази, на малих з'єднувальних частинах – у 7,2 рази, на болтах – 25 %. Вага конструкції, запропонованої Патоном, становила 52 % від конструкції Ейфеля.

Розвиток залізничного, водного та міського транспорту викликав необхідність будівництва тунелів. За призначенням їх можна поділити на три основні групи: залізничні, судноплавні, метрополітен. Перший тунель було побудовано в Англії 1830 р. на залізничній лінії Ліверпуль – Манчестер. В останній чверті XIX ст. у швейцарських Альпах було створено Сен-Готардський тунель завдовжки 14894 м. Під час будівництва інженерам і технікам доводилося долати значні технічні труднощі: відкачувати воду, долати високу температуру, встановлювати вентиляцію.

Урбанізація кінця XIX ст. поставила ще одну велику проблему міст – розвиток транспорту, яку значною мірою було вирішено шляхом будівництва метрополітену. 1863 р. у Лондоні було побудовано першу підземну дорогу завдовжки 3,6 км, яка обслуговувалася спеціальними паротягами. У континентальній Європі перше метро з'явилося у Будапешті (1896), Парижі (1900), Берліні (1902). З розвитком електротранспорту відбулося технічне переоснащення метрополітену. На 1905 р. електрична тяга повністю витіснила парову на підземних дорогах.

Як і на залізничному транспорті, в останній чверті XIX ст. паровий двигун на кораблях вичерпав можливості вдосконалення. Подальший розвиток морського флоту залежав від принципово нових видів двигунів, нових рушіїв, вдосконалення форм корпусів суден, використання нових матеріалів тощо. Двигун типу турбіни вніс революційні зміни у всю систему «двигун – рушій – корабель». Зростання швидкості обертання гвинта потребувало перебудови форм рушія, а зміни форми гвинта в сукупності зі зростанням швидкості обертання викликали збільшення швидкості судна, що призвело до суттєвої модернізації всієї конструкції кораблів.

Реалізацією проблеми використання турбіни на кораблях як двигуна з 1884 р. займався інженер Чарльз Парсонс. Йому довелося долати появу ефекту кавітації (руйнування гвинта під час збільшення швидкості обертання). Тільки у 1897 р., після запровадження гвинтів нових форм проблему було розв'язано. 44-тонна *Turbinia*, побудована Парсонсом, досягала швидкості 34,5 вузла. На початку XX ст. турбіни почали встановлювати на швидкісних, особливо військових судах.

Паралельно з впровадженням турбін почалося використання дизельних двигунів на флоті. Малі габарити, низькі витрати палива, зменшення кількості обслуговуючого персоналу, відсутність диму – все це було на користь двигуна внутрішнього згоряння. Проблема їх використання полягала у запровадженні реверсу. Остаточного завдання було розв'язане у 1908 р. з побудовою реверсивного чотиритактного дизеля на петербурзькому заводі Л. Нобеля. Такі двигуни потужністю 120 к.с. були встановлені на підводному човні «Мінога», згодом канонерках «Карс» та «Ардаган». Успіхи експлуатації дизелів призвели до будівництва великих морських кораблів з такими двигунами. Всього до 1913 р. у світі було побудовано 80 теплоходів.

На судноплавство й структуру морського флоту в цілому суттєвий вплив мало будівництво каналів між морями і океанами. Значним досягненням було відкриття Суецького каналу (1869), який з'єднав Середземне та Червоне моря (довжина 173 км). Важливе економічне й військово-стратегічне значення мав відкритий 1914 р. Панамський канал, що з'єднав Атлантичний та Тихий океани. Його водороздільна ділянка знаходиться на висоті 25,9 м над рівнем океану. Кораблі підіймаються на цю висоту за допомогою шести шлюзів. Канали суттєво вплинули на процес скорочення вітрильного флоту, оскільки маневр суден у таких умовах був досить ускладнений.

Промислове виробництво призвело до динамічного розвитку будівельної галузі. Зросла її матеріальна база за рахунок використання нових будівельних матеріалів. Серед них найбільша питома вага належала сплавам, що давало можливість створювати різноманітні будівельні конструкції та споруди, виробляти для них нові механізми і машини. Значного поширення у цей час набули сталь, цемент та залізобетон.

Будівництво портових споруд з цементного бетону, що стимулювалося швидким розвитком морської торгівлі, виявило суттєвий недолік цього матеріалу – повільне зростання його експлуатаційної міцності. 1908 р. американець Г.С. Шпекман і француз М. Бід створили новий цемент, який отримав назву глиноземного. Його використання дозволило досягати експлуатаційної міцності споруд менш ніж за добу.

З 70-х рр. XIX ст. у будівельній техніці поступово починає набувати поширення залізобетон. Його винахідником був француз Жозеф Моньє, який у 1873 р. отримав патент на будівництво мостів з цього матеріалу, а через два роки винахідник побудував пішохідний міст завдовжки 16 м та завширшки 4 м. Перші промислові мости з'явилися 1887 р. у Німеччині та Австро-Угорщині. За наступні 12 років було побудовано ще 320 таких споруд.

Урбанізація і постійне зростання ціни на землю в містах робили необхідним підвищення висотності будинків. До середини 80-х рр. XIX ст. існувала практика спорудження будинків максимум у 6 поверхів (товщина стін становила $1/6$ їхньої висоти). Зростання ваги стіни вимагало зменшення розмірів вікон. Американець Вільям Ле Барон Дженні зміг розвантажити масу стіни за допомогою металевих стійок, що проходили всередині будови через усю її висоту. 1890 р. його співвітчизник Луїс Генрі Саллівен розрізав стіну на поверхові пояси, перетворивши її таким чином у каркасну металеву етажерку. Це дало змогу вже напередодні Першої світової війни подолати 40-поверхову межу.

4. Військова техніка у роки Першої світової війни

Особливістю розвитку технічних наук напередодні світової війни була їх націленість на створення нових видів озброєння та військової техніки. Військово-політичні кола провідних держав світу основний наголос робили на мілітаризації промисловості та озброєння своїх армій найсучаснішою військовою технікою. Її прогрес у цей період базувався на досягненнях природничих і технічних наук, і він мав свої особливості. З одного боку, військова справа, що перетворилася на окрему галузь промисловості, не могла розвиватися без науки, без спеціальних теоретичних досліджень. Природничі науки в значній мірі використовувалися для розробки принципово нових технічних пристроїв військового призначення. Більше того, низку зразків військової техніки взагалі неможливо було створити без попередніх наукових досліджень.

З іншого боку, необхідність вирішення нових наукових проблем у різноманітних галузях військової справи слугувала важливою передумовою для проведення спеціалізованих теоретичних та експериментальних досліджень, і тим самим створювала стимул для форсованого розвитку вже існуючих та зародження нових технічних наук, а також для виникнення нових напрямів досліджень у фундаментальних науках. Наприклад, перехід до нарізної зброї, бездимного пороху, розвиток робіт з внутрішньої балістики стимулювали успіхи фізико-хімічних наук і термодинаміки.

У 70-х рр. XIX ст. у багатьох арміях світу були прийняті на озброєння магазинні гвинтівки. Але їхні бойові якості втрачалися через застосування у патронах димного пороху. 1884 р. французький вчений Поль Вьель зміг виготовити бездимний піроксиліновий порох. Це відкриття, зокрема, зробило винайдений за рік до цього американським інженером Хайремом Максимом

станковий кулемет з водяним охолодженням ствола грізною зброєю. Він був прийнятий на озброєння у багатьох арміях світу. Зокрема, у Німеччині – це «Maxim-Nordenfelt» зразка 1896 р. (його подальший розвиток – MG08). Конструкція кулеметів постійно вдосконалювалася. Так, в арміях країн Антанти з'явився легкий (ручний) кулемет конструкції Льюїса.

До початку війни у багатьох країнах були створені декілька типів автоматичних гвинтівок. Однак їх впровадження не було здійснене жодною з держав, головним чином, з фінансових міркувань. Автоматичні гвинтівки з'явилися у військах лише наприкінці війни. У Німеччині 1918 р. було виготовлено близько 10 тис. пістолетів-кулеметів MP-18, створених під 9-мм пістолетний патрон «Parabellum»

Постійно вдосконалювалася зброя піхоти ближнього бою: міномети, гранати різних типів тощо. На 1914 р. лише німецька армія мала мінометне озброєння у достатній кількості, а всі інші воюючі держави збільшували їх виробництво вже під час війни.

Артилерія вже на початок XX ст. становила у всіх арміях світу найбільш потужний рід військ, що було пов'язано з прийняттям на озброєння сучасних артилерійських систем із застосуванням нових вибухових речовин. 1887 р. французький хімік Ежен Тюрпен відкрив мелініт – вибухову речовину, яку отримували на основі пікринової кислоти. Основною сировиною для виробництва вибухових речовин на початку XX ст. були азотисті сполуки – нітрати, які вироблялись у європейських країнах з ввізної чилійської селітри або з побічних продуктів коксохімічних заводів.

Вже у роки франко-пруської війни нарізні гармати з новими снарядами показали переваги над старими. Точність їхнього вогню зросла у п'ять разів, але дальність стрільби ще не перевищувала 3,5 км. Напередодні Першої світової війни конструктори створювали нові артсистеми та вдосконалювали вже існуючі. Основна увага приділялася влучності, дальності та швидкості стрільби, а також надійності артсистем та зручності їхнього транспортування. У війні 1914-1918 рр. застосовувалися гаубиці й мортири, здатні вести навісний вогонь і вражати ворога за зворотними скатами висот, руйнувати інженерні споруди на полі бою. Перш за все – це німецька важка 15-см гаубиця та австро-угорська 30,5-см мортира. В російській армії на озброєння були прийняті 42-лінійна важка польова гармата і 3-дюймова (76,2-мм) зразка 1902 р., яка з 1906 р. випускалася з панорамним дуговим прицілом і щитовим прикриттям. Австро-Угорщина під час бойових дій в Карпатах у роки війни застосовувала 9 см гармати M75-96 і 7-см гірські – М 9.

У роки війни артилерія вела вогонь на відстанях 18–22 км, а спеціальні далекобійні гармати – до 39 км. До початку 1918 р. в Німеччині було створено 6 гармат «Kolossal», стволи яких мали довжину 34 м. Вони встановлювалися на спеціальних бетонних платформах і важили близько 750 т. З них німці вели обстріл Парижа з відстані понад 120 км. Всього ж в арміях воюючих країн за роки війни кількість артилерійських систем збільшилася з 20 тис. у 1914 р. до 85 тис. у 1918 р.

У війні 1914–1918 рр. була застосована нова зброя – хімічна. Першими бойовими отруйними речовинами були хлор, хлорпикрин, фосген, іприт. 22 квітня 1915 р. під м. Іпр німецькі війська на фронті 6 км випустили 180 т хлору. За 5 хв. газової атаки з ладу було виведено 15 тис. французьких і англійських військових, з них 5 тис. загинуло. Автором німецької хімічної зброї був Фріц Габер. Того ж року хімік Микола Зелінський створив протигаз. Невдовзі протигазу різних конструкцій були прийняті як засоби захисту в арміях усіх воюючих держав. Всього ж за роки війни було застосовано більше 50 токсичних сполук. За 1915–1918 рр. армії всіх країн використали близько 125 тис. т отруйних речовин. Загальні втрати від їхнього застосування становили понад 1 млн чол.

На початок світової війни авіація виконувала допоміжні розвідувальні функції. В арміях усіх країн нараховувалося 600 літаків у строю та близько 1000 у запасі. Їхня якість була низькою, вони не були озброєні. Але вже під час війни авіація почала досить швидко розвиватися. Влітку 1915 р. сформувалися три її основні види: поряд з розвідувальною з'явилися винищувальна та бомбардувальна.

Французькі та англійські інженери влітку 1915 р. почали встановлювати на літаки кулемети. Восени того ж року у Німеччині було побудовано одномісний винищувач-моноплан «Fokker» з двигуном потужністю 80 к.с. та спеціальним синхронізуючим пристроєм, який дозволяв вести вогонь крізь гвинт. У відповідь союзники створили Nieuport – одномісний винищувач-біплан із синхронізованим кулеметом Льюїса. У ході війни прогрес винищувальної авіації був дуже помітним. Потужність їхніх двигунів у 1918 р. становила вже 220–300 к.с., швидкість сягала 190–220 км/год, вони могли підніматися на висоту близько 7 тис. метрів.

Поряд з винищувальною авіацією швидкого розвитку набула й бомбардувальна. Великий внесок у її створення зробив колишній студент КПІ Ігор Сікорський. Він розпочав свої дослідження ще у студентські роки з проблем несучого гвинта, які продовжив згодом у США. Але напередодні Першої

світової війни Сікорський зосередився на проблемі створення багатомоторних літаків. 5-тонний «Ілья Муромец», над яким працював очолюваний ним авіаційний відділ заводу «Руссо-Балт» у Санкт-Петербурзі, був першим важким бомбардувальником в історії світової авіації. Поряд з Сікорським працювали конструктори К. Ергант, М. Клімієєв, В. Панасюк, князь О. Кудашев, Г. Адлер та ін. Літаки перших серій А та Б споряджались чотирма 140-сильними двигунами «Argus» німецького виробництва. 16–17 червня 1914 р. другий літак серії Б, пілотований Сікорським, здійснив переліт з Петербурга до Києва з однією посадкою за що й отримав назву «Киевский». Для озброєння бомбардувальників були створені 80-, 240- та 410-кілограмові фугасні бомби та встановлювалося до 8 кулеметів у залежності від модифікації.

Союзники пішли аналогічним шляхом у розвитку бомбардувальної авіації – почали створювати багатомоторні літаки спеціальної конструкції. Так, у Франції був прийнятий на озброєння двомоторний Farman F-50 з двигунами потужністю 440 к.с. та швидкістю 146 км/год. Всього ж за роки війни було побудовано у всіх країнах близько 200 тис. бойових літаків.

На 1914 р. у Німеччині було підготовлено кілька ескадрилей жорстких (системи Цепеліна й Шотте-Ланца) та м'яких (системи Парсеваля) дирижаблів. Німецьке командування ретельно приховувало технологію виготовлення дюралюмінію – основного матеріалу, з якого були зроблені каркаси жорстких дирижаблів. Під час війни Німеччина використала у бойових діях 123 дирижаблі. Об'єм найбільших з них становив 68,5 тис. м³.

Під час Першої світової війни з'явилися танки – броньовані, озброєні гарматами і кулеметами бойові машини. У Великій Британії в 1914 р. ідея «сухопутного крейсера» зустріла підтримку Першого лорда Адміралтейства Вінстона Черчилля. За його поданням міністерство виділило 70 тис. ф.ст. на виготовлення 18 дослідних зразків, проекти яких були створені полковником Ернестом Суінтоном та незалежно від нього інженерами Вільямом Тріттоном та Волтером Вілсоном. З метою збереження таємниці було прийнято кодову назву «tank» (англ. «цистерна»). Це ввело німецьку розвідку в оману.

15 вересня 1916 р. союзне командування вперше застосувало 32 танки у битві на р. Соммі у Франції. Попри те, що безпосередньо у бою взяли участь лише 18 машин, а інші вийшли з ладу з технічних причин, військовим спеціалістам вже було цілком зрозуміло, що танки відтепер домінуватимуть на полі бою. Битва біля м. Камбре 20 листопада 1917 р. показала, на що здатні броньовані машини. Союзники кинули в атаку 378 танків, які прорвали укріплені позиції німецької армії й просунулись у глибину оборони на 8 км. Було захоплено 8 тис. полонених і понад 100 гармат.

Британський важкий танк Mark1 важив близько 30 т і мав швидкість 5 км/год. Наступні модифікації (особливо М-5), а також MkA «Whipper» мали потужні двигуни, міцну броню, а покращена ходова частина з гусеницями навколо всього корпусу дозволяла прокладати шлях піхоті через дротяні загороджі та знищувати польові укріплення. У Франції пішли шляхом створення легких 7-тонних танків безпосередньої підтримки піхоти Renault FT-17 зі швидкістю 8 км/год і середніх (вагою понад 10 т) Saint Chamond, Schneider CA1. Декілька десятків німецьких А-7-V, що з'явилися під кінець війни, хоча й мали надійні двигуни, але були недостатньо броньовані та озброєні й не могли суттєво вплинути на перебіг подій на Західному фронті.

Під час війни армії всіх воюючих країн використовували броньовані автомобілі (броньовики), створені як на базі серійних автомобілів, так і спеціально сконструйовані. Крім того, автомобілі почали застосовувати як засіб швидкого перевезення військ на поле бою (паризькі таксі у битві на р. Марні 6–9 вересня 1914 р.).

Підготовка до світової війни країнами-учасницями військових блоків справила великий вплив на розвиток військових флотів. Успіхи металургійної та металообробної промисловості, поява у 1892 р. броневих плит, легованих нікелем, освоєння у 1894 р. способу виготовлення цементованої односторонньо загартованої броні з хромонікелемолібденової сталі, потужних парових турбін дали можливість створити якісно нові типи кораблів – лінкори (головні у серії Dreadnought, Велика Британія; «Севастополь», Росія); лінійні крейсери (Invincible, Велика Британія); ескадрені міноносці («Новік», Росія; «Z», Німеччина). Крейсери, дещо поступаючись лінкорам у потужності озброєння, значно переважали їх у швидкості (понад 32 вузли). Есмінці типу «Новик» досягали швидкості понад 37 вузлів (понад 66 км/год.) і були озброєні 533-мм торпедними апаратами і чотирма 100-мм універсальними гарматами

Особливе місце серед технічних засобів військово-морського флоту займали підводні човни. До початку XX ст. їх будівництво знаходилося в експериментальній стадії й лише після російсько-японської війни вони почали надходити на озброєння флотів Німеччини, Англії, Італії, Росії, Австро-Угорщини та США. Так, якщо на початок війни Німеччина мала на озброєнні 30 підводних човнів, то до листопада 1918 р. побудувала ще 300. Вони потопили 5408 суден союзників і нейтральних країн загальним тоннажем 19,4 млн т. У відповідь країни Антанти створили протичовнові бомби, сітки, міни загородження, артилерійські снаряди. Після капітуляції Німеччина передала союзникам 138 човнів, які у неї ще залишалися. Під час Першої світової

війни підводні човни виявили себе могутнім засобом боротьби на морських комунікаціях (73 % загального потопленого тоннажу). Загалом, склад військових флотів воюючих країн нараховував усі класи сучасних бойових кораблів, включаючи й авіаносці, які з'явилися наприкінці війни.

Під час бойових операцій виявилася одна конструкційна вада як військових так і транспортних кораблів: клепані корпуси. Швидкість руху під час бою, використання різноманітного озброєння та спорядження – все це вимагало технологічних змін у кораблебудуванні – переходу до електрозварювання. Проблему успішно почали вирішувати вже після закінчення війни у 1920 р.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Технології металургійного виробництва початку ХХ ст.
2. Початок створення й використання штучних матеріалів.
3. Академік О. Крилов та його внесок у розвиток кораблебудування.
4. Розвиток авіації у перші десятиліття ХХ ст.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 266-290.
2. Історія науки і техніки: навч.посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 139-153.
3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 58-62.

Додаткова література

1. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь, 2018. – С. 181-192.
2. Історія інженерної діяльності: навч. посіб. / С.В. Подлєсний та ін. – Краматорськ, 2004. – С. 71-84.
3. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 53-59.

Тема 7. СВІТОВА НАУКА І ТЕХНІКА У 1920-1940-х рр.

План семінарського заняття

1. Розвиток електроенергетики, металургії, хімічної промисловості та гірничої справи у 20-40-х рр. ХХ ст.
2. Машинобудування у міжвоєнний період та у роки Другої світової війни.
3. Створення реактивної авіації та ракетної техніки.
4. Електроніка – крок у майбутнє. Початок атомної ери.

1. Розвиток електроенергетики, металургії, хімічної промисловості та гірничої справи у 20-40-х рр. ХХ ст.

Одним з головних напрямків розвитку електроенергетики у першій половині ХХ ст. було підвищення економічності теплових електростанцій, чому сприяло їх районування, тобто відбувалася централізація виробництва електроенергії для потреб промислових районів. Перехід від конденсаційних електростанцій до теплоелектроцентралей (ТЕЦ) поряд із процесом підвищення початкових параметрів пари, сприяв підвищенню економічності всієї паротурбінної установки. ТЕЦ виробляє разом з електроенергією тепло для виробничих і комунально-побутових потреб за рахунок того, що воно, відпрацювавши у турбіні, використовується згодом в опалювальних системах будинків чи технологічних процесах на виробництві.

Ще однією особливістю розвитку електроенергетики того періоду було підвищення значення гідроелектростанцій, які були більш економічними. Собівартість електроенергії, виробленої на них, у 4 рази нижча, ніж на теплових. З 1927 до 1932 рр. у м. Запоріжжя (Україна) тривало будівництво першої черги найбільшої на той час у Європі гідроелектростанції – ДніпроГЕСу. Її потужність становила 650 МВт. 1936 р. у США в Чорному каньйоні р. Колорадо на межі штатів Невада та Арізона було побудовано найбільшу гідротехнічну й енергетичну споруду Америки – греблю Гувера. З метою затвердіння й охолодження бетону, з якого побудована гребля, що має розміри: висота 221,4 м, ширина – 200 м, довжина – 379,2 м, було застосовано низку оригінальних технічних рішень. Так, охолодження бетону здійснювалося за допомогою труб дюймового діаметру по яких прокачувалася вода. Якби цього не було зроблено, то затвердіння такої маси бетону в умовах пустелі тривало б до 40-х рр. ХХІ ст.

З 1920-х рр. відбувається створення ліній розподільчих мереж районних станцій. Так, вже 1927 р. їх загальна протяжність у США становила близько

80 тис. км. Зміни в електроенергетиці вплинули на розвиток виробництва електроапаратури. Були створені численні апарати різних систем (реле, вимикачі, запобіжники, конденсатори).

У 40-х рр. XX ст. використання заліза та його сплавів становило близько 93 % загальних витрат усіх застосовуваних матеріалів. Важливе значення набуло виробництво багатьох марок високоякісної сталі, які мали не тільки високі механічні, але й спеціальні фізичні властивості. У сталь починають додавати легуючі елементи: марганець, вольфрам, нікель, молібден, ванадій, кобальт, титан. Особливого значення набули електротехнічні кремнієві сталі, які почали використовувати для виробництва генераторів і трансформаторів. Для отримання жаростійких сплавів, здатних витримувати температуру до 1200 °С, а також нержавіючої сталі почали додавати хром.

Використання кисневого дуття, котре вперше застосували у Бельгії на заводі в Угре-Мари ще напередодні Першої світової війни, коли в домну додавали 23 % кисню, започаткувало у металургії нову епоху: об'єднання її з хімічною промисловістю та промисловістю будівельних матеріалів. Гази та шлаки, які утворюються під час металургійного виробництва, є сировиною для виробництва цементу, синтезу аміаку, штучного рідкого пального тощо.

У першій половині XX ст. зростає виробництво рідких металів: германію, цирконію, ніобію, танталу. Збільшується випуск металів високої чистоти для забезпечення розвитку електроніки і радіотехніки. У кольоровій металургії налагоджується виробництво алюмінію та магнію, а згодом і титану, що було викликано розвитком авіаційної промисловості. Крім того, починаючи з 1920-х рр. алюмінієві сплави починають використовуватися в автомобілебудуванні, суднобудуванні, на залізничному транспорті і в електротехніці.

У металознавстві почалося застосування рентгенівських променів для дослідження атомно-кристалічної будови металів і сплавів. Було доведено, що властивості металів залежать від будови кристалічної решітки, тобто від чітко визначеного порядку, в якому розташовуються атоми твердого тіла. Починаючи з 1921 р., шведські вчені Арне Вестгрен та В. Фрагмен вивчали атомно-кристалічну будову різних сортів заліза. Їхні роботи започаткували розвиток рентгеноструктурного аналізу. Внаслідок цих досліджень була вивчена не лише атомна структура більшості металів та сплавів, але й визначені зміни атомної будови кристалічної решітки під час загартовування та пластичної деформації, а також сформульовані нові положення, що суттєво змінили уявлення про природу сплавів.

Розвиток авіації та автомобілебудування призвів до зростання попиту на продукцію хімічної промисловості (пальне, мастила, нові матеріали). На заводах німецького концерну IG «Farbenindustrie» було налагоджено виробництво синтетичного бензину. Для Німеччини це було вкрай важливо, оскільки власної нафти практично не було, а імпортована задовольняла лише мінімум потреб. Крім того, за кілька місяців до нападу на Польщу в Німеччині розпочалося виробництво синтетичного каучуку.

Розвиток хімічних технологій дозволив практично використати природні полімерні матеріали, у тому числі й налагодити виробництво штучних волокон на основі целюлози (нітроцелюлоза, віскоза, ацетилцелюлоза). Значний інтерес з'явився до пластмас, штучної гуми, синтетичного каучуку. Великі зрушення сталися й у галузі виробництва синтетичних фарбників і фармацевтичних препаратів.

Особливість гірничої справи у першій половині XX ст. полягала у тому, що швидкими темпами зростала електрифікація та механізація шахт, здійснювався перехід до використання відкритих робіт, відбувалося впровадження нових методів розробки родовищ. На розвиток вугільної, нафтової та газової промисловості помітний вплив мали зміни світового паливно-енергетичного балансу. Так, якщо у 1900 р. питома вага кам'яного вугілля в енергетичному балансі становила 90 %, бурого вугілля – 4 % і нафти – 3,5 %, то у 1932 р. частка вугілля скоротилася до 76 %, а нафти і природного газу зросла до 22 %. Видобуток нафти у 1938–1950 рр. в світі зріс у два рази.

Підвищення попиту на нафту призвело до принципових змін у геофізичних методах пошуку корисних копалин. Так, у магнітометрії починається застосовування магнітної зйомки з літака. Вона полягала у вимірюванні кількості вертикальної складової земного магнітного поля за допомогою аеромагнітометра. Використовується також гравометрична розвідка, яка застосовується під час пошуку нафтових родовищ для знаходження розташування покладів солі, що їх супроводжують.

У геофізичних роботах впроваджується сейсмографія, що використовує метод відбитих хвиль. За допомогою вибуху на поверхні викликають коливання, що поширюються гірськими породами, які мають різні характеристики пружності. Відбиті сейсмічні хвилі повертаються на поверхню й реєструються сейсмографами. Зокрема, роботи з використанням сейсмометрії у 1926 р. проводилися у Криворізькому залізрудному басейні в Україні.

У нафтовій промисловості поширилось розвідувальне буріння. 1922 р. радянський учений Матвій Капелюшников створив забійний двигун – турбобур.

Принцип його роботи полягав у перетворенні гідравлічної енергії води, яка нагнічувалась до свердловини, у механічну енергію валу турбобура. Турбіна (двигун) розташовується безпосередньо у забої свердловини, завдяки чому не потрібно витрачати потужності на обертання колони бурильних труб. 1938 р. було розроблено електробур (інженери Олександров і Островський), а наступного року було створено багатоступеневий турбобур (Шумілов, Іоаннесян, Тагієв, Гусман). Крім того, інтенсифікація використання нафтових родовищ відбувалася за допомогою хімічної (кислотної) обробки свердловин. Під землю закачується соляна кислота, що зменшує спротив просуванню нафти. Такий метод почав використовуватися з початку 1920-х рр. 1946 р. він був удосконалений: у забій свердловини почали подавати кислоту нагріту до 80-100 °С. Метод торпедування полягав у тому, що в забій свердловини закладалися вибухівка. Після того, як її підривали, у породі утворювалися тріщини, якими нафта з пласта підіймалася вгору.

За першу половину XX ст. значення природного газу у світовому паливному балансі зросло з 1 % до 11 %. Для вирішення проблеми зберігання його великих об'ємів у місцях споживання почали використовувати природні печери або старі гірничі виробітки. Газ закачували туди під тиском у 70 атм. і він витісняв ґрунтові води. У Франції у такий спосіб було збудовано сховище на 290 млн³ газу.

Внаслідок зменшення питомої ваги вугілля в паливному балансі будівництво шахт у європейських країнах і США у післявоєнний період було незначним. До 1945 р. для їхнього будівництва застосовувалася лише одна технологічна схема – послідовна: ствол шахти проходили ділянками 20-30 м і встановлювали тимчасові кріплення. Потім роботи з поглиблення припинялися й на дільниці споруджували постійне кріплення.

Початок механізації видобутку вугілля, як і більшості інших корисних копалин, значно запізнився у порівнянні з обробною промисловістю до Першої світової війни механізація підземних робіт набула поширення лише в США. В інших країнах вона почалася у міжвоєнний період під впливом конкуренції на паливному ринку.

1932 р. колектив інженерів на чолі з Олексієм Бахмутським, втіливши низку оригінальних конструкторських рішень, створив вугільний комбайн «Донбас» для видобутку вугілля з похилих пластів потужністю понад 0,8 м. Вже після війни були створені комбайни для пластів потужністю 0,46-0,8 м., а також 0,5-1 м. Крім того, постійно вдосконалювався процес транспортування вугілля з лави: були створені скребкові конвеєри різних типів для його виве-

ження похилими виробітками. Основним видом транспорту на горизонтальних виробітках у шахтах залишався електропотяг. Для відведення води з шахт почали використовувати одноступеневі, а після війни – багатоступеневі насоси, які замінили парові.

Для подальшого розвитку гірничої справи велике значення мало збільшення обсягу відкритих робіт. У вугільній промисловості, наприклад, у такий спосіб видобуток зріс за період з 1919 до 1950 р. – з 6 % до 25 % (у Китаї, Польщі, США, Великій Британії, Болгарії, Франції).

2. Машинобудування у міжвоєнний період та у роки Другої світової війни

У першій половині XX ст. розвиток машинобудування призвів до використання нових технологічних процесів і обладнання. Велике значення почала відігравати електроніка, без якої була неможлива автоматизація галузі, що дозволило перейти до спеціалізованого виробництва типової стандартної продукції.

Однією з особливостей машинобудування була організація виробництва, в якому виготовлення й збирання виробів здійснювалося на поточних лініях, які становили сукупність робочих місць і робочих машин, розташованих за технологічним процесом. Розвиток конвеєрного виробництва був пов'язаний з технічним вдосконаленням парку верстатів. У великосерійному виробництві значного поширення набули токарні напівавтомати. У таких верстатах неавтоматизованими залишалися лише його запуск, операції встановлення й закріплення заготовок та зняття виробу. Так, у 1930-х рр. напівавтомати використовувалися у військовій промисловості Німеччини.

Агрегатні верстати отримали особливе значення у зв'язку з появою й розвитком автоматичних верстатних ліній. Вперше така лінія була застосована англійською компанією Morris Motors у 1924 р. для механічної обробки блоків циліндрів двигунів та інших великих деталей. Вона виконувала 53 операції й обробляла 15 блоків за годину, а обслуговував її лише 21 оператор.

У розвитку технологій машинобудування значного поширення набуло ливарне виробництво, де виявилися дві тенденції. По-перше, з метою підвищення рівня механізації та автоматизації виробництва у цехах почали встановлювати формувальні машини, вибивні прилади, конвеєри та ін. По-друге, значного поширення набули методи досягнення точності відливок. З цією метою використовувалося відцентрове ливарне виробництво, а також застосовувався високий тиск у технологічному процесі.

Виробництво авіаційних і танкових двигунів, потужність яких перевищувала 1000 к.с., висунуло нові вимоги до застосування ливарних технологій. Це призвело до використання методу рафінування й дегазації розплаву (хлорування), продування азотом, заморожування, підвищення щільності ливарних деталей. Одночасно були застосовані й нові сплави, в яких кремній був основним легуючим компонентом. Впровадження методу кристалізації під тиском розв'язало проблему подолання пористості у великих відливках.

Важливим досягненням у галузі металообробки був розвиток електрозварювальних технологій. Вони поширилися у суднобудуванні, авіабудуванні, на залізничному транспорті. 1930 р. в Україні з ініціативи професора Євгена Патона було створено Науково-дослідний інститут електрозварювання Академії наук. В інституті були розроблені методи автоматичного одно- і багатодугового зварювання, засоби підвищення міцності швів. У роки війни Є. Патон керував роботами зі створення технологій зварювання спеціальних сталей. За його участі були запроваджені перші поточні лінії у зварювальному виробництві. Їх застосування значно збільшило виробництво танків та самохідних гармат, що дало можливість випередити Німеччину та її союзників. У повоєнний час за його проектом було побудовано суцільнозварний міст через р. Дніпро у Києві.

Розвиток автомобільної техніки у міжвоєнний період відбувався у двох напрямках: з одного боку, через підвищення ступеня стискання робочої суміші перед її запалюванням конструктори досягали збільшення потужності двигуна; з другого, відбувалося вдосконалення конструкції самих автомобілів. Так, у 1930-х рр. концерни Ford (США), Daimler-Benz (Німеччина), FIAT (Італія) почали встановлювати на своїх автомобілях 6- та 8-циліндрові двигуни потужністю понад 200 к.с.

У виробництві й використанні тракторів промислового і сільськогосподарського призначення новий етап розпочався 1937 р., коли був створений гідравлічний підйомник, що започаткувало масове використання навісних пристроїв.

У період між світовими війнами танк пройшов складний шлях розвитку й у роки Другої світової війни став важливим елементом військової техніки. Були створені танки, у яких значно зросла надійність роботи агрегатів і механізмів у порівнянні з бойовими машинами часів Першої світової війни. З'явилися спеціальні конструкції дизельних і карбюраторних двигунів, які відповідали особливостям їхнього застосування. В арміях багатьох країн були створені моторизовані та бронетанкові війська.

Під час війни основними типами бойових машин стали середні й важкі однобаштові танки. Крім того, використовувалися саперні, радіотехнічні, вогнеметні танки, самохідні артилерійські установки (САУ) великих калібрів, а також бронетранспортери різних типів і призначення.

У роки війни якість танкової броні покращувалася значно швидше, ніж за два попередні десятиріччя. Якщо на 1939 р. вона в середньому становила 15–40 мм, то під час війни застосовувалася броня 100 мм і більше: на німецькому важкому танку Т-VI «Тигр» (Pzkw VI Ausf E «Tiger I») фірми Henschel конструкції Ервіна Адера випуску 1942 р. та самохідній протитанковій гарматі «Elefant» («Фердинанд») Фердинанда Порше, радянських ІС-2 конструкції Жозефа Котіна та Т-34 Михайла Кошкіна та Олександра Морозова сконструйованого у КБ-24 Танкового відділу Харківського паровозобудівного заводу (Завод № 183). Головною особливістю «тридцятьчетвірки» було те, що танк мав великі резерви вдосконалення конструкції. Корпус зварювався з катаних плит гомогенної сталі марки МЗ-2 товщиною до 45 мм під раціональними кутами (до 60°), що забезпечувало значний відсоток рикошету бронебійних снарядів. 12-циліндровий 4-тактний дизельний двигун В-2-34 мав потужність 500 к.с. при 1800 об/хв і забезпечував майже 27-тонній машині максимальну швидкість 54 км/год. Т-34 був озброєний 76,2-мм гарматою Ф-34 і двома кулеметами ДТ (калібр 7,62-мм). Після Курської битви танк модернізували: він отримав нову башту з гарматою С-53 калібру 85 мм, товщина лобової броні була доведена до 90 мм. На базі Т-34 випускалися самохідні гармати різного калібру, серед яких була й САУ-100.

На час закінчення війни вага танків становила 30-60 тонн. На озброєнні у них було 2-3 кулемети різних калібрів і гармата 75-120 мм. Якщо до війни танки мали переважно двигуни авіаційного і автомобільного типу, то у 1943-1945 рр. застосовували дизельні й карбюраторні спеціальної конструкції. Їхня потужність досягала 15-20 к.с./т.

У 1920–1940-х рр. авіація розвивалася прискореними темпами. Зростали швидкість, висота і дальність польоту. Ці якості забезпечувалися надійністю двигунів, інших конструкційних елементів та обладнання. Відбувся перехід від біпланів до монопланів, що дало змогу застосувати низько розташоване крило великого поперечного розрізу і конструкцію прибирання шасі у повітрі. Це підвищило швидкість літаків на 20 % без збільшення потужності двигуна. Під час створення монопланів починають застосовувати легкі міцні алюмінієві сплави. Перший літак з металу було створено ще 1915 р. в Німеччині конструктором Хуго Юнкерсом.

Але найбільших змін аеродинамічних характеристик зазнав головний елемент літака – крило. Основні вимоги до його профілю – це малий спротив, велика підймальна сила при заданій швидкості, міцність. За 20 років профіль крила кардинально змінився: від нижньої ввігнутої площини до випуклої. Деяке зменшення внаслідок цього підймальної сили повністю компенсувалося за рахунок застосування особливих передкрилків на передній частині крила і закрилків різної форми – на задній. Такі закрилки давали можливість будувати літаки з великим навантаженням на квадратний метр площі крила. Це дозволяло встановлювати двигуни великої потужності й обладнання без збільшення геометричних розмірів літака. Так, якщо навантаження на 1 м² біплана 1920-х рр. становило 15-30 кг, то у американського бомбардувальника В-29 випуску 1944 р. – 380 кг.

Збільшення швидкості літаків відбувалося в основному за рахунок підвищення потужності двигунів як повітряного, так і водяного охолодження. З початку 1920-х рр. у конструкцію авіадвигунів постійно вносилися вдосконалення: почали застосовувати редуктори для зміни кількості обертів гвинтомоторної групи, використовувати спеціальні сталі й алюмінієві сплави, здійснювати форсування шляхом наддуву.

У 1920-х рр. продовжився процес вдосконалення рушія – гвинта. Лопаті, нерухомо закріплені у втулці почали виготовляти не з дерева, а з металу. Їхня кількість зросла до трьох. Згодом їх почали закріплювати рухомо відносно осі. Так з'явився гвинт змінного кроку, що дало змогу повністю використовувати потужність двигуна. Такі гвинти почали споряджатися відцентровими редукторами, що дало змогу пілоту контролювати кількість обертів і автоматично підтримувати їх під час зміни швидкості літака.

У міжвоєнний період були створені науково-дослідні установи, які успішно розв'язували принципові проблеми авіації, зокрема штопора і флатера. Штопор – це вертикальне падіння літака при одночасному обертанні навколо своєї осі. Завдання науки полягало у тому, щоб зробити штопор керованим – надати пілоту можливість вивести літак у горизонтальний політ. Було зроблено детальний аналіз умов, які викликають перехід літака у штопор і виявлені раціональні методи виведення його з падіння. Засновником теорії флатера (некерованих коливань крила і стабілізатора зі швидко зростаючою амплітудою й подальшим руйнуванням всієї конструкції літака) був радянський учений Мстислав Келдиш. На підставі наукових досліджень і експериментів під його керівництвом були розроблені тимчасові норми міцності літаків. У подальшому вони систематично поновлювалися. У нормах знайшли відбиток

такі явища, як політ у неспокійній атмосфері, флатер, стискання повітря на великих швидкостях тощо.

Під час війни швидкість американського винищувача Р-51 В Mustang, радянських Ла-7 конструкції Семена Лавочкіна та Як-3 Олександра Яковлєва, британського Spitfire Mk.XIV, німецького «Messerschmitt» Bf-109К перевищила 700 км/год. Для досягнення більших швидкостей потрібно було значно підвищувати потужність двигуна, а це призводило до зростання його розмірів і ваги, що, у свою чергу, знижувало потужність гвинтомоторної групи. Можливості поршневих двигунів були вичерпані. Їм на зміну прийшли реактивні, які, за однакових розмірів і ваги, мали набагато більшу потужність.

Розвиток цивільної авіації у міжвоєнний період мав на меті передусім підвищення надійності і комфортабельності авіап перевезень. У Європі, Північній Америці та Японії з'явилися зручні для пасажирів аеровокзали, бетонізовані злітно-посадкові смуги і літаки, які обслуговували регулярні авіалінії. Так, у 1930-ті рр. у США компанія Douglas створила пасажирський двомоторний літак DC-3. Він мав швидкість 346 км/год, дальність – 2400 км і брав на борт 25 пасажирів. Це був надійний і досить поширений літак свого часу. Його військово-транспортний варіант Douglas C-47 випускався великими партіями й постачався у роки війни всім союзникам США.

В Україні під керівництвом конструктора Костянтина Калініна у 1930-х рр. випускався пасажирський літак К-5. У 1944 р. інженер одного з військових авіазаводів Олег Антонов створив перший ескізний малюнок літака багатоцільового призначення для цивільної авіації, що згодом отримав назву Ан-2. З 1949 р. на Київському авіазаводі розпочався його серійний випуск. На літаку встановили двигун АШ-62ИР конструкції А.Швецова, яким у довоєнні роки споряджалися винищувачі И-16 та И-153 «Чайка». Ця модель знаходилася у виробництві багато десятиліть, а в експлуатується ще й сьогодні.

У 1930–1940-х рр. у Сполучених Штатах над створенням гвинтокрилів працювали конструктори Ігор Сікорський та Франк Пясецький, а у Великій Британії – фірма Bristol. Першим найбільших успіхів досягнув І. Сікорський, який створив декілька вертольотів з одним ротором. Деякі з них були прийняті на озброєння американської армії й взяли участь у війні.

У міжвоєнний період бурхливий розвиток авіації дещо змінив пріоритети у галузі військового суднобудування і висунув на перший план побудову авіаносців. Авіаносці – це військові кораблі, у яких верхня палуба має мінімум надбудов і є злітно-посадковою смугою для літаків. Винищувачі, легкі бомбардувальники, торпедоносці знаходилися на нижніх палубах і

ліфтами подавалися на верхню, з якої злітали та йшли на виконання бойових завдань. Під час посадки літака застосовувалися спеціальні амортизатори, які значно скорочували його пробіг. Американські «Ентерпрайз» та «Ченанго», британський «Індомітебл», японські «Хійо» та «Дзуньо» були типовими представниками цього класу кораблів.

3. Створення реактивної авіації та ракетної техніки

Ідея створення прямоточних реактивних двигунів не раз висувалася у різних країнах світу, але найбільш оригінальними були роботи французького вченого Рене Лорена. У Німеччині розробкою аналогічних двигунів займався Ейген Зенгер. Ці експерименти показали, що двигуни такого типу можливо ефективно використовувати лише за умов досягнення великих швидкостей, оскільки повітря у камеру згоряння потрапляє безпосередньо з атмосфери.

Під час Другої світової війни німецька армія застосовувала реактивні літаки-снаряди (крилаті ракети) Фау-1 (V-1, Fi-103). Проект крилатої ракети був розроблений конструкторами Робертом Луссером (фірма «Fieseler») і Фрітцем Госслау («Argus Motoren»). Обидві фірми запропонували спільно проект Fi-103 Технічному управлінню Міністерства авіації у липні 1941 р. Швидкість 656 км/год Фау-1 забезпечував пульсуючий (бензин А-80 подавався у камеру згоряння періодично) повітряно-реактивний двигун «Argus» As 014 конструкції Пауля Шмідта. Запуск Фау-1 здійснювався з допомогою катапульти Вальтера – сталеві конструкції завдовжки 49 м, розташовані під кутом 60° до лінії горизонту, або з переобладнаного під літак-носії бомбардувальника He-111S.

У 1930-ті рр. у багатьох країнах провадилися роботи зі створення турбо-реактивних двигунів (ТРД). Їх особливістю є те, що газова турбіна приводить у дію компресор, який нагнічує повітря у камеру згоряння. Гази, які в ній утворюються, використовуються для створення реактивної тяги.

1931 р. англійський конструктор Френк Уітл запатентував досить потужний, а головне – надійний ТРД. У травні 1941 р. піднявся в повітря літак фірми Gloster, на якому стояв цей двигун. У жовтні декілька британських спеціалістів переїхали до США для продовження роботи з ТРД у концерні General Electric. Восени 1942 р. здійснив перший політ реактивний американський літак Airacomet, споряджений двома двигунами Уітла. Фірма Gloster, використавши накопичений досвід, у березні 1943 р. створила двомоторний літак Gloster Meteor. Британці використовували його для боротьби з Фау-1.

З 1943 р. у Німеччині пішов у серію реактивний літак Me-262 A-1a конструкції Вільгельма Мессершмітта з двома ТРД Јумо-004В з тягою 1050 кг кожний. Моторесурс цього двигуна не перевищував 25 год. Швидкість літака становила 868 км/год. Me-262 застосовувалися для боротьби зі стратегічною авіацією союзників і нанесення ударів по наземним військам.

Напередодні й у роки війни проводились інтенсивні роботи з третім типом реактивних двигунів – рідинно-реактивним (РРД). Його особливістю є те, що він разом з паливом несе весь запас окислювача, а не забирає необхідне повітря з атмосфери. У США над створенням РРД працював професор Р. Годдард; у Німеччині – конструктори Вінклер і Рідель; у СРСР – В. Глушко і Ф. Цандер.

З 1942 р. В. Мессершмітт і Олександр Ліппіш розпочали роботи зі створення німецького винищувача з РРД – Me-163 «Komet». Було побудовано декілька десятків машин (9 підтверджених перемог над літаками союзників). Але надійністю й технічною досконалістю вони не відзначалися.

Після війни новим етапом у розвитку реактивної авіації було подолання звукового бар'єру. Під час наближення швидкості літака до швидкості звуку повітря перед ним настільки ущільнюється, що різко зростає його опір і одночасно падає підймальна сила крила. Для розв'язання цієї проблеми були використані теоретичні напрацювання в аеродинаміці великих швидкостей вченого Сергія Чаплигіна. Для подолання звукового бар'єру були застосовані тонкі, з гострим профілем стріловидні під кутом близько 60° крила. 1947 р. експериментальний американський літак Bell X-1 перевищив швидкість звуку в горизонтальному польоті.

Але найкращі свої якості РРД виявили під час запусків балістичних ракет. Так, вже у березні 1942 р. відбувся перший старт німецької ракети A-4 конструкції Вернера фон Брауна. До кінця літа 1944 р. проходило доведення цієї моделі на полігоні у Пенемюнде (на Балтиці). 18 вересня відбувся перший запуск на Лондон. Балістична ракета отримала назву V-2 (від «зброя помсти» – Фау-2), хоча технічна A-4 також залишилась. Двигун одноступеневої Фау-2 конструкції Вальтера Тіля працював на 75 % етиловому спирті (3 т) та зрідженому кисні (5,5 т), розвивав тягу 25,4 т (270 кН) і мав потужність 500 тис. к.с., що забезпечувало ракеті швидкість до 1700 м/с (6120 км/год), дальність у 320 км і висоту траєкторії до 90 км. Гіроскопічна система керування, обладнана програмним механізмом і приладами для вимірювання швидкості, а також двигун, паливні баки та ємності з окислювачем розташовувались у 14-метровому корпусі діаметром 1,65 м. Стартова маса ракети становила 12 900 кг.

Влітку 1945 р. почала здійснюватися американська ракетна програма. Одним з її технічних керівників став В. фон Браун, який переїхав до США. З 1946 р. на полігоні Уайт-Сендс (штат Нью-Мексико) почали провадитися запуски ракет типу А-4. На її основі була створена американська одноступенева ракета Viking.

У міжвоєнний період продовжувалися роботи над вдосконаленням ракетних систем на твердому паливі. У 1938–1941 рр. в СРСР у Реактивному науково-дослідному інституті (РНДІ) І. Гвай, В. Галковський, А. Павленко, А. Попов створили багатозарядну пускову установку, змонтовану на вантажному автомобілі ЗИС-6. У березні 1941 р. були проведені успішні полігонні випробування БМ-13 (бойова машина 132-мм снарядів). 21 червня, за кілька годин до нападу Німеччини на СРСР, було підписано урядову постанову про початок їх серійного виробництва.

Під час війни були створені різні варіанти реактивного снаряда і пускових установок: БМ-13-СН (зі спіральними направляючими, що значно збільшувало точність стрільби); БМ-8-48 (армійський варіант авіаційної РС); М-31 (калібр 310 мм).

Німецькі конструктори займалися розробкою реактивної артилерії на твердому паливі з початку 1930-х рр. З літа 1941 р. частини Вермахту, які діяли на Східному фронті, почали застосовувати 6-ствольний 150-мм реактивний міномет «Nebelwerfer» («Небесний дим»). Цей міномет мав конструкцію сотового типу. Блок з трубчатих направляючих з метою зменшення ваги всієї конструкції встановлювався на лафет протитанкової гармати Рак 35/36. Міномет вів вогонь 150-мм 39-кілограмовими фугасними мінами.

США та Велика Британія під час війни також створили реактивні системи залпового вогню. Американські інженери на башті танка М4 Sherman змонтували пакет з 60 трубчатих направляючих калібру 4,5 дюйма (114 мм). Вага залпу цієї системи становила 960 кг. На озброєнні британської армії з 1944 р. знаходилася 32-ствольна реактивна установка великої потужності Land Matress. Англійські конструктори з'єднали двигун від 3-дюймової зенітної ракети з бойовою частиною 5-дюймової морської, яка мала потужний фугасний заряд.

4. Електроніка – крок у майбутнє. Початок атомної ери

Розвиток радіотехніки у міжвоєнний період характеризувався переходом до коротких хвиль (10–80 м), а згодом і до метрових. Відбувалось вдосконалення радіоприймачів на основі нової схеми регенеративного прийому за

методом Едвіна Армстронга. Всі ці винаходи і вдосконалення призвели до створення регулярного радіомовлення (1920).

Важливою галуззю застосування радіо у 1930-ті рр. була радіолокація – визначення за допомогою радіохвиль місцезнаходження невидимої цілі. У 1934–1935 рр. британський дослідник іоносфери Роберт Уотсон-Уатт розпочав роботи з визначення рухомих цілей і відстані до них. Ці дослідження призвели до створення перших у Великій Британії зразків радіолокаційної апаратури.

З 1936 р. на східному узбережжі Англії розпочалося будівництво радіолокаційних станцій, які використовували хвилі довжиною 4 м. Вони засікали об'єкти на відстані до 75 миль, що допомагало королівським ВПС досить успішно вести боротьбу з німецькою авіацією та крилатими ракетами Фау-1 під час війни.

У 1920-х рр. проводяться роботи з передачі зображення без дротів і з'являється термін «телебачення». У наступному десятилітті електронно-променеві трубки повністю витіснили у телевізійних приймачах механічні системи. Розпочався період електронного телебачення. У 1929 р. американський винахідник Володимир Зворикін створив променеву трубку з електростатичним фокусуванням, яку він назвав кінескопом. Поворотним пунктом у розвитку цієї галузі було створення телевізійної трубки з накопиченням електричних зарядів – іконоскопу, який дав можливість отримати телевізійне зображення значної чіткості.

У 1930-х рр. наукова та інженерна думка наблизилася до винайдення електронних обчислювальних машин. У 1936 р. німецький інженер Конрад Цузе отримав два патенти на зберігання машинних команд у тому самому блоку пам'яті, де зберігалися й інші дані, випередивши появу ідеї, яка згодом отримала назву «архітектури фон Неймана». У 1941 р. він створив обчислювальну машину Z3, яка працювала досить надійно, оскільки використовувала двійкову систему, була побудована на телефонних реле, керувалася програмою, що зберігалася на перфорованій стрічці, мала арифметику з плаваючою комою, а умовні переходи були відсутні.

У роки Другої світової війни управління німецьким флотом і, зокрема, підводними човнами здійснювалося за допомогою кодувального приладу «Enigma». Для розшифрування закодованих радіограм потрібно було зробити велику кількість обчислень, проведених зразу ж після перехоплення. З цією метою уряд Великої Британії фінансував створення електронного лампового комп'ютера Colossus Mk I. Специфікацію для машини робила група фахівців

під керівництвом професора Макса Ньюмена. Практичне використання комп'ютера розпочалося з 1943 р. Але Colossus не став базою для подальшого розвитку комп'ютерної техніки, оскільки розпорядженням прем'єр-міністра В. Черчилля був засекречений на наступні 30 років.

1937 р. американський учений Клод Шеннон довів, що існує взаємна однозначна відповідність між концепціями булевої логіки і деякими електронними схемами, що отримали назву «логічних вентилів», які й сьогодні використовуються у цифрових комп'ютерах. Шеннон довів, що електронні зв'язки і перемикачі можуть бути аналогами виразів булевої алгебри. Через два роки Джон Атанасов і Кліффорд Беррі з Університету штату Айова розробили Atanasoff-Berry Computer (ABC) – електронний цифровий комп'ютер, конструкція якого нараховувала 300 електровакуумних ламп, а в якості пам'яті було використано спеціальний барабан. Наступного року співробітник Bell Labs Джордж Стібітс створив хоча й простішу, але надійнішу машину, яка знайшла практичне застосування.

1943 р. Джон Мочлі і його помічник Дж. Преспер Екерт за фінансової підтримки уряду розпочали конструювання для потреб американської армії комп'ютера ENIAC. Роботи над машиною тривали до закінчення війни. Вона важила 30 т, споживала 140 кВт електроенергії і складалася з 18000 електровакуумних ламп та 20 регістрів, кожний з яких міг вміщувати 10-ти розрядне десятичне число. Перевага ENIAC полягала у тому, що він був набагато швидший за будь-який комп'ютер свого часу.

Джон фон Нейман, проаналізувавши праці своїх попередників, створив проект комп'ютера EDVAC, в якому і програма, і дані зберігалися в єдиній універсальній пам'яті. Принципи побудови цієї машини отримали назву «архітектура фон Неймана». Вони склали основу для розробки гнучких універсальних комп'ютерів, першими з яких були створений у Манчестерському університеті 1948 р. Baby та EDSAC Моріса Уілкса з Кембриджського університету, що запрацював наступного року.

Якісні зміни у 1920–1940-х рр. відбулись у ядерній фізиці, що призвело до створення атомної галузі. Відносно закінчивши вивчення оболонки, увага вчених зосередилась на дослідженні ядра атома. 1932 р. англійський фізик Джеймс Чедвік відкрив, що при бомбардуванні берилію альфа-частинками з'являються нові елементарні частинки (нейтрони), які разом з протонами (ядрами атомів водню) складають атомне ядро (до цього передбачали, що атом складався лише з протонів та електронів). Цей процес був першим джерелом нейтронів, які у подальшому мали важливе значення для розвитку атомної техніки.

Того ж року англійські вчені Джон Кокрофт і Ернст Уолтон здійснили першу ядерну реакцію за допомогою штучно прискорених протонів. На початку 1934 р. подружжя Фредерік та Ірен Жоліо-Кюрі відкрили штучну радіоактивність під час бомбардування пластини алюмінію альфа-частинками. Атоми алюмінію при цьому перетворювались в атоми фосфору, але не звичайні, а радіоактивні, які, у свою чергу, перетворювались у стійкий ізотоп кремнію. Одночасно з подружжям Жоліо-Кюрі італійський учений Енріко Фермі спостерігав штучну радіоактивність, викликану бомбардуванням нейтронами деяких елементів. Після перших дослідів штучні радіоактивні ізотопи були відкриті у значної кількості хімічних елементів. У 1930-х рр. їх було відомо вже понад 200.

1939 р. німецькими ученими Отто Ганом і Фріцем Штрассманом було повідомлено про відкриття нового явища – поділу атомних ядер урану під дією повільних нейтронів. Невдовзі було встановлено, що це явище відбувається за законом ланцюгової реакції. Нейтрони, які потрапляють в ядра урану з атомною вагою 235, не тільки руйнують їх, але й за певних обставин викликають появу нових нейтронів, які, у свою чергу, руйнують наступні ядра урану, і таким чином забезпечують проведення ланцюгової реакції з виділенням енергії.

У 1940–1941 рр., з огляду на загрозу нападу Німеччини на Англію, британські вчені активно працювали над створенням атомної бомби. Внаслідок цілої низки експериментів вони розробили конкретні пропозиції з отримання урану-235 методом газової дифузії. Імперський комітет начальників штабів рекомендував уряду надати пріоритет саме атомному проекту. Але у той час британська економіка, використовуючи всі можливі матеріальні й людські ресурси, напружено працювала на зміцнення обороноздатності країни. Це спонукало уряд Великої Британії шукати тісної співпраці з США у створенні атомної зброї.

Для керівництва американською атомною програмою восени 1941 р. була створена Вища політична група. 6 грудня, за день до нападу японського флоту на Перл-Харбор, президент Ф. Рузвельт ухвалив рішення про прискорення робіт з атомної програми і створення атомної бомби раніше за інші країни. У 1942/43 фінансовому році уряд виділив 54 млн доларів на виробництво речовин, які розщеплюються, й затвердив проект будівництва дослідних промислових установок. 18 червня 1942 р. у складі інженерних військ армії США для координації зусиль з виробництва атомної зброї була створена організація «Манхеттенський проект», яку очолив бригадний генерал Леслі Гровс.

2 грудня 1942 р. у металургійній лабораторії Чикагського університету, яка була філією «Манхеттенського проекту», група вчених під керівництвом лауреата Нобелівської премії Енріко Фермі вперше здійснила контрольовану ланцюгову реакцію й довела можливість отримання плутонію в уранграфітових котлах. Після цього успіху «Манхеттенському проекту» були надані привілеї у питаннях постачання. Він отримав 1250 т уранової руди, яка ще 1940 р. була таємно вивезена з Конго до Нью-Йорку.

Вже з травня 1945 р. керівництво США здійснювало тиск на генерала Гровса та керівника Лос-Аламоської лабораторії, де виготовлялися атомні бомби, Роберта Оппенгеймера, з метою максимального прискорення завершальних робіт.

16 липня 1945 р. в пустельному районі штату Нью-Мексико, неподалік авіабази Аламогордо було здійснено перший експериментальний атомний вибух. Його сила була еквівалентна 15-20 тис. тон тринітротолуолу. Генерал Гровс виконав головне завдання президента на даному етапі: вибух було здійснено за день до початку конференції керівників держав Антигітлерівської коаліції у Потсдамі під Берліном. Президент США Г. Трумен 25 липня 1945 р. віддав наказ генералу Спаатсу, командуючому стратегічною авіацією США, про атомне бомбардування Японії.

У ніч на 6 серпня екіпаж переобладнаного бомбардувальника В-29 з 509 авіагрупи під командуванням полковника П. Тіббетса вилетів з бази на о. Тініан у Тихому океані на японське місто Хіросіму. О 8 год. 15 хв. за місцевим часом бомба «Малюк» була скинута на парашуті й через кілька хвилин над містом здійнявся атомний гриб. 9 серпня друга бомба – «Товстун», – еквівалентна 20 тис. тонн тринітротолуолу, була скинута на м. Нагасакі. Загальна кількість загиблих після двох атомних бомбувань становила понад 300 тис. осіб.

Загалом, у 1920–1940-ті рр. розвиток техніки відбувався на основі зростаючої ролі фізико-математичних і природознавчих наук, передусім математики. Водночас успіхи фізики визначалися розвитком техніки, а цей взаємозв'язок прискорював науково-технічний прогрес.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Вплив розвитку електроенергетики на виробництво електроапаратури.
2. Розвиток кольорової металургії у 1920-1940-х рр.
3. Створення ракет на твердому паливі.
4. Початок атомної ери.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 266-290, 294-333.
2. Історія науки і техніки: навч. посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 180-194, 198-221.
3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 60-72.
4. Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX-XX століть: навч. посіб. – Київ, 1998. – С. 120-127, 131-165, 204-211.

Додаткова література

1. Згуровский М.З. Киевские политехнические пионеры авиации, космонавтики, ракетотехники. – К., 2011.
2. Історія України: навч. посіб. / За ред. Б.П. Ковальського. – Ч. IV. – Київ, 2007. – С. 90-94.
3. Історія науки і техніки України / За ред. Дещинського Л.Є. – Львів, 2011. – С. 123-128, 144-147, 170-186.
4. Історія української культури: курс лекцій / Під заг. ред. С.О. Костилюк. – Київ, 2010. – С. 178-179, 196-199, 218-222.

Тема 8. РОЗВИТОК НАУКИ І ТЕХНІКИ У ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ – НА ПОЧАТКУ ХХІ ст.

План семінарського заняття

1. Електроенергетика і електричні системи.
2. Металургія, хімічні технології та машинобудування.
3. Розвиток транспорту. Авіація та космонавтика.
4. Електроніка, зв'язок та комп'ютерні системи.

1. Електроенергетика і електричні системи

У другій половині ХХ ст. значно зростають потужності теплових електростанцій (ТЕС). За рахунок підвищення тиску і температури пари, що надходила у турбіни, досягалися показники 0,5 млн кВт при одиничній потужності агрегатів 200 тис. кВт. Почали використовуватися теплові установки

з параметрами пари, що досягала 170 атм і температурою понад 530 °С. Це значно підвищило ККД паротурбінних генераторів, але при цьому виявилися деякі технічні труднощі. Зокрема, почала знижуватися ефективність роботи парогенераторних пристроїв котлів. З їхньою допомогою за звичайних умов ліквідовувалися відкладання солі на робочих органах турбіни. Цей недолік подолали шляхом застосування нових марок сталі.

На ТЕС почали застосовувати регенерування підігріву води парою, яка забиралася з допоміжних ступенів турбіни, що дозволяло значно скоротити витрати тепла на виробництво однієї кіловат-години. Температура води, яка надходить у конденсаційні турбіни великої потужності (100-150 тис. кВт) становить 150-225 °С, а в агрегатах з надвисоким тиском, почала перевищувати 300 °С. Велике значення у підвищенні ефективності ТЕС мав також розвиток паливно-котельної техніки: перехід до нових методів спалювання палива, використання потужних котлогенераторів, механізація процесів подавання палива, впровадження прямоточних парових котлів, спалювання подрібненого вугілля. Ці нововведення дали змогу застосувати під час будівництва електростанцій принцип блочності («котел-турбіна»).

Сучасні парові турбіни виробляють комбінованими активними багатоступеневими з частковою переробкою тепла у кожній ступені. Збільшення кількості ступенів турбіни призводить до зростання її економічності. Якщо число ступенів перевищує 25, то вона складається з 3 циліндрів. Розведений на 2 потоки випуск пари підвищує потужність турбіни. Крім того, застосовуються турбіни з високим початковим тиском пари і з високим протитиском, турбіни високого тиску з вторинним перегрівом пари, а також реактивні турбіни, паротурбінні установки із застосуванням ртутно-водяного бінарного циклу. Так, у 60-70-х рр. ХХ ст. в Україні на Харківському турбогенераторному заводі було налагоджено випуск турбін потужністю 2 млн кВт і більше.

На ТЕС основним елементом виробництва електроенергії є синхронні генератори трифазного змінного струму, безпосередньо з'єднані з валом турбіни. Одним з основних елементів експлуатації є охолодження його обмоток, для чого використовується водень. Так, американський концерн General Electric у пазах секції обмотки ротора застосовує порожнисті трубки прямокутного розрізу, для чого передбачений незалежний контур, а водень охолоджується відцентровим вентилятором.

У середині ХХ ст. зросло значення використання гідроелектростанцій (ГЕС), хоча капіталовкладення у їхнє спорудження значно більші, ніж у теплові (гідротехнічні, земляні та бетонні роботи). З метою економії коштів у

1950-х рр. починається будівництво суміщених ГЕС, у яких відсутні спеціальні машинні зали. Гідроагрегати встановлюються в самій греблі, а станція з'єднується з водозливними спорудами. Так, на Кременчуцькій ГЕС, яка почала працювати 1961 р. в Україні, відсутній машинний зал, а самі агрегати накриті спеціальними ковпаками.

Будівництво гідроелектростанцій дає змогу заощаджувати ресурси, зокрема, кам'яне вугілля, особливо тим країнам, у яких немає його великих покладів. Так, в Італії у 1960-х рр. питома вага ГЕС у електровиробництві перевищувала 81%. Виробництво електроенергії на гідроелектростанціях має велике значення для економіки Норвегії, Франції, Швеції, Швейцарії, Канади, Єгипту.

Хоча існує понад 300 типів гідротурбін, але всі вони поділяються на два основні класи: активні (найбільш поширений ковшовий тип) і реактивні (осьові). На одному валу з робочим колесом турбіни закріплюється ротор гідротурбінного генератора, котрий є синхронним генератором змінного струму. Винайдення й виробництво турбін з поворотними лопатями пов'язане з діяльністю професора вищої технічної школи в м. Брно Віктора Каплана. Такими турбінами, наприклад, була обладнана ГЕС Мак-Нері у США.

На межі XX–XXI ст. у світі зросло значення електроенергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну. У 2012 р. загальна потужність усіх вітряних генераторів становила 282,6 гігават. Останнім часом інтенсивно відбувається, також, і розвиток сонячної енергетики, основою якої є використання сонячного випромінювання.

У 1950-х рр. учені багатьох країн світу зайнялися розв'язанням проблеми використання атомної енергії у мирних цілях, перш за все для отримання дешевої електроенергії, що виробляється на атомних електростанціях (АЕС). Атомна техніка базується на використанні ланцюгової реакції поділу важких ядер урану повільними нейтронами. Керування ланцюговими реакціями здійснюється на ізотопах урану-235, який виділяють з природного урану, урану-233, плутонію-239 (отримують з урану-238), плутонію-241. Були розроблені технологічні процеси: дифузійний і електромагнітний – розділення близьких за своєю аомною вагою ізотопів. Найбільш ефективним виявився дифузійний метод.

Головним пристроєм в атомній техніці є реактор. Його використовують для отримання електроенергії, вторинного ядерного палива, радіоактивних ізотопів. Атомні реактори бувають двох типів: перші працюють на повільних, а другі – на швидких нейтронах. Реактори на повільних нейтронах також існують двох типів. Перші експериментальні – це фактично гетерогенний

котел, у якому атомне паливо у вигляді стрижнів урану, збагаченого ізотопом урану-235 або природного урану, розташовувалися в уповільнювачі (графіті або важкій воді), який уповільнював швидкі нейтрони до теплових – повільних. Такі реактори були дорогими у виробництві, громіздкими і складними в експлуатації. Більш високі експлуатаційні якості виявилися у водо-водяних реакторів, у яких уповільнювачем і відбивачем нейтронів, теплоносієм і захистом слугує звичайна вода. Другий тип повільного реактора – гомогенний, де паливо у вигляді порошку знаходиться у підвішеному стані у рідкому уповільнювачі (сіль урану у важкій воді).

У реакторах, які працюють на швидких нейтронах, теплоносієм є рідкий метал, а уповільнювач – відсутній. В атомних реакторах, які працюють на швидких нейтронах (реакторах-розмножувачах) процес відбувається з відновленням. Вони виробляють не лише електроенергію, але й ядерне паливо: неактивний ізотоп урану-238 перетворюється в ядерно-активний метал – плутоній-239, а торій-232 – в уран 233. Перший реактор для виробництва радіоактивних ізотопів було створено у Канаді 1945 р. У США реактор-розмножувач (або брідерний реактор) було побудовано 1951 р.

Активна зона реактора оточується речовиною, котра відбиває нейтрони. Для захисту людей від нейтронного і гамма-випромінення застосовуються бетон і свинець. Регулювання роботи реактора здійснюється стрижнями, які виготовляються з бору і гафнію або кадмію. В якості теплоносія, а також охолоджуючого середовища використовується вода, вуглекислий газ чи гелій, а також рідкі метали – калій, свинець, натрій.

Атомні електростанції мають одно-, дво- або триконтурні схеми, що залежать від системи теплопередачі. Первинний теплоносіє (рідкий метал) у теплообмінювачі віддає тепло другому теплоносіє (газ або вода), які використовуються у вигляді пари або газів у турбінах. Це приклад двоконтурної схеми, перевага якої полягає в тому, що біологічний захист необхідний лише для реактора і теплообмінника, а не для всього теплового обладнання. У 1954 р. почалося виробництво електроенергії на першій АЕС, побудованій у м. Обнінську.

У той же час провадилися роботи зі створення транспортних енергосилових установок. У січні 1955 р. на озброєння ВМФ США було прийнято підводний човен Nautilus водотоннажністю 3180 т, який мав швидкість руху 20 вузлів. У 1958 р. він дістався Північного полюсу. Невдовзі будівництво та експлуатація підводних та надводних (авіаносці, ракетні крейсери) атомоходів серед провідних морських держав світу набуло масового характеру.

1955 р. в СРСР було побудовано криголам, загальна потужність 3 атомних реакторів якого становила 44 тис. к.с. Влітку 1977 р. капітан Кучієв вивів новий атомний криголам «Арктика» до Північного полюсу, подолавши багаторічну пакову кригу.

Генератори, а також електричні лінії та підстанції становлять електричні системи. До них належать: конструкції розподільчих приладів, схеми електричних з'єднань, захист від перенапруги. Енергетичні системи є сукупністю електростанцій та електричних мереж. ГЕС використовуються для зняття «піків» добового графіка навантаження. Електростанції об'єднуються у районні електромережі, котрі входять до єдиної енергетичної системи.

В електроенергетиці важливе місце посідає процес автоматизації управління й контролю. В експлуатації енергетичних систем використовуються диспетчерські пункти, обладнані спеціальними засобами автоматизації та комп'ютеризації.

У повоєнний час значно зросло виробництво електрообладнання, що було пов'язано з введенням у дію потужних електростанцій та ліній електропередач. До апаратури високої напруги належать спеціальні вимикачі, трансформатори, запобіжники, розрядники тощо. Так, у США для захисту ліній електропередач від пошкоджень під час короткого замикання було створено електронний запобіжник, який спрацьовує за 0,016 с.

Введення в дію високовольтних ліній електропередач залежить від трансформаторів високої напруги. А їх створення – від спеціальних ізоляційних матеріалів і сортів сталі. Так, німецька фірма AEG сконструювала трансформатор напругою в 200 тис. кВ. Вага використаного у ньому спеціального масла становила 42 т (при загальній масі конструкції 271 т). У другій половині XX ст. отримали розповсюдження також трансформатори сухого типу, в яких у якості діелектрика використовується циркулююче повітря. Їхньою важливою перевагою є великий ступінь пожежної безпеки.

Важливе значення для створення електротехнічних приладів має ізоляція, для чого почали застосовувати кремнійорганічні сполуки, що дало змогу збільшити потужність електромашин і апаратів без зростання їхньої ваги. Заміна міді на алюміній під час виробництва електротехнічних приладів і обладнання призвела до використання плівки окису алюмінію товщиною в 0,0002 дюйма, що замінила звичайні ізолюючі матеріали.

На початку 1960-х рр. розпочалося застосування напівпровідників для виробництва безконтактних регуляторів. У них процеси замикання і розмикання струму відбуваються без механічного розриву чи з'єднання ланцюга. Функції

вимикача виконує магнітний підсилювач (напівпровідник). Такий регулятор повільно вмикає напругу й поступово доводить її до потрібного рівня.

2. Металургія, хімічні технології та машинобудування

У другій половині ХХ ст. виробництво чорних металів було переважаючим у металургійній галузі й значно випереджало випуск кольорових. Виробництво чавуну, різних сортів сталі й прокату є основою розвитку електроенергетики, машинобудування, транспорту, будівельної галузі. Зросло виробництво нових профілів прокату, доменних феросплавів.

Розвиток електрометалургії був пов'язаний з необхідністю випуску нових сортів сталі із заздалегідь завданими фізичними та хімічними властивостями. Важливого значення набули електротермічні металургійні процеси у виробництві феросплавів, найбільш поширеними серед яких є феросиліцій, феромарганець, ферохром, феровольфрам, ферованадій. Феросплави виробляють у відкритих дугових електричних печах. Виробництво електроферосплавів налагоджено у багатьох країнах, але найбільшим виробником у другій половині ХХ ст. була Норвегія.

Розвиток авіації та космонавтики пов'язаний з виробництвом легких металів – алюмінію, магнію і титану, а металургія легких металів – з розвитком електроенергетики. Адже для виробництва 1 т магнію необхідно 30 тис. кВт год. електроенергії. В алюмінієвій та магнієвій промисловості з'явилися технологічні процеси, пов'язані з електролізом розплавленого середовища, які здійснюються за температури, що перевищує 900 °С. Методи електролізу застосовуються також для отримання міді, нікелю, цинку, літію, берилію, танталу. Магній та алюміній застосовуються у виробництві тугоплавких і рідких металів та їхніх окислів. Сучасні технології дають можливість отримувати чисті метали з мінеральної сировини, де вони знаходяться в змішаному стані.

Зарахування до групи рідкісних металів не пов'язане з їх малим вмістом у земній корі. До рідкісних належать метали, які важко отримати в елементарному стані. Кількість цих металів досить значна. Так, титану, цезію, ніобію, гафнію у земній корі значно більше, ніж олова, ртуті та кадмію, але методи їхнього отримання дуже дорого коштують. Уся технологія отримання рідкісних металів поділена на дві стадії: отримання чистого хімічного з'єднання рідкісного металу і його отримання в елементарному стані.

Серед рідкісних металів у окрему групу виділяються тугоплавкі з температурою плавлення, що перевищує 1700 °С. Вольфрам, молібден, ванадій, титан, ніобій, тантал використовуються в основному для виробництва спеці-

альних сортів сталі в якості розкислювачів чи легуючих додавань. Карбіди металів відрізняються дуже високою твердістю. Так, з танталу, молібдену і ніобію виготовляють деталі комп'ютерів.

Сучасний рівень розвитку техніки потребує використання металів з високим рівнем чистоти. Застосування, наприклад, в радіoeлектроніці германію висуває такі вимоги: якщо на 10 млн атомів потрапляє 2 атоми домішок, то метал значно втрачає свої якості. У реактивній авіації, наприклад, неприпустимо попадання в матеріали високого рівня термостійкості навіть абсолютно малих частинок домішок свинцю або сірки.

Для отримання рідких металів важливе значення має застосування металотермії – методу відновлення металів та їх окислів іншими металами, здатними з'єднуватися з киснем за температури від 800 °С до 3000 °С.

Створення нових зразків атомної, електронної, авіаційної, космічної техніки було забезпечене як розвитком металургії, так і хімічних технологій. З різних галузей хімічної промисловості слід виділити виробництво синтетичних матеріалів і виробів з них. Крім того, відбувається застосування поширених елементів, які раніше використовувались у невеликій кількості, та перетворення їх в основу розвитку хімічної промисловості.

У хімічній промисловості почали застосовувати нові методи: високий тиск (понад 2000 атмосфер); глибокий вакуум (до тисячних частин атмосфери); високі температури (до декількох тисяч градусів); глибокий холод (температури, близькі до абсолютного нуля), використовується ультразвук, радіоактивне випромінювання. Однією з тенденцій сучасної хімічної науки є проектування молекулярної будови речовини у відповідності до визначених властивостей на основі вивчення законів утворення молекул.

Сучасна хімічна промисловість використовує автоматизацію та комп'ютеризацію виробництва, чому сприяє переважання в ній безперервних технологічних процесів. Під комп'ютерним контролем знаходяться перш за все процеси регулювання температури, тиску, складу, швидкості проведення реакцій.

У середині ХХ ст. у машинобудуванні спостерігався розвиток спеціалізованого виробництва, на якому випускалася, перш за все, стандартна продукція.

Особливість верстатобудування полягала у зростанні кількості типів верстатів: від таких, які створені для виготовлення дрібних деталей, що використовуються у різноманітних приладах, і до великих складних верстатів. Одним з імпульсів розвитку верстатобудування був розвиток великого енергетичного машинобудування. Так, в Україні на Краматорському заводі важкого верстатобудування було створено токарний верстат, здатний обробляти

деталі вагою до 170 т, завдовжки 30 м і висотою 3 м. Загальна потужність його електродвигунів становила 260 кВт.

У машинобудуванні провідних індустріальних країн світу у цей час відбувалася заміна металоріжучих верстатів, створених на засадах багатопозиційності та багатоінструментальності, призначених для виконання певних операцій, на агрегатні верстати, які були створені з набору збільшених нормалізованих вузлів-агрегатів. На одному такому верстаті можливий обробіток деталей одночасно кількома інструментами.

Одним з напрямів розвитку машинобудування було скорочення обсягів обробки виробів шляхом різання, оскільки багато металу у вигляді стружки йде у відходи. Їх скорочення досягається розвитком ковальсько-штампувального обладнання. У такому виробництві застосовується безконтактне нагрівання металу струмами високої частоти. Це призводить до зниження утворення окалини, зменшення допуску на механічний обробіток деталей, покращується якість поковок. Адже за допомогою таких методів можна отримати деталі, які майже не потребують додаткової обробки. Такі тенденції призвели до змін у технології всього машинобудування й розвитку, перш за все, пресового обладнання.

3. Розвиток транспорту. Авіація та космонавтика

Другу половину XX ст. неможливо уявити без автомобіля. У повоєнній Європі, що потерпала від значних економічних труднощів, налагоджується виробництво різними компаніями недорогих в експлуатації й обслуговуванні малолітражних автомобілів. Значним попитом користувався створений ще до війни «Volkswagen Beatl», а також французький Citroën 2CV, італійський FIAT-26, британський Mini. Помітний вплив на автомобілебудування перших повоєнних років мали аеродинамічні форми радянського ГАЗ М-20 «Победа».

У значній мірі на автомобільну промисловість впливав автоспорт. Великим попитом продовжували користуватися змагання серійних автівок, відомі ще з довоєнних часів, різні ралійні перегони. З 1950 р. стартує «Формула-1» – змагання самих потужних і швидкісних спеціально сконструйованих автомобілів. Саме з автоспорту у серійне виробництво прийшли використання турбіни у двигунах, електронне впорскування палива у циліндри, вакуумні гальма, гідропідсилювач керма, незалежна підвіска коліс та багато іншого.

З 1960-х рр. автомобільні вантажоперевезення починають становити значну конкуренцію залізничному транспорту. Провідні автомобільні кон-

церни світу почали постачати на ринок вантажівки з потужними, як правило, турбованими дизельними двигунами. Крім того, було налагоджено масове виробництво спеціалізованих причепів і напівпричепів: фургонів, цистерн, рефрижераторів, а також самоскидів вантажопідйомністю 40-60 т. Особливістю останніх є те, що дизельний двигун, як правило, працює на привід електродвигунів, а ті приводять у рух кожне колесо.

У залізничних вантажоперевезеннях зростала вага потягів за рахунок збільшення кількості вагонів, змінювалась їхня спеціалізація та якісні характеристики. А головне – електровози остаточно почали домінувати на всіх основних магістралях світу.

У пасажирських перевезеннях виділилися два напрями: збільшення комфорту та значне зростання швидкості руху потягів. В Америці, Східній Азії, Європі знаходяться в експлуатації потяги спеціальної конструкції. Так, у Франції використовуються потяги серії TGV. Вони складаються з двох локомотивів з двигунами нового покоління, та 8 вагонів, використовують колісні каретки, встановлені між вагонами, специфічну конструкцію коліс і гальм. На рейках виставлені спеціальні датчики, які передають зібрану інформацію на комп'ютер, який знаходиться у потягу і контролює роботу всієї системи. Використання сучасної техніки і нових технологій дало змогу досягти швидкості 574,8 км/год.

Наприкінці ХХ ст. була реалізована інженерна ідея, що потребувала свого втілення понад сто років – це побудова тунелю під Ла-Маншем. 12 лютого 1986 р. уряди Великої Британії та Франції у Кентенбері уклали угоду про реалізацію цього проекту.

У грудні 1987 р. розпочалося прокладання технічного тунелю. Більш потужні прохідницькі комбайни прокладали шлях через скелю, для того щоб провести два головних тунелі кожний діаметром 7,6 метра. У глибині тунелю практично без перерви працювали 11 щитів, якими були укомплектовані дві прохідницькі групи, що рухалися назустріч одна одній. Кожний щит під час роботи одночасно зміцнював стіну бетонними сегментами. На встановлення кожного витрачалось приблизно 50 хв. Для корекції прохідницьких робіт використовувалася лазерна система позиціонування. Завдяки їй обидві сторони зустрілися у визначеній точці 1 грудня 1990 р. на глибині 40 м від морського дна. Останні метри британські та французькі бурильники долали за допомогою кайл і лопат. Через кожні 375 метрів бригади прохідників прокладали переходи, щоб з'єднати головні тунелі зі службовими. В арці над службовими провели канали зниження тиску.

Будівництво було закінчено через сім років зусиллями 13 тис. робітників та інженерів. Залізничний двоколійний тунель, довжиною понад 51 км з яких 39 км проходять під протокою Ла-Манш, є третім за довжиною у світі після Сейкана і Готардського.

Всі ці технічні зміни поставили специфічні завдання перед будівництвом залізничної колії, а саме використання нових технологій в її будівництві. Так, у виробництві шпал почали застосовувати особливі сорти цементу й хімічні наповнювачі, що збільшують протидію механічному, термічному й атмосферному впливу. Аналогічні вимоги висуваються й до спеціальних сортів сталі, з яких виготовляють рейки.

Але найбільш помітний вплив наукові досягнення в різних галузях знань і технічні винаходи здійснили на розвиток авіації й створення космічної промисловості. У повоєнні роки під час конструювання літаків почали використовувати правило площин Ричарда Уіткомба. Дослідження цього американського ученого довели, що для зменшення опору конструкції під час надзвукових швидкостей фюзеляж літака у місці з'єднання з крилом повинен мати якомога меншу площу поперечного розрізу. Це приблизно на 60 % зменшує лобовий спротив. Ці розрахунки були підтверджені експериментальним шляхом.

Як довели дослідження та практика, надзвукові швидкості – це значне нагрівання зовнішніх поверхонь літака. З метою подолання цієї перешкоди конструктори пішли двома шляхами: максимальні швидкості вмикалися на висотах понад 10 000 м, де повітря значно розріджене, та почали застосовувати для виготовлення планера літака легкі сплави на основі титану, що мають властивість зберігати міцність за температури 600 °C і вище. Крім того, в останні десятиріччя почали застосовувати композитні матеріали. Саме цей шлях виявився найбільш перспективним.

50-60-ті рр. XX ст. у розвитку авіації виявилися визначальними, оскільки саме у цей час були створені надійні потужні реактивні двигуни, які випускалися великими серіями. З їхньою допомогою авіація перейшла в галузь надзвукових швидкостей. Потужність двигуна залежить від того, як отримана від згоряння палива енергія перетворюється в енергію руху літака. Так, в Англії запустили у серію двигун Giron. Він мав діапазон сили тяги від 6800 кг до 8000 кг без перевищення існуючих обмежень рівня температури на виході з турбіни.

Використання реактивних двигунів помітно вплинуло і на створення гвинтокрилів. Одним з найпотужніших у світі й сьогодні залишається радянський

Ми-26, створений під керівництвом Михайла Міля. Машина має два потужних ТРД, які обертають п'ятилопатевий несучий гвинт. На ній було встановлено декілька світових рекордів. На Ми-8 було використано двигуни ТВ-3-117. Саме вони зробили цю машину універсальною й надали змогу протриматися в експлуатації до сьогодні.

На розробленому в 1960-х рр. британському винищувачі-бомбардувальнику вертикального злету і посадки Harrier GR.1 встановлювався унікальний турбореактивний двигун Bristol Orpheus. Він створював тягу в 3600 кг і спрямовував її у 4 сопла під час старту.

Крило як основний елемент конструкції літака постійно вдосконалювалося. На серійних винищувачах (американському Lockheed F-104 Starfighter, радянському МиГ-21, французькому Mirage F-1) встановлювалося дельтоподібне тонкого профілю крило зі стріловидністю близько 60°. Це допомагало перевищити швидкість звуку в 2–2,25 рази. Крім того, у бомбардувальній, пасажирській та транспортній авіації застосовувалися крила великої площі та довжини: на американському стратегічному бомбардувальнику В-52, що дозволяє 170-тонній машині досягати швидкості 1050 км/год; на пасажирському Boeing-747, здатному перевозити 400 пасажирів на великі відстані; на транспортному Ан-225 «Мрія», створеному в Києві у КБ ім. О. Антонова. Після модернізації у 2001 р. літак може перевозити понад 200 т вантажу, за що й був занесений до книги рекордів Гіннеса.

В останній чверті ХХ ст. в авіації почали застосовуватися крила зі змінною стріловидністю, що дозволяло на третину збільшити радіус дії машин і на чверть зменшити їхню посадкову швидкість (американський F-111 з двома двигунами Pratt & Whitney TF30-P1, радянський Су-17). Адже сам принцип керування літаком заснований на відхиленні певних поверхонь крила та оперення.

Технології Stealth (об'єкт малопомітний для радарів) вперше були реалізовані у 1980-х рр. на американському винищувачі-бомбардувальнику Lockheed F-117A. Їхнім елементом, поряд з використанням нових матеріалів, було застосування крила великої стріловидності у передній частині та відсутність горизонтального оперення. Турбореактивний двигун F-119 з поворотними соплами змінної тяги, який стоїть на надзвуковому винищувачі нового покоління зі змінною стріловидністю крила, створеного за технологією Stealth – F-35B (2001 р.) також приводить у дію допоміжний підймальний вентилятор, встановлений за кабіною пілота. Це дає змогу машині злітати та сідати вертикально на палубу авіаносця.

Для запуску штучних супутників Землі були створені багатоступеневі ракети, потужні двигуни і розроблені оптимальні режими руху. Виведення космічного апарату на навколоземну орбіту здійснюється при досягненні швидкості близько 8 тис. м/сек.

4 жовтня 1957 р. здійснив політ перший штучний супутник Землі. Його головним конструктором був колишній студент КПІ, академік Сергій Корольов. У січні наступного року на навколоземну орбіту було виведено американський супутник Explorer-1. Так розпочалося дослідження космосу.

12 квітня 1961 р. радянський космонавт Юрій Гагарін здійснив перший в історії пілотований космічний політ. 6 двигунів ракети-носія Р-7 загальною потужністю 20 млн к.с. вивели корабель «Восток» вагою 4725 кг на навколоземну орбіту. Під час 108-хвилинної місії була досягнута швидкість 28 тис. км/год.

З 16 до 24 липня 1969 р. відбувався політ американського корабля Apollo-11 на Місяць. 21 липня 1969 р. командир екіпажу Ніл Армстронг зробив перші кроки по супутнику Землі у Морі спокою. Невдовзі до нього приєднався астронавт Едвін Олдрін. У наступні десятиріччя до освоєння космосу долучилося багато країн. Зокрема, було створено Європейське космічне агентство (ESA).

У подальшому радянська космічна програма була спрямована на створення орбітальних космічних станцій, першою з яких був «Салют», виведений на орбіту 1971 р. США, після закінчення експедицій на Apollo, зосередили зусилля на реалізації програми «Космічна транспортна система» і створенні кораблів багаторазового використання Space Shuttle («космічний човник»), які розроблялися компанією Nort American Rockwell за дорученням NASA (Національного аерокосмічного агентства). 1981 р. здійснив свій перший політ Shuttle Columbia.

З лютого 1981 р. розпочалося будівництво на орбіті станції «Мир», яка загалом складалася з 7 модулів. З 1995 р. проект став міжнародним (9 експедицій на Shuttle). 23 березня 2001 р., після того, як вона перевищила визначений термін функціонування втричі, станцію було затоплено у Тихому океані. Всього на ній працювали 104 космонавти з 12 країн.

З 20 листопада 1998 р. розпочалося будівництво на навколоземній орбіті Міжнародної космічної станції (МКС). Ракета-носієй «Протон»-К вивела на орбіту функціонально-вантажний блок «Заря». 7 грудня того ж року Shuttle Endeavour пристикував до нього модуль Unity. Повністю спорудження МКС було закінчено 2008 р., коли до неї приєднали модуль Columbus, створений

на замовлення ESA. У лютому 2010 р. Міжнародна рада з експлуатації МКС підтвердила, що на цьому етапі не існує ніяких технічних обмежень на продовження її експлуатації після 2015 р.

Обслуговування МКС здійснюється космічними кораблями «Союз-ТМ» та Space Shuttle, хоча для останніх це була далеко не єдина робота на орбіті. Адже з їх допомогою починаючи з квітня 1990 р. було виведено в космос й обслуговувався телескоп Hubble (4 експедиції, п'ять місій). Екіпажі виконували на орбіті велику кількість й інших завдань. Але у лютому 2011 р. Discovery, у травні – Endeavour, а у липні того ж року Atlantis здійснили свої останні місії на МКС. Після цього її обслуговують лише «Союзи», європейські та японські транспортники – ATV та HTV.

За 30 років експлуатації 5 «човників» здійснили 135 рейсів на орбіту. На них літали 355 астронавтів і космонавтів. Загалом вони подолали 872,7 млн км та вивели у космос 1,6 тис. тон корисних вантажів.

Сучасне життя важко уявити без орбітальних наукових лабораторій, супутників зв'язку тощо. Багато з цих апаратів виводилися на орбіту українською ракетою «Зеніт». Це найбільш екологічно чиста серед усіх сучасних космічних систем. Її виготовляли у Дніпропетровську (Дніпрі) на виробничому об'єднанні «Південьмаш».

Космічна астрономія почала розвиватися у другій половині XX ст. 1962 р. Велика Британія, виконуючи програму Ariel, запустила на навколоземну орбіту телескоп, який призначався для вивчення Сонця. Через 4 роки NASA відправила у космос орбітальну астрономічну обсерваторію (ОАО-1). З 1968 до 1972 рр. на навколоземній орбіті проводила дослідження ультрафіолетового випромінювання зірок і галактик ОАО-2.

1968 р. в NASA було затверджено план будівництва космічного телескопа-рефлектора у кооперації з ESA, яке отримувало 15 % часу для спостережень. Його обслуговування на орбіті повинно було здійснюватися експедиціями на шатлах. Керівництво проектом здійснював Центр космічних досліджень Годдарда. Технічний супровід покладался на NASA.

30 квітня 1990 р. шатл Discovery STS-31 вивів телескоп Hubble довжиною 13,3 м і масою 12,5 т на розрахункову орбіту з апогеєм 566 км і перигеєм – 561 км. На момент запуску на його борту було встановлено 5 наукових приладів: ширококутова планетарна камера (WFPC), спектрограф високої роздільної здатності Годдарда (GHRS), спектрограф темних об'єктів (FOS), камера знімання темних об'єктів (FOC), швидкісний фотометр (HSP).

У травні 2009 р. астронавти з Atlantis STS-125 під час 5 виходів у відкритий космос відремонтували основну камеру і замінили дві інші, встановили

на Hubble новий стикувальний пристрій та ультрафіолетовий спектрограф. Після проведених четвертою експедицією робіт термін служби телескопа збільшився на 10 років. У той же час розпочалися роботи зі створення нового космічного телескопа James Webb.

За допомогою Hubble було досліджено понад 22 тис. небесних об'єктів – зірок, туманностей, галактик, планет. Обсяг інформації, що ним щоденно оперують астрономи, які працюють з телескопом, перевищує 15 Гб. Понад 4 тис. учених з різних країн отримали можливість використовувати його для спостережень. Були отримані спектрометричні дані про планети, які знаходяться поза Сонячною системою, виявлені протопланетні диски навколо зірок у Туманності Оріона. Крім того, було доведено, що процес формування планет у більшості зірок Чумацького шляху продовжується, частково підтверджена теорія про надмасивні чорні діри у центрі галактик. За підсумками спостереження квазарів була створена сучасна космологічна модель: Всесвіт розширюється з прискоренням і заповнений темною енергією. Було уточнено його вік – 13,7 млрд років. Були виявлені еквіваленти гамма-спалахів у оптичному діапазоні, виявлено 1500 нових галактик, а також отримані зображення протогалактик, перших згустків матерії, що сформувалися менше мільярда років після Великого вибуху.

4. Електроніка, зв'язок та комп'ютерні системи

У другій половині XX ст. у розвитку радіотехніки пріоритетним напрямом була радіоелектроніка. Так, через електропровідність води, яка не проводить електромагнітні хвилі, радіолокація, пеленгація і зв'язок у цьому середовищі можливі лише з використанням ультразвуку – механічних коливань, що поширюються в пружному середовищі з частотою понад 20 кГц. Гідроакустика отримала значний розвиток як галузь військової навігаційної техніки, зокрема для створення гідролокаторів.

Радіолокаційні прилади у техніці ультразвуку використовуються для виробництва високочастотної енергії для збудження механічних коливань в ультразвукових джерелах випромінювання. У промисловості й науці ультразвук застосовується для виявлення дефектів у виробках, для вивчення внутрішньої будови різноманітних матеріалів. Зокрема, ультразвукова дефектоскопія використовує явище відбиття звука від поверхні розділу двох середовищ. У промисловості застосовується ультразвукове очищення й шліфування деталей в розчині або рідині, паяння алюмінію та його сплавів, різання й свердління металу, а також заточування різців з надтвердих сплавів.

На початку 1950 р. у США розпочалися регулярні трансляції кольорових телепрограм з використанням принципу послідовної передачі кольорових зображень з великою швидкістю, розкладанням кольорів на три основні складові й відтворення їх під час прийняття за допомогою дискового трикольного світлофільтру. Трансляції установлених 12 каналів (частот) почали здійснюватися від Атлантичного до Тихоокеанського узбережжя.

У телебаченні почали застосовувати фотоелементи, в яких використовується явище вторинної електронної емісії. Воно застосовується, наприклад, у електронному іонному емісійному мікроскопі, який дає збільшення більш ніж у 150 тис. разів.

Використання фотоелементів започаткувало застосування напівпровідників, що значно збільшило можливості електронної техніки. Вони містять слабкозв'язані електрони. Напівпровідники розташовуються між металами і діелектриками. До них належать германій, графіт, бор, кремній, цезій, рубідій, гелій, кадмій, сульфід, а також більшість мінералів.

Сутність процесів, які відбуваються у напівпровідниках, полягає у тому, що за більш високих температур речовина, яка є ізолятором, стає напівпровідником, оскільки у них, на відміну від металів, вільних електронів набагато менше. У техніці використовується властивість напівпровідника перетворювати енергію світла безпосередньо у електричну.

Нові відкриття у галузі електроніки знайшли застосування у створенні комп'ютерної техніки. У листопаді 1950 р. під керівництвом доктора фізико-математичних наук Сергія Лебедева у Києві в Інституті електротехніки АН УРСР була створена «Малая электронная счетная машина» (МЭСМ). Вона складалася з 6000 вакуумних ламп і споживала 15 кВт електроенергії. Машина могла виконувати близько 3000 операцій за секунду.

У червні 1951 р. компанія Remington Rand встановила в Бюро перепису населення США комп'ютер UNIVAC 1. У ньому використовувалася магнітна стрічка. Завдяки цьому забезпечувалася сумісність з комерційними системами зберігання інформації.

Першою серійною радянською електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ) була «Стрела», яка випускалася з 1953 р. Вона належала до класу великих універсальних машин з триадресною системою команд і виконувала близько 3000 операцій за секунду.

З 1954 р. розпочався випуск IBM 650. Його пам'ять на магнітному барабані зберігала 2000 10-розрядних слів (згодом була збільшена до 4000). У комп'ютері використовувався компілятор Symbolic Optimal Assembly Program (SOAP), який розташовував інструкції за оптимальними адресами.

1955 р. Моріс Уілкс винайшов мікропрограмування – принцип, який згодом знайшов використання у мікропроцесорах різних комп'ютерів. Цей принцип дозволяє визначати або збільшувати базовий набір команд за допомогою вбудованих програм. Наступного року компанія IBM виготовила пристрій для зберігання інформації на 50 металевих 24-дюймових магнітних дисках – RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control).

На початку 1960-х рр. з'явилися комп'ютери другого покоління на транзисторах, які замінили енергоємні лампи. Завдяки платам і транзисторам було досягнуто значне зменшення розмірів машин і об'єм споживаної ними енергії, а головне – зросла надійність комп'ютерної техніки. Спочатку вони будувалися на германієвих транзисторах, згодом їх замінили на більш дешеві кремнієві. Застосування напівпровідників дозволило покращити не лише центральний процесор, але й периферійні пристрої. Це дозволило зберігати вже десятки мільйонів символів і цифр.

За період з 1960 до 1964 р. IBM виготовила понад 100 тис. комп'ютерів середнього класу моделі 1401 (з пам'яттю 4000–16000 символів). Паралельно компанія виробляла транзисторну модель на перфокартах IBM 1620, в якій використовувалася пам'ять на магнітних осердях.

Найшвидшою серійною європейською ЕОМ того часу була БЕСМ-6, створена 1966 р. у Києві. В її архітектурі вперше було застосовано принцип сумісного виконання команд (14 з них одночасно могли знаходитися на різних стадіях виконання). Механізми переривання, захисту пам'яті та інші технічні рішення дозволяли використовувати БЕСМ-6 у мультипрограмному варіанті режиму розподілу часу. Вона мала 128 Кб оперативної пам'яті на феритових осердях, зовнішню пам'ять на магнітних барабанах і стрічці. Машина працювала з тактовою частотою 10 МГц й рекордною для того часу швидкістю – 1 млн операцій за секунду.

Значне зростання використання комп'ютерів у світі почалося з третього покоління обчислювальної техніки на інтегральних схемах. 1969 р. співробітник компанії Intel Тед Хофф запропонував створити центральний процесор на одному кристалі, тобто використати одну головну інтегральну мікросхему, яка повинна виконувати всі арифметичні, логічні та керуючі операції, записані в машинному коді.

1971 р. компанія Intel почала виготовляти перший мікропроцесор Intel 4004. Поява мікропроцесорів дозволила створити недорогі надійні мікрокомп'ютери, які могли купувати малі компанії або окремі громадяни. Реалізація цієї ідеї започаткувала створення четвертого покоління комп'ютерної техніки. До початку 1980-х рр. вони набули великого поширення.

Перший масовий домашній комп'ютер розробив Стів Возняк – один із співвласників компанії Apple Computer. DEC також 1992 р. виготовила 64-розрядний Alpha. Але вже наступного року починається новий етап у виробництві комп'ютерної техніки: Apple запропонувала портативний персональний комп'ютер (ПК) – Newton.

1994 р. IBM і Motorola спільно створили мікропроцесор Power PC, який протягом декількох років переважав за швидкістю плати Intel. Подальші роботи з розробки дизайну комп'ютерів призвели до того, що з 1998 р. фірмовим знаком Apple стає iMac, який розробили Стів Джобс і Джон Айв. Через два роки на ринку з'явився Power Mac G 4 Cube, один примірник якого через оригінальні технічні рішення й зовнішній дизайн був виставлений у Нью-Йоркському музеї сучасного мистецтва.

Цифрові технології (Digital technology) ґрунтуються на поданні сигналів дискретними імпульсами аналогових рівнів, а не у вигляді неперервного спектру. Зазвичай використовують сигнали, які мають невеликий набір значень, як правило – два. Але облікові системи зберігання інформації мають три значення 0, 1, NULL. Зберігання інформації у цифрових системах простіше, ніж в аналогових.

Цифрові технології використовуються у комп'ютерах, радіотехніці, вимірювальних та телекомунікаційних пристроях тощо. Такими системами з комп'ютерним управлінням можна керувати за допомогою програмного забезпечення, додаючи нові функції без заміни апаратних засобів. Це може бути зроблено шляхом простого оновлення програмного продукту. Така властивість дозволяє швидко адаптуватися до нових вимог.

1967 р. колектив одного з відділів компанії Motorola під керівництвом Мартіна Купера створив портативні рації для поліції Чикаго. Накопичений досвід дозволив компанії у 1973 р. випустити перший сотовий телефон Motorola DynaTAC вагою 1,15 кг з 12 клавішами без дисплею та змонтувати у Нью-Йорку на 50-поверховому Alliance Capital Building базову станцію на 30 абонентів і з'єднати їх з наземними лініями зв'язку. Але лише через десять років на ринку з'явився перший комерційний сотовий телефон – DynaTAC 8000X. Незважаючи на ціну – 3995 доларів, тисячі людей записувалися у черги на його придбання.

1990 р. у США компанія Qualcomm розпочала дослідження нового виду зв'язку, що заснований на технології кодового поділу сигналів за частотою – CDMA (Code Division Multiple Access). Перша система зв'язку стандарту CDMA (IS-95) почала працювати у Китаї з 1995 р. Наступного року було

виготовлено перший телефон з кольоровим дисплеєм Siemens S10 (3 кольори, 8 відтінків) та комунікатор Nokia Communicator, який мав багато функцій, серед яких були факс і електронна пошта.

Життя у XXI сторіччі неможливо уявити як без сучасних комп'ютерів, так і без мобільного зв'язку. Лише в одному 2000 р. з'явилися перший сотовий телефон з підтримкою технології Internet Times (Swatch) – Ericsson T20; телефон з GPS-приймачем – Benefon ESC; сотовий телефон з поліфонією (Sony IS); перший телефон з MP3-плеєром і підтримкою карт пам'яті Multi Media Card Siemens SL45; Sharp разом з J-Phone випустила телефон з вбудованою камерою (Sharp J-SH04).

До 2005 р. популярність iPad значно зросла. Того року було продано 20 млн пристроїв, а окрім того ще й 825 млн мобільних телефонів. У той час в Apple працювали над створенням планшетного комп'ютера. Екран повинен був мати функцію «мультитач» – здатність обробляти декілька сигналів одночасно («мультисенсорний екран»). До кінця року ідея знайшла остаточне технічне втілення в інерційній продукції, яка дозволяла рухати картинку, проводячи пальцями по екрану.

До 2011 р. у цифровому світі визначилися два принципові підходи до інтегрованих систем: відкритий і закритий. Так, спроектований Возняком Apple II легко відкривався, мав доступ з мінімальним централізованим контролем, можливості вільно модифікувати програмне й апаратне забезпечення, ділитися кодами, подавати інформацію для відкритих стандартів, працювати з контентом і додатками, які були сумісні з багатьма приладами і операційними системами. Він давав можливість користувачам вільно оперувати великою кількістю порталів.

Macintosh Джобса – це програмно-апаратний комплекс, у якому обидва аспекти пов'язані між собою й не підлягають модифікації. Через це операційна система Macintosh не доступна для стороннього апаратного забезпечення.

Сучасна комп'ютерна техніка посіла домінуюче становище у багатьох галузях науки, техніки, мистецтва, медицини, спорту. На її основі створюються автоматизовані системи керування, дослідницькі й виробничі комплекси, зокрема й Інтернет.

Агентство з перспективних оборонних наукових досліджень США (DARPA) 1957 р. запропонувало розробити систему передачі інформації Каліфорнійському університету в Лос-Анджелесі, Стенфордському дослідницькому центру, Університету Юти і Університету штату Каліфорнія у

Санта-Барбарі. Комп'ютерна мережа отримала назву ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), і у 1969 р. ці чотири наукових центри були об'єднані в межах проекту. Того ж року в Каліфорнійському університеті було встановлено перший сервер ARPANET (комп'ютер Honeywell DP-516) і проведено сеанс зв'язку зі Стенфордським дослідницьким інститутом на відстані 640 км.

До 1971 р. була розроблена перша програма для надсилання електронної пошти в мережі. Через два роки до мережі були приєднані за допомогою трансатлантичного телефонного кабелю іноземні організації з Великої Британії та Норвегії. У той час починається розвиток протоколів передачі інформації.

З січня 1983 р. мережа ARPANET перейшла з протоколу NCP на TCP/IP і за нею закріпився термін «Інтернет». Наступного року було розроблено систему доменних імен – Domain Name System (DNS), а Національний науковий фонд США (NSF) створив міжуніверситетську мережу NSFNet. За рік до неї підключилися близько 10 тис. комп'ютерів і назва «Інтернет» закріпилася за NSFNet. 1988 р. було розроблено протокол Internet Relay Chat (IRC), завдяки чому в Інтернеті з'явилася можливість спілкування в реальному часі (чат).

Відомий британський учений Тім Бернерс-Лі 1989 р. запропонував концепцію Всесвітньої павутини, а протягом наступних двох років розробив протокол HTTP, мову HTML та ідентифікатори URL. З 1991 р. Всесвітня павутина отримала доступ в Інтернет, а через два роки з'явився веб-браузер NCSA Mosaic. Саме поєднання веб-протоколу, який забезпечував комунікацію, та браузера, який надавав інтерфейс, зробило WEB досить відомим. 1995 р. було створено Консорціум Всесвітньої павутини і з наступного року поняття «Інтернет» поступово перейшло до павутини. У цей час Інтернет вже нараховував близько 10 млн комп'ютерів, і було зареєстровано понад 1 млн доменних імен.

Сьогодні до Інтернету можна підключитися через супутники зв'язку, кабельне телебачення, радіоканали, телефон, сотовий зв'язок. З 22 січня 2010 р. прямий доступ в Інтернет отримав екіпаж МКС.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Академік Є. Лебедєв та його внесок у сучасну науку.
2. С. Корольов.
3. «Він першим зійшов на Місяць» (Н. Армстронг).
4. «Хаббл» відкриває глибини Всесвіту.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 334-365, 366-435.
2. Історія науки і техніки: навч.посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 222-235, 241-245.
3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 73-77, 89-98.

Додаткова література

1. Захарків М.О. Перегляд та узагальнення основних принципів інформаційного суспільства // Гілея. Науковий вісник. – Вип. 48. – 2011. – С. 305-308.
2. Згуровский М.З. Киевские политехники – пионеры авиации, космонавтики, ракетотехники. – Київ, 2011.
3. Історія України: навч. посіб. / За ред. Б.П. Ковальського. – Ч. IV. – Київ, 2007. – С. 94-97.
4. Історія інженерної діяльності: навч. посіб. / С.В. Подлесний та ін. – Краматорськ, 2004. – С. 88-100.
5. Історія науки і техніки України / За ред. Дещинського Л.Є. – Львів, 2011. – С. 265-276, 301-321.
6. Сова В.В. Стан та тенденції розвитку інформаційного суспільства в Україні // Формування ринкових відносин в Україні. – К., 2011. – № 5 (120). – С. 36-45.

Тема 9. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ І ТЕХНІЧНИХ НАУК

План семінарського заняття

1. Зародження та розвиток освіти і наукових досліджень.
2. Створення технічних наук.
3. Заснування технічних навчальних закладів.

1. Зародження та розвиток освіти і наукових досліджень

Історія професійної освіти починається з появою держав Стародавнього Сходу. Наприкінці IV–III тис. до н.е. у Месопотамії, Стародавніх Єгипті,

Індії, Китаї при резиденціях фараонів, храмах, палацах правителів і аристократів, окремих відомствах і канцеляріях існували школи різного типу, що забезпечували суспільство людьми, які вміли читати, писати і рахувати, знали закони, необхідні для функціонування держави.

Час виникнення навчальних закладів професійної спрямованості припадає на III тис. до н.е. Це будинки табличок у Месопотамії (шумерською «едубба»), де готували писарів; школи лікарів та переписувачів у Давньому Єгипті; школи вед і аграхар (навчальні заклади підвищеного типу) в Індії; різні школи в Стародавньому Китаї: сюй, де навчали військовій справі, госюе – навчальні заклади для дітей високопосадовців та сансюе – для дітей менш родовитої знаті.

До середини II ст. до н.е. у Китаї склалася багаторівнева система освіти. Початкову починали здобувати приблизно з 7 років. Навчання тривало близько 6–7 років і складалося з вивчення мови, письма, стилю, віршування. Подальші етапи включали вивчення стародавніх текстів, їх коментування. «Велику науку» представляли 6 мистецтв: етика і ритуал, каліграфія, рахунок, музика, вміння стріляти з лука та керувати колісницею. Другий ступінь – вивчення чотирьох наук: бездоганна поведінка (чеснота), політика та управління, література і мова.

У VI–V ст. до н.е. питання виховання та освіти досить глибоко і ґрунтовно вивчалися давньогрецькими філософами Піфагором, Демокритом та ін. Так, Піфагор відомий як засновник «піфагорійського союзу» – своєрідної школи, навчання в якій вирізнялося своєю неповторністю.

Основою освіти в цей період був визнаний канон «кола знань» або «енциклопедії», який пізніше отримав назву «семи вільних мистецтв», що набули світського характеру. До них належали: «тривіум» – граматики, риторика і діалектика, а також «квадривіум» – арифметика, геометрія, астрономія і теорія музики. Після оволодіння сімома вільними мистецтвами юнакам належало отримати підготовку з філософії, як вважав Платон, або з риторики, як вважав Ісократ. Його школа передувала школі Платона, оскільки була відкрита близько 390 р. до н.е. і в освіті орієнтувалася переважно на політичне красномовство.

В Академії Платона, до якої входили геометр і астроном Евдокс Кнідський, астроном Гераклід Понтійський, геометр Менехм, принципове значення надавалося математиці. Її особливе значення підкреслювалося девізом: «Той, хто не знає геометрії, не ввійде до Академії!», який був написаний на воротах Академії. Вона була не лише навчальним закладом, але й своєрідним

філософсько-релігійним і політичним клубом, основне завдання якого полягало у створенні проекту ідеальної держави і вихованні філософа, здатного до державної діяльності.

Платон вперше виділив елементарний, середній і вищий ступені навчання. Він був переконаний, що вирішити проблему виховання громадян можливо лише зі встановленням справедливого державного ладу, а правильно облаштована держава складається з трьох станів: ремісників, охоронців і правителів.

Аристотель був засновником іншої відомої філософської школи – Лікею, створеного близько 334 р. до н.е. на місці одного з афінських гімнасіїв, неподалік храму Аполлона Лікейського. Метою діяльності цього навчального закладу було не лише викладання різноманітних наук, але й проведення відповідних досліджень. Саме тому Лікей швидко перетворився на один з найкращих навчальних закладів стародавнього світу. Учні та помічники Аристотеля провели велику кількість спостережень і зробили численні відкриття, які мали велике значення для подальшого розвитку багатьох наук.

Протягом 12-ти років Аристотель викладав у Лікеї й займався наукою: проводив природничі дослідження, які фінансував Александр Македонський (ще до відкриття Лікею Аристотель був його вихователем). Про значимість Лікею для Афін свідчить той факт, що з 20 тис. вільнонародженого населення полісу близько 2 тис. пройшли через навчання у ньому.

Саме Аристотель вперше звернув увагу на необхідність поєднання загальної освіти з вивченням професії. На його думку, загальноосвітня підготовка має спрямовуватися на виховання самостійного судження з різноманітних питань. Власне, ідеали вищої освіти перейшли у Середньовіччя через праці Аристотеля і зберегли своє значення практично до наших днів.

Таким чином, в Афінах V–IV ст. до н.е. налічувалося кілька відомих навчальних закладів підвищеного рівня. Всі вони перебували у «священних» місцях, тісно пов'язаних зі старовинними храмами та об'єктами релігійного шанування.

Центром освіти в Єгипті доби еллінізму був Мусеум (Мусейон) – храм, присвячений дев'яти грецьким богиням-музам, покровителькам наук і мистецтв, заснований у III ст. до н.е. династією царів Птолемеїв в Олександрії. Кращі вчені у галузі математики, астрономії, філософії, медицини, історії, філології (Архімед, Евклід, Ератосфен та ін.) були запрошені сюди з усієї Еллади для навчання царських дітей і підготовки вчених. При Мусеумі існувала багата бібліотека, яка налічувала близько 500 тис. сувоїв папірусу, що містили відомості з історії, географії, математики, медицини. Олександрійська

бібліотека була знищена пожежею у 415 р. Разом з нею зникли унікальні знання, накопичені за багато століть. Однією з форм навчання в Мусеумі була лекція, а сам навчальний заклад передував появі ВНЗ, що мають наукові бібліотеки і поєднують у своїй діяльності професійне навчання з підготовкою вчених.

У Візантії існували навчальні заклади, створені ще в античну епоху в Афінах, Александрії, Антіохії, а також нові – у Константинополі, Бейруті, Дамаску. Так, 425 р. у Константинополі була заснована вища імперська школа Аудіторіум (від лат. «audire» – слухати). З XI ст. її почали називати Магнавра або Золота палата відповідно до назви одного з приміщень імператорського палацу, де вона розташовувалася. У Магнаврі викладачі були державними службовцями, які отримували платню від імператора. Саме тут з'явилися кафедри, як об'єднання вчених різних наук, які очолювалися консулами філософії. Таким чином, навчальні заклади стародавніх цивілізацій передували появі середньовічних університетів.

З розвитком міст в Європі у X–XIII ст. почали формуватися церковні та світські вищі професійні школи, які, накопичуючи методичний досвід викладання, перетворювалися на відомі навчальні заклади. Першим європейським університетом Середньовіччя був Болонський, заснований 1088 р. Одна з приватних шкіл Болоньї магістра Пепо і його наступника Ірнерія (Гварнері) отримала у подарунок від маркграфині Матильди Тосканської старий рукопис «Дигест» Юстиніана. Узгодження різних частин цього римського правового джерела, а головне – їх коментування (складання глосс) і було головним предметом діяльності болонських юристів – викладачів права і радників правителів. Учні Ірнерія закінчили складання системи викладання права до середини XII ст. Професори і студенти Болоньї працювали у багатьох країнах Європи, поширюючи знання, які вони отримали у своєму навчальному закладі.

Паризький університет був створений 1160 р. на базі двох знаменитих конкуруючих кафедральних шкіл – собора Нотр-Дам і монастиря св. Женев'єви. Найбільшу славу отримала колегія паризького каноніка Роберта де Сорбонна, метою якого була теологічна (богословська) освіта. В її приміщеннях були великі зали, які використовувалися для проведення занять. З часом Сорбонною почали називати весь Паризький університет.

Для вирішення наукових і освітніх завдань у Парижі були створені факультети («*facultas*» – здібний), які спочатку об'єднували тільки магістрів, а студенти лише зараховувалися до них. Поступово склалася система з 4 факультетів, яка згодом поширилася всією Європою.

Перший університет у Великій Британії – Оксфордський – був заснований близько 1117 р. англійським духовенством, яке вирішило надати своїм священикам освіту. За правління короля Генріха II Оксфорд перетворився на справжнє університетське містечко. З часом навчання в цьому освітньому закладі перетворилося на обов'язкове для знаті.

У XIII ст. з'явилися Соломанський університет в Іспанії, Неаполітанський – в Італії. Багато університетів було засновано у XIV–XV ст.: у Празі (1347), Кракові (1364), Відні (1365), Лейпцигу (1409), згодом почали працювати Гейдельберзький, Кельнський, Ерфуртський університети. До 1500 р. в Європі їх налічувалося вже близько 80.

Університети, які створювалися як корпорації школярів і магістрів, протягом століть не знали станових відмінностей, в них панував дух вільного братерства. Пізніше саме їхніх випускників почали називатися інтелігенцією. Університети мали великий вплив на розвиток європейської культури, сприяли розвитку освіти, сформували особливий тип інтелектуала, зайнятого розумовою працею.

«Ядро» змісту освіти у середньовічному університеті, як і в античні часи, становили «тривіум» і «квадривіум». Головна увага приділялася арифметиці, геометрії, астрономії, а також основам схоластики. За працями Аристотеля студенти отримували основні знання про природу, суспільство і людину.

З появою університетів заняття наукою і викладання починають розглядатися як професія. Таким чином, університети середньовічної Європи не тільки зберегли і збагатили античні знання та культуру, але й створили основи для інтелектуального і духовного розвитку особистості, а також були важливою ланкою у формуванні вищої професійної освіти. Наукове піднесення, що почалося у добу європейського Відродження (XIV–XV ст.), призвело до створення класичної світської науки Нового часу і сприяло відродженню гуманістичних ідеалів періоду античності.

У XV–XVII ст. з'явилися територіально-конфесійні університети, де застосовувалася система профінансованих державою лекцій, які читали професори. Факультети «вільних мистецтв», звільняючись від функцій посередницької ланки між гімназичною та вищою освітою, перетворювалися на філософські, які здійснювали вплив на розвиток наукового викладання у навчальних закладах. Відмова від вивчення обов'язкових «тривіума» і «квадривіума» призвела до того, що систематизоване природниче знання поступилося місцем гуманітарній складовій. Водночас при університетах почали створюватися клінічні палати, анатомічні театри, ботанічні сади, обсерваторії, де можна було проводити практичні заняття і наукові дослідження.

У XVII ст. підготовку вчених на основі нових наукових даних з використанням у навчальному процесі лабораторних досліджень і експериментів, а також через залучення студентів до участі в експедиціях взяли на себе наукові товариства та Академії наук, які користувалися державною підтримкою: Прусська Королівська академія, Лондонське Королівське наукове товариство, Паризька академія наук.

У XVIII ст. почалося викладання нових дисциплін: фізики, історії, права, що було зумовлено накопиченням достатньої кількості знань. Спеціалізація предметів призвела до відкриття відповідних кафедр і факультетів: філософських, природничо-математичних, історичних. Іноді на базі окремих факультетів створювалися самостійні навчальні заклади.

В університетах починає застосовуватися принцип свободи наукового дослідження, що призводить до свободи викладання. Змінюється погляд на лектора, який вже не повинен передавати готові істини, а зобов'язаний самостійно їх шукати і привчати до цього студентів. У цей же час в університетах Європи відмовляються від викладання латинською мовою.

Університетська освіта переживає низку реформ, які оцінюються неоднозначно. Так, поряд з позитивними змінами у змісті освіти, її гуманістичної спрямованості, позитивними структурними та організаційними перетвореннями, можна відзначити, що у суспільстві дещо знижується престиж університетів, їхня соціальна значимість. Наукові товариства та академії беруть на себе дослідницькі функції та підготовку вчених. Ідея функціонування університетів отримує гуманістичне наповнення, але наукові дослідження та підготовка вчених виходять з їхньої компетенції. У внутрішній університетській структурі відбувається формування коледжів, що призводить до ще більшої спеціалізації освіти.

2. Становлення технічних наук та інженерної діяльності

Становлення технічних наук відбувалося паралельно з розвитком відповідних видів техніки і технологічних процесів. Теоретичні знання відображають специфіку пристроїв того чи іншого принципу дії і призначення. У технічному знанні відображається досвід практичної діяльності як з боку технологічних перетворень, так і з боку опису властивостей предметних структур, практики, технічних засобів, що функціонують у виробничо-технологічних процесах.

У формуванні технічних наук виділяються декілька етапів: донаукового розвитку технічних знань (до другої половини XVII ст.); становлення і роз-

витку технічних наук «класичного» типу (XVIII – початок XX ст.); формування комплексних науково-технічних дисциплін (з першої третини XX ст.).

Завдання технічних наук полягає у тому, щоб дати ефективні методи проектування й розрахунку інженерних об'єктів, режимів функціонування складних технологічних систем. Технічні науки не підміняють і не замінюють інженерної діяльності, завдання якої полягає у реалізації ідей та проєктів. Передумовою формування технічних наук є потреби виробництва.

Процес формування технічних наук розпочався зі створення у XIX ст. таких напрямів як теплотехніка, теорія машин і механізмів, деталі машин, балістика тощо. Машина почала усвідомлюватися як реалізація природного процесу, технічні засоби відтепер могли бути використані як особлива форма втілення явищ і процесів природи. Так, парові машини зводилися до системи фізичних величин. Ці величини і процеси інженер міг використовувати у своїй конструкторській та технологічній діяльності.

Зародження, становлення і розвиток інженерної діяльності та технічної освіти є важливими віхами у формуванні людської цивілізації. Цей процес можна умовно поділити на п'ять періодів, які відповідають основним історичним етапам розвитку техніки: 1 – інструменталізації; 2 – механізації; 3 – машинізації (власне інженерний); 4 – автоматизації (розвинений інженерний); 5 – кібернетизації (постінженерний). Кожний з цих етапів визначається рівнем розвитку науки і техніки, виробництва і споживання, соціально-економічним та суспільно-політичним устроєм суспільства; кожному відповідає свій рівень і характер розвитку інженерної діяльності та відповідної технічної освіти.

Розвиток науки і техніки був пов'язаний зі значним збільшенням кількості винаходів. Винахідництво стає одним з найбільш яскравих проявів інженерної думки, а винахідники перетворюються на справжніх «рушіїв технічного прогресу».

Машинобудування та приладобудування, металургія, енергетика, гірнича справа, хімічна промисловість і транспорт, отримали пріоритетний розвиток. Вони перетворилися на провідні й почали визначати головні напрями технічного прогресу, характер інженерної діяльності та стан освіти зокрема.

Подальшому розвитку інженерної справи заважали пережитки цехового ладу. Так, 1776 р. міністр фінансів Франції Тюрго видав едикт, згідно якого будь-яка особа, у тому числі й іноземці, мала право вільно займатися будь-якими промислами. Корпоративна реміснична організація (цехи) у країні, таким чином, була скасована.

Вводяться патенти на винаходи, тобто юридично закріплюються права користування новими розробками у галузі промислової діяльності. Нові технічні ідеї стають товаром і приносять чималий прибуток. Формується новий погляд на авторські права винахідника. Закон надавав йому право користуватися привілеєм п'ять, десять чи п'ятнадцять років; засновувати власні підприємства; переслідувати осіб, які займаються підробкою. Після закінчення терміну патенту винахід переходив у суспільне користування. Закон вимагав повного і точного опису винаходу під загрозою позбавлення прав і привілеїв.

У прагненні створювати у себе нові галузі виробництва одні уряди займалися залученням іноземних майстрів, інші ж забороняли еміграцію таких фахівців. Такі заборони на еміграцію були прийняті в Англії у 1719 і 1750 рр. Вони стосувалися всіх кваліфікованих робітників, зайнятих у найбільш технічно розвинених галузях промисловості. Одночасно заборонялося вивезення інструментів і верстатів.

Якщо до початку XVII ст. інженерна справа було головним чином сферою діяльності геніальних ремісників-самоучок, то через 100 років формується і розвивається прикладна наука. З'являється технічна література. Створюються нові інститути – школи прикладних наук, які випускають новий тип інженера – професіонала, який володіє не тільки різноманітними знаннями, але й усвідомлює свою суспільну значимість.

Помітний вплив на розвиток інженерної справи мало створення у Лондоні Королівського наукового товариства, у Франції – Академії наук. З цього часу інженерна справа як професія вимагає спеціального навчання. У Франції, зокрема, створювалися школи прикладних наук. З'явилися інженери, які мали посвідчення своєї професійної підготовки.

Професійна інженерна асоціація виникла в Англії 1771 р. і отримала назву «Товариство цивільних інженерів». Основною метою цієї організації був проголошений обмін думками в галузі інженерної справи. Однак це товариство не задовольняло професійних потреб молодих інженерів, які у 1818 р. утворили свій інститут цивільних інженерів, основною метою якого була допомога в отриманні необхідних знань. Але розвиток і використання техніки відбувалися настільки швидко, що інститут не встигав виконувати взяті на себе зобов'язання. Дж. Стефенсон – один з винахідників паротяга – заснував у 1847 р. новий інститут інженерів-механіків. Згодом виникло ще декілька інститутів: 1860 р. – інститут морських архітекторів, 1871 р. – інститут інженерів-електриків.

У Франції починаючи з 1716 р. під керівництвом інженера Жана Рудольфа Перроне був утворений Корпус мостів і шосе. Цей корпус здійснював координацію всіх будівельних профільних робіт. 1747 р. була створена спеціальна школа для його працівників. Потім починають працювати й інші навчальні заклади. Так, 1778 р. була заснована Вища національна школа мінерів.

3. Заснування перших технічних навчальних закладів

Формування професійної освіти починається в Німеччині у XVIII ст., де була створена система середньої спеціальної технічної освіти. Її поява обумовлювалася потребою промисловості у кваліфікованих інженерах, з одного боку, і нездатністю традиційної академічної системи освіти задовольнити її, з іншого. З'явилася нова форма навчального закладу – технікум, який давав можливість пройти прискорений курс технічної освіти. Спочатку технікуми створювалися на приватні кошти, а згодом і уряд зайнявся організацією цілої мережі шкіл, які готували техніків. Ці школи вимагали від абітурієнтів менш поглибленої підготовки, ніж політехнічні інститути. Але майбутнім учням технікумів потрібно було перед вступом на навчання не менше року працювати на виробництві. Отримання освіти у цих закладах тривало від двох з половиною до чотирьох років. Випускникам присвоювалося звання інженера на відміну від випускників вищої технічної школи, які отримували титул «інженерів з академічною підготовкою». Спочатку технікуми готували лише техніків-механіків і будівельників. Але зростання електротехнічної промисловості вимагало відповідної підготовки електриків, що призвело до відкриття майже у всіх технікумах спеціальних електротехнічних відділень.

У XIX ст. у Великій Британії та США інженерами називали техніків вищого розряду, а тих, хто отримав поглиблену наукову освіту – «civil Engineer». Однак це звання іноді не було пов'язане зі здобуттям вищої освіти й до XX ст. не давало жодних привілеїв під час влаштування на роботу. Багато хто з цивільних інженерів був лише досвідченим практиком.

У Франції інженери отримували три ступені підготовки: ординарний інженер, старший інженер і генеральний інспектор. Інженерна освіта в Англії формувалася двома основними шляхами. Перший був традиційним і зводився до прослуховування курсу в одному з вищих технічних навчальних закладів. Для того, щоб стати інженером, необхідно було пройти загальний дворічний курс навчання та один рік практики, отримати звання бакалавра і прослухати ще три курси. Тільки після цього інженер отримував звання бакалавра інженерних наук.

Другий шлях зводився до наступного: робітник отримував певні знання у вечірній або недільній школі та практичний досвід роботи на заводі. Після цього він міг вступити до одного з технічних товариств: інституту інженерів-механіків, інституту цивільних інженерів, інституту морських архітекторів, які мали право надати йому диплом інженера.

Подібні асоціації мали ієрархічну структуру членства: студенти – ті, хто прагнув отримати звання й повного членства у товаристві; випускники – ті, хто склав іспит даного інституту, але не мав ще достатнього практичного досвіду; перше звання з повним голосом – член асоціації; вищий ступінь – повноправний учасник асоціації. Це звання надавалося лише старшим учасникам асоціації, які мали достатній авторитет та відповідну репутацію. Якщо такому товариству надавалася Королівська Хартія, то всі його учасники отримували звання королівських інженерів.

Професійні союзи інженерів виконували такі основні функції: дослідницьку – заохочували науково-технічні дослідження та інженерні розробки; освітню – стимулювали дослідження з визначеної проблематики у школах і вишах, складали програми курсів, мали представництво у керівництві університетів або інститутів; кваліфікаційну – надавали звання інженера практикам, видавали «кваліфікаційні листи» тим, хто пройшов курс навчання та склав іспити у даній асоціації.

Крім інститутів цивільних інженерів, у Європі розвивалася й військова інженерна освіта: 1620 р. у Франції було засновано артилерійську школу. У XVII ст. в Данії з'явилося перше училище для підготовки військових інженерів, а у XVIII ст. такі училища були відкриті в Англії, Саксонії, Австрії, Франції та Пруссії: Дрезденське інженерне училище (1742), Австрійська інженерна академія (1747), Інженерна школа у Потсдамі (1788).

Технічний прогрес, розвиток інженерної освіти сприяли подальшому поглибленню професійного поділу праці. Усвідомленням технічного завдання, визначенням засобів його розв'язання почали займатися інженери – дослідники, проектувальники, конструктори, технологи, праця яких вже майже не відрізнялася від діяльності вченого-прикладника.

Значення освіти у часи становлення й розвитку класичної науки було особливо велике. По-перше, це була принципово нова і соціальна, і змістовна система, по-друге, у своїй основі вона зберігається й сьогодні. Освіта значно вплинула на змістовну структуру науки. У той час (XIX ст.) вперше було введено дисциплінарну систематизацію знання – насамперед, дидактичні вимоги. Для самої науки більш притаманна систематизація за проблемами.

Предмет з'являється тоді, коли у процесі його утворення починають використовувати спеціальні підручники і створюються відповідні університетські кафедри. Так, професія фізика-теоретика з'явилася наприкінці XIX ст. Перші кафедри у Німеччині очолювали Г. Гельмгольц, Г. Кірхгоф, Р. Клаузіус, Г. Герц, М. Планк.

У XVIII ст. розпочинається викладання технічних наук у вищих навчальних закладах. 1777 р. І. Бекман опублікував працю «Вступ до технології». Знання, запозичені ним з французьких і англійських джерел та використані у роботі, свідчать про новий підхід автора до зв'язку між теорією та практикою. Його «наукова» технологія багато що пояснює шляхом класифікації, хоча класичну теорію системи машин, яка з'явилася під час промислової революції, він не розглядав. Бекманівське розуміння технології передбачало необхідність кооперування і комбінування спеціальних знань і умінь як вищого ступеню розвитку продуктивних сил. Технологія визначалася ним як наука, що навчає переробці природних речовин або знанню ремесел. Бекман писав, що якщо у майстернях тільки вказують, що для виготовлення товару потрібно зробити, то технологія у систематизованому вигляді дає ґрунтовне керівництво, як цього досягти, виходячи з певних принципів і досвіду.

У вересні 1794 р. у Парижі була заснована Політехнічна школа, що свідчило про прагнення уряду Франції підвести спеціальну технічну освіту під теоретичну базу. Багаті традиціями школи математиків і механіків створили міцну основу для того, щоб Політехнічна школа за короткий термін перетворилася на центр вивчення математики, а також теоретичної та прикладної механіки. У перші десять років існування її випускники, професори, вчені показали високий рівень своєї підготовки у справі забезпечення національної безпеки Франції. У 1804 р. Наполеон надав Школі військовий статус, дарував прапор і девіз: «В ім'я Батьківщини, наук і слави». Першими її викладачами були: Ж. Лагранж, Г. Монж, К. Бертолле, пізніше – А. Ампер, Ж. Фур'є, П. Лаплас. Серед випускників були Ж. Бію, Ж. Гей-Люссак, С. Пуассон, О. Френель, О. Коші, А. Нав'є, Л. Пуансо, Г. Кориоліс, С. Карно. Професія викладача була настільки престижною, що провідні вчені очолювали не тільки наукові та навчальні, а й державні установи, навіть міністерства. У Політехнічній школі була вперше розроблена навчальна література з математики, механіки та фізики.

Інше становище технічної освіти було у Німеччині. У 20-х рр. XIX ст. у деяких німецьких державах були створені технічні навчальні заклади. У документах про їхнє заснування підкреслювалася необхідність математичної

та природничо-наукової освіти майбутніх інженерів. Однак рівень викладання у цих школах був набагато нижчий, ніж у Політехнічній.

Після зняття континентальної блокади у 1813 р. промисловість Німеччини опинилася під сильним тиском англійських конкурентоспроможних товарів, що змусило німців вдатися до найпростішого рішення: готувати фахівців, які могли б копіювати англійські машини, здійснювати деякі поліпшення і, в кращому випадку, створювати нові комбінації основних відомих типів.

Однак у 30–40-х рр. XIX ст. у Німеччині з'являється технічна освіта нового типу. У навчальних програмах частка фізики і хімії неухильно зростає. Машинознавство набуває рис наукових рекомендацій. Будівельна та хімічна техніка потребували розробок, які перевищували б існуючий досвід. Швидкий розвиток будівництва залізниць вимагав наукових досліджень як для прокладання трас, так і для розрахунку створення відповідних залізничних об'єктів. У Німеччині центри, подібні французьким, були створені у Кенігсберзі та Геттінгені. Центр у Геттінгені спочатку очолив К.Ф. Гаусс, а згодом – Б. Ріман.

На базі Політехнікуму, до складу якого увійшли Архітектурна креслярська школа, ліцей, інженерна школа, 1825 р. герцогом Людвігом Баденським був заснований університет Карлсруе. 1860 р. на базі університету було проведено перший всесвітній з'їзд хіміків, на якому захисники хімічної атомістики у гострій боротьбі з опонентами здобули перемогу.

1865 р. Політехнікум був перетворений герцогом Фрідріхом I у вищу технічну школу, а через три роки королем Людвігом II була заснована Політехнічна школа, яка пізніше була перетворена на Мюнхенський технологічний університет. У 1886 р. в університеті Карлсруе Г. Герц разом зі своїм учнем В. Галльваксом досліджував фотоефект, а згодом він відкрив електромагнітні хвилі.

Навчальні інститути технічного профілю в Англії виникли у першій половині XIX ст.: в Единбурзі (1821), Лондоні та Глазго (1823). 1841 р. у Лондонському університетському коледжі були відкриті три технічні кафедри: цивільного будівництва, механіки та машинобудування. У 40–50-х рр. XIX ст. у Кембриджі почав формуватися аналогічний центр. З ним була пов'язана діяльність Дж. Стокса, В. Томсона, У. Ранкіна і Дж. Максвелла. Спостереження, вимірювання та методологічне оформлення мали вирішальне значення у формуванні науки.

Уніфікація та стандартизація одиниць вимірювання також створювали нову форму міжнародної науково-технічної культури. Принципово новим процесом цього типу була оптична спектроскопія. Перший практичний спек-

троскоп було створено 1859 р. Г. Кірхгофом і Р. Бунзенем. Він відразу ж перетворився на засіб якісного аналізу в різних галузях знань. У хімії, наприклад, з його допомогою були відкриті цезій, рубідій, талій.

Своєрідна і складна історія розвитку вищої освіти у Новому Світі. З початку XVIII ст. у Північній Америці збільшуються масштаби наукових досліджень, переважно прикладних. Успіхи у вивченні електрики були пов'язані з ім'ям Б. Франкліна. 1727 р. він заснував перше наукове товариство – Клуб любителів науки (з 1743 р. – Американське філософське товариство сприяння успіхам корисних знань). 1763 р. була заснована перша в Північній Америці астрономічна обсерваторія.

Під час Громадянської війни, у липні 1862 р. Конгрес США прийняв закон, який надавав право адміністраціям штатів виділяти великі земельні ділянки з федеральних резервних фондів для вищих навчальних закладів. Вони готували переважно інженерів-аграріїв та інженерів-механіків. Усього було засновано 68 навчальних закладів. Так задовольнялася потреба у кваліфікованих кадрах у країні, яка щойно пройшла через Громадянську війну. Так, 1861 р. було офіційно засновано, а з 1865 р. почав функціонувати Масачусетський технологічний інститут (МТІ). Тривалий термін між прийняттям рішення про заснування і початком діяльності інституту пояснюється Громадянською війною.

Необхідність подолання післявоєнної розрухи, реструктуризація господарства і відмова від колоніальної економіки, початок процесу індустріалізації та урбанізації США виявили потребу в інженерних кадрах високої кваліфікації. Були потрібні не лише технічно грамотні інженери-виконавці, але й інженери-новатори.

З самого початку підготовка інженерних кадрів у МТІ провадилася так, щоб процес навчання органічно поєднував фундаментальне вивчення природничих, інженерних, гуманітарних і соціальних дисциплін з практичною діяльністю і студентів, і викладачів. Це було новим явищем у світовій історії цивільної вищої технічної школи університетського типу.

У перші десятиріччя XIX ст. представники технічних наук займалися вивченням механічних процесів у технічних системах. Серед техніків з ремісничою підготовкою інженери зі спеціальною технічною освітою були ще винятком. Саме у цей час були закладені основи підготовки інженерів з вищою освітою.

Важливою подією для Західної Європи було заснування у 1854 р. Політехнікуму в Цюріху, де одночасно проводилися фундаментальні природничі

дослідження та науково-технічні розробки. Їх взаємовплив створював підґрунтя для розвитку технічних наук. На Сході Європи, у Російській імперії указом імператора Миколи II 1898 р. у Санкт-Петербурзі, Києві та Варшаві були створені політехнічні інститути. Їх поява разом з уже існуючими технологічними інститутами значно покращила підготовку інженерних кадрів.

На початку XX ст. значно зміцнили зв'язки політехнічних шкіл з університетами. Це виявлялося у додаткових заняттях відомих учених в університетах і в залученні університетських професорів до читання фундаментальних природничих лекційних курсів у політехнічних школах, що було характерним явищем для Німеччини. Ця тенденція з'явилася з початком викладання курсу електротехніки у навчальних закладах.

Якщо у машинобудуванні наукові знання доповнювали практичні, то електротехніка була однією з перших наукових дисциплін, яка утворилася на теоретичній основі. Перехід від використання парових машин до електричних двигунів сприяв поглибленому вивченню електрики і магнетизму. Відокремлення електротехніки як відносно незалежної від фізики науки характеризувалося тим, що вона має свій об'єкт і предмет дослідження, користується власними методами. Вона була орієнтована на вивчення теорії трансформаторів, ізоляторів, генераторів, джерел струму.

У XIX ст. центрами європейського наукового життя були університети та наукові організації – дослідні установи. Їх фінансували як держава, так і приватні особи. Першу фізичну лабораторію створив у себе вдома Г. Кавендіш. Лабораторії виникали там, де існували наукові товариства. Так, 1874 р. Дж. Максвелл заснував Кавендішську лабораторію при університеті в Кембриджі.

Між науково-технічними установами Європи та США здійснювався обмін стажерами та публікаціями у галузі промислового і технічного розвитку, проводилися регулярні промислові виставки.

Розвиток технічних наук призвів не лише до глибокої диференціації серед інженерів – розробників нової техніки, але й сприяв подальшому зближенню з ученими. Виробництво технічних засобів з кожним роком було все більше пов'язане з науковою діяльністю, а розвиток техніки – наслідком взаємодії науки і виробництва. Цей процес зближення створив групу фахівців – науково-технічну інтелігенцію.

Інженери набули високого суспільного статусу. Вони брали участь у створенні культурних цінностей. У XX ст. склалася професійна група інженерів, сформувалася певна культура професії.

У ХХ ст. з розвитком промислового виробництва і подальшим поглибленням поділу праці відбувається не тільки галузева диференціація інженерів, але й з'являються функціональні підгрупи: керуючих і технічних фахівців, які все більше розрізняються за соціальним становищем, освітою, рівнем і характером прибутків. Значно зростає престиж інженерної праці, збільшується мережа навчальних закладів, які готують бакалаврів і магістрів різноманітних технічних спеціальностей.

Завдання на СРС

Підготуйте реферативну доповідь на одну із запропонованих тем:

1. Заснування Австрійської інженерної академії.
2. Діяльність Паризької Політехнічної школи.
3. Створення МТІ – відображення змін у соціально-економічній структурі США.
4. Львівська політехніка.
5. Перші кроки становлення КПІ.

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. – Харків, 2011. – С. 334-365.
2. Історія науки і техніки: навч. посіб. для студ.-інозем. / І.А. Дичка та ін. – Київ, 2015. – С. 269-309.
3. Історія інженерної діяльності: навч. посіб. / С.В. Подлесний та ін. – Краматорськ, 2004. – С. 10-16, 17-30.
4. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця, 2014. – С. 9-28, 29-35, 35-45.

Додаткова література

1. Історія інженерної діяльності: курс лекцій / В.В. Морозов, В.І. Ніколаєнко. – Харків, 2007. – С. 58-62.
2. Згуровский М.З. Киевские политехники – пионеры авиации, космонавтики, ракетостроения. – Киев, 2011.
3. Історія України: навч. посіб. / Заг. ред. Б.П. Ковальського. – Ч. IV. – Київ, 2007. – С. 53–55, 55-58, 60-72, 89-98.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

1. Бесов Л.М. Наука і техніка в історії суспільства: навч. посіб. / Л.М.Бесов; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків: Золоті сторінки, 2011. – С. 13-19, 22-32, 32-37, 38-88, 89-115, 123-132, 132-134, 136-142, 149-164, 165-237, 238-242, 242-265, 266-290, 294-333, 334-365, 366-435.

2. Історія науки і техніки: навч. посіб. для студ.-інозем. / І.А.Дичка, С.О.Костишева, С.Ю.Боева та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – С. 3-10, 11-14, 35-38, 61-73, 101-115, 139-152, 180-194, 222-239, 269-285.

3. Історія інженерної діяльності: курс лекцій для студентів усіх спеціальностей денного та заочного форм навчання / В.В.Морозов, В.І.Ніколаєнко – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – С. 34-53, 72-90, 90-94, 117-118, 120, 259-305, 308-331.

4. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки: навч. посіб. / Михайличенко О.В. – Суми: СумДПУ, 2013. – С. 6-13, 13-46, 46-68, 68-91, 154-163, 164-190.

5. Онопрієнко В.І. Історія української науки XIX–XX століть: навч. посібник / В.І. Онопрієнко. – Київ: Либідь, 1998. – С. 28-39, 47-79, 105-119, 120-127, 131-165, 204-211, 215-238, 414-421.

Додаткова література

6. Історія науки і техніки: навчальний посібник / О.О. Мельник, О.І. Лобода. – Мелітополь: ФО-Одноріг Т.В., 2018. – С. 11-22, 24-83, 86-112, 115-124, 124-131, 134-168, 170-181, 181-192, 195-254.

7. З історії української науки і техніки: хрестоматія-посібник / Співавт.-укладачі В.І. Онопрієнко, А.А. Коробченко, О.Я. Пилипчук, С.П. Руда, Л.П. Яресько. – Київ: Академія наук вищої школи України, 1999. – С. 3-7.

8. Захарків М.Р. Перегляд та узагальнення основних концепцій інформаційного суспільства / М.Р. Захарків // Гілея: науковий вісник. – Вип. 48. – 2011. – С. 305–308.

9. Згуровский М.З. Киевские политехники – пионеры авиации, космонавтики, ракетостроения / М.З. Згуровский; НТУУ «КПІ». – Киев: НТУУ «КПІ», 2011. – 276 с. (Режим електронного доступу: <http://kpi.ua/files/zgurovsky-book-aviation.pdf>).

10. Зеркалов Д.В. НТУУ «КПІ». Минуле і сьогодення [Електронний ресурс]: монографія / Д.В. Зеркалов. – Київ: Основа, 2012. (Режим електронного доступу:

http://www.zerkalov.kiev.ua/sites/default/files/ntuu_kpi._minule_i_sogodennya._monografiya.pdf).

11. Історія формування та визначальні тенденції в розвитку освіти, науки, техніки як фундаментальних основ життя українського народу // Історія України (Соціально-політичні аспекти): навч. посіб. / Заг. ред. Б.П. Ковальського. – Ч. IV. – Київ, 2007. – С. 53–55, 55-58, 60-72, 89-98.

12. Історія інженерної діяльності: навчальний посібник / С.В. Подлесний, Ю.О. Єрфорт, В.М. Іскрицький. – Краматорськ: ДДМА, 2004. – С. 10-16, 17-30, 46-47, 47-71, 77-83, 88-11, 110-113. (Режим електронного доступу: http://www.dgma.donetsk.ua/metod/texmex/iid/navch_pos.pdf).

13. Історія інженерної діяльності: підручник / Р.Д. Іскович-Лотоцький, І.В. Севостьянов. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – С. 9-29, 29-35, 35-45, 45-52.

14. Історія науки і техніки України / [Дещинський Л.Є. та ін.]; за наук. ред. Л.Є. Дещинського. – Львів: Растр-7, 2011. – С. 10-22, 23-45, 47-72, 123-128, 130, 144-147.

15. Історія української культури: курс лекцій / Під заг. ред. С.О. Костилюєвої. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – С. 28-53, 69-77, 92-98, 104-105, 115-126, 135-143, 164-165, 172-173, 178-179, 196-199, 218-222, 253-254, 262-263, 272-293, 303-315.

16. Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. – К.: Кондор, 2006. – С. 12-16, 18-20, 32-35, 204-205.

17. Литвинко А.С. Ключова роль історії науки для формування світогляду науковця та підвищення якості вищої технічної освіти / А.С. Литвинко, Л.П. Пономаренко // Наука та наукознавство. – 2006. – № 2. – С. 76–84.

18. Марцин В.С. Основи наукових досліджень: навчальний посібник / Марцин В.С., Міценко Н.Г., Даниленко О.А. та ін. – Львів: Ромус-Поліграф, 2002. – С. 8-16.

19. Міжнародне співробітництво (НТУУ «КПІ»): [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kpi.ua/links>.

20. Мудрук О.С. Особливості досліджень у царині історії науки і техніки / О.С. Мудрук // Дослідження з історії техніки. – Вип. 7. – 2005. – С. 3-7, 11-14, 20-21.

21. Петровська І.О. Вузівська наука в Україні: стан, порівняння, перспективи / І.О. Петровська, І.В. Дульська // Вісник МНТУ. – Серія Економіка. – № 3 (7). – 2012. – С. 18-22.

22. Скляр П. Деякі проблеми гуманізації вищої технічної школи / П. Скляр // Соціальна психологія. – 2005. – № 4 (12). – С. 121–130. (Режим електронного доступу: <http://politik.org.ua/vid/magcontent.php3?m=6&n=41&c=818>).

23. Сова В.В. Стан та тенденції розвитку інформаційного суспільства в Україні / В.В. Сова // Формування ринкових відносин в Україні. – К., 2011. – № 5 (120). – С. 36–45.

24. Співробітництво України та ЮНЕСКО: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://unesco.mfa.gov.ua/ua/ukraine-unesco/cooperation>.

25. Федоренко І.В. Питання щодо умов створення в Україні науково-технічних шкіл у середині ХХ століття / І.В. Федоренко // Дослідження з історії техніки. – 2009. – Вип. 11. – С. 63-70. (Режим електронного доступу: <http://journal.museum.kpi.ua/archive/2009-vol-11/proceedings-2009-vol-11-page-063-070.pdf>).

Інформаційні ресурси

Режим доступу:

<http://www.nas.gov.ua> – Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва.

<http://www.nbuuv.gov.ua/portal/natural/nnz/index.html> – Сайт Національної бібліотеки України ім. В. І. Вернадського, архів міжнародного наукового журналу «Наука та наукознавство».

http://pamjatky.org.ua/?page_id=685 – Архів номерів журналу «Питання історії науки і техніки».

<http://www.epochtimes.com.ua/science/> – Велика епоха. Наука.

<http://www.history.com.ua/index.shtml> – Український історичний портал.

<http://s-osvita.com.ua> – Сучасна освіта в Україні і за кордоном.

<http://n-t.ru/tp/it/> – История техники. Статьи.

http://ukrainiancomputing.org/PHOTOS/Memorial_u.html – Історія розвитку інформаційних технологій в Україні. Європейський віртуальний комп'ютерний музей.

Навчальне видання

Лебедєв Ігор Касьянович
Ігнатова Людмила Русланівна
Махінько Анна Іванівна

ІСТОРІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ

**Навчально-методичні матеріали
для студентів факультету прикладної математики**

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання А. Корнієнка

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК № 5354 від 25.05.2017 р.
просп. Перемоги, 37,
м. Київ, 03056

Підп. до друку 23.07.2021. Формат 60×84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура Times.
Спосіб друку – електрографічний. Ум. друк. арк. 7,44. Обл.-вид. арк. 10,8.
Наклад 50 пр. Поз. 21-1-2-009. Зам. № 21-092.

Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського
вул. Політехнічна, 14, корп. 15
м. Київ, 03056
тел. (044) 204-81-78