

## ТЕХНІЧНІ ЗНАННЯ І НАУКИ В КОНТЕКСТІ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ: МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України

*У статті розглядається специфіка взаємодії науки і техніки в період промислової революції в Європі XVIII – початку XIX ст., становлення такої організаційної форми діяльності по виробництву і застосуванню науково-технічних знань як спеціалізована лабораторія, виникнення, інституціоналізація та диференціація технічних наук.*

### Вступ

Промислова революція – перехід від переважно аграрної економіки до індустріального виробництва, в результаті якого відбувається трансформація аграрного суспільства в індустріальне. Промисловий переворот відбувався в різних країнах не одночасно, але в цілому можна вважати, що період, коли відбувалися ці зміни, починався від другої половини XVIII ст. і тривав до другої чверті XIX ст. [1]. Характерною рисою промислової революції стало стрімке зростання продуктивних сил на основі крупної машинної індустрії і затвердження капіталізму як пануючої світової системи господарства. Термін «промислова революція» був введений в науковий обіг видатним французьким економістом Ж. Бланкі.

Промислова революція пов'язана не просто з процесом масового застосування машин, але й зі зміною всієї структури суспільства. Вона супроводжувалася різким підвищенням продуктивності праці, швидкою урбанізацією, початком швидкого економічного зростання (до цього економічне зростання, як правило, було помітним лише в масштабах століть), історично швидким збільшенням життєвого рівня населення. Промислова революція дозволила впродовж життя всього лише 3-5 поколінь перейти від аграрного суспільства (де більшість населення вела натуральне господарство) до сучасної міської цивілізації. Головна ланка промислової революції – машинне виробництво.

### Постановка завдання

Проблеми обміркування технологічного розвитку, промислових і науково-технічних революцій знайшли значне місце в соціальній філософії, політичній економії, історії науки і техніки, епістемології науки, починаючи з праць А.Сміта і К.Маркса і до великого масиву публікацій радянських авторів. В статті ставиться більш конкретне питання про організаційне забезпечення промислової революції в Європі з боку науки і про трансформацію наукового впливу на рушійні сили науково-технічного розвитку.

### Основна частина

Початок промислової революції пов'язують з винаходом ефективного парового двигуна у Великій Британії у другій половині XVIII ст. Хоча сам по собі подібний винахід навряд чи щось би дав (необхідні технічні рішення були відомі й раніше), але на той період англійське суспільство було підготовлене до використання інновацій в широких масштабах. Це було пов'язано з тим, що Англія на той час перейшла від статичного традиційного суспільства до суспільства з розвиненими ринковими

стосунками й активним підприємницьким класом. Крім того, Англія мала в своєму розпорядженні достатні фінансові ресурси (оскільки була світовим торговим лідером і володіла колоніями), виховане в традиціях протестантської трудової етики населення і ліберальну політичну систему, в якій держава не пригнічувала економічну активність.

Промислова революція у Великій Британії почалася з текстильної промисловості [1]. Винахід в 1733 р. летючого човника збільшив попит на прядиво. У 1738 р. було створено машину, що пряла нитку без участі людських рук. У 1771 р. в Кромфордї поблизу Дербі почала працювати прядильна фабрика Аркрайта, де такі машини приводилися в рух водяним колесом. До 1780 р. в Англії налічувалося 20, а ще через 10 років – 150 подібних прядильних фабрик і на багатьох з цих підприємств працювало по 700-800 чоловік.

Потім водяне колесо почали замінювати паровою машиною. У період з 1775 по 1800 рр. заводи Уатта і Болтона в Сохо випустили 84 парових машини для бавовняних фабрик, 9 машин – для шерстяних фабрик, 30 – для кам'яновугільних копалень, 22 – для мідних копалень, 28 – для металургійних заводів [2, с. 61-62]

Збільшення числа машин викликало підвищену потребу в металі, що вимагало розвитку металургії. У 1735 р. Дарбі вперше освоїв виплавку чавуну на кам'яному вугіллі замість деревного вугілля. У 1784 р. Генрі Корт розробив процес пудлінгування. Розгорнулося спорудження каналів, що дозволяли перевозити вугілля й метали.

У 1810 р. в Англії налічувалося 5 тис. парових машин, а впродовж наступних 15 років їхнє число потроїлося. До середини XIX століття ручне ткацтво у Великобританії майже абсолютно зникло. У текстильній промисловості велику роль зіграв так званий селфактор, що забезпечив механізацію прядильних процесів.

З 1830 по 1847 р. виробництво металу в Англії зросло більше, ніж у 3 рази. Застосування гарячого дуття при плавці руди, що почалося в 1828 р., втричі скоротило витрату палива і дозволило використовувати у виробництві нижчі сорти кам'яного вугілля. З 1826 по 1846 р. експорт заліза й чавуну з Великобританії збільшився у 7,5 разів.

Промислова революція вважається завершеною з появою машинобудування, коли машини виробляють машини. Це означало створення стругальних, токарних, фрезерних, штампувальних верстатів.

Величезне значення мала поява залізниць. Перший паровоз був побудований в 1804 р. Річардом

Тревітіком. У подальші роки багато інженерів намагалися створювати паровози, але найвдалішим з них виявився Георг Стефенсон, який у 1812-1829 рр. запропонував декілька вдалих конструкцій паровозів. Його паровоз був використаний на першій у світі залізниці суспільного користування з Дарлінгтона до Стокtonу, відкритій у 1825 р. Після 1830 р. у Великій Британії почалося швидке будівництво залізниць.

Промислова революція супроводжувалася й тісно з нею пов'язаною виробничою революцією в сільському господарстві, що вела до радикального зростання продуктивності землі і праці в аграрному секторі. Без другої перша просто неможлива в принципі, оскільки саме виробнича революція в сільському господарстві забезпечує можливість переміщення значних мас населення з аграрного сектору в індустріальний.

Хоча на перших своїх стадіях зміни в технічних прийомах, що породжувалися потребами економіки, могли відбуватися і дійсно відбувалися без втручання науки, часто траплялося, що навіть просте проходження по второваних шляхах призводило до непередбачуваних труднощів, усунути які можна було лише з допомогою науки. Так, наприклад, виснаження такого природного джерела постачання як рослинні фарбники, могло бути наслідком простого розширення виробництва тканин; тим самим виникав попит на штучний їх заміник, який міг бути винайдений лише за допомогою науки. Така допоміжна роль науки в промисловості була замінена в ході промислової революції більш позитивною. Ідеї, що зароджувалися в надрах самої науки, знаходили своє матеріальне втілення і розвиток в нових галузях промисловості. Першою і найважливішою з цих втілених ідей з'явилася парова машина початку XVIII ст. Починала складатися нова, заснована на грошовому обміні, форма суспільства, яке, на відміну від середньовічного суспільства з його нерухомим статусом і соціальною відповідальністю, спиралося на свободу і особисту ініціативу. Це суспільство, хоча блага його й обмежувалися певним класом і певною країною, вимагало для свого вираження та обґрунтування нові ідеї. Воно знайшло їх, головним чином, в методах і результатах досягнень нових наук, тоді як останні зазнавали глибокого, хоча й неусвідомленого впливу пануючих суспільних поглядів на формулювання наукових теорій.

Промислова революція XVIII ст. була пов'язана з науковою революцією XVII ст., хоча між ними не було безперервної спадкоємності. Проте, між цими двома періодами існує помітна якісна відмінність. Протягом першого з них прорив був здійснений переважно у сфері розуміння, протягом другого – в області практики. До певної міри пізнання й уміння йшли паралельно, рухомі самостійними внутрішніми чинниками, хоча й постійно впливаючи одна на одну, особливо в періоди швидкого прогресу. До кінця XVII ст. почав давати знати третій, економічний, фактор – поява капіталізму в промисловості. Саме у ньому слід шукати причини для переходу науки XVII ст. – математичної, астрономічної, медичної – до науки

XVIII ст. – хімічної, термічної, електричної [3, 4].

Наука за цей час пройшла шлях від завершення створення великої будови у ньютонівській фізиці до таких самих великих синтезів Фарадея і Максвелла в області фізики, Лавуазьє та Ю. фон Лібіха – в галузі хімії, Ч.Дарвіна і Л.Пастера – в області біології.

Універсальний паровий двигун Дж.Уатта, сельфактор, верстат для візерункового ткання Ж.М.Жаккара і багато інших машин «першої хвилі» промислової революції були вершиною технічного знання, заснованого на емпіричному природознавстві. Їх подальший розвиток міг бути здійснений лише за допомогою теоретичного мислення, шляхом синтезу наукових знань про природні та штучно створювані властивості технічних засобів, синтезу, результату якого не може бути зведеним до простої суми елементів, що беруть участь у ньому. Вже в кінці XVIII – початку XIX ст. дітища технічної емпірії – машини – зажадали уваги науки.

Класичним прикладом того, як це відбувалось, може служити історія розвитку теоретичної основи теплотехніки – термодинаміки. Як колись Архімед абстрагувався від блоків, балок та інших технічних пристроїв, розглядаючи центри ваги узагальнених геометричних фігур, а Ньютон – від реальних силових дій і предметів, так і творець термодинаміки Саді Карно (1796-1832) почав з того, що абстрагувався від конкретних конструкцій парових двигунів.

С. Карно, відзначав Ф. Енгельс у «Діалектиці природи», створив ідеальну парову машину, її теоретичну модель [4, с. 543-544]. Цей специфічний для наукового пізнання творчий акт принципово відрізняє науково-технічну творчість Карно як від технічної творчості Уатта, Картрайта та інших талановитих техніків-винахідників XVIII-XIX ст., так і від робіт фізиків-експериментаторів цього часу. Підхід Карно вимагав вже не лише знань про засоби, можливості та способи функціонування штучних технічних пристроїв, але й теоретичного аналізу фізичних принципів, реалізованих в їх конструкції. Ідеальна парова машина Карно зводила реальні парові машини з їх штучно створеними властивостями і функціями до системи фізичних величин, а конструктивно забезпечувана взаємодія частин реальної машини – до фізичних процесів, що у них протікають. Інженерові потім належало зробити зворотний перехід – від знання виявлених при аналізі теоретичної моделі особливостей фізичних процесів до конкретної, реальної конструкції, що втілювала в собі це знання. Взаємодія цих двох видів знання, їхній синтез, і являється технічною наукою як областю специфічного пізнання. Вже починаючи з середини XIX ст. такий підхід забезпечив швидке зростання машинної техніки.

Обумовлена соціальними причинами, дія промислової революції XVIII ст. на техніку почалася переворотом у технологічних засобах одного класу – саме в робочих машинах, – що потім значно посилилася переворотом у машинах-двигунах. Крупні технічні винаходи, як і наукові відкриття,

здатні викликати «ланцюгову реакцію» удосконалень. Цей лавинний процес, що захопив спочатку суміжні, а потім і достатньо віддалені сфери технічного знання і діяльності, і призвів, власне, до революційного перевороту в усій промисловості XVIII-XIX ст.

Наступним кроком у технічній революції стає виникнення і розвиток систем машин [5, с. 389-393, 442-443]. В організації технологічного процесу на зміну ремісничим майстерням і мануфактурі приходить фабрика. Перші машини, що поклали початок промислової революції, могли бути й дійсно були створені на базі знань і умінь, які дісталися від попередніх періодів розвитку техніки. У технічній і науково-технічній базі, що послужила передумовою технічної революції в мануфактурній промисловості, вочевидь переважало емпіричне знання. Все це досить переконливо демонструє історія створення текстильної техніки та універсального парового двигуна Уатта.

Класична механіка Ньютона, досягнення великих природодослідників і математиків XVIII-XIX ст. створили для формування спеціалізованих технічних наук необхідні наукові передумови, включаючи стиль мислення, наукові методи й ефективний понятійний та математичний апарат дослідження кількісних характеристик причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей. Але ці області знання самі по собі не могли забезпечити вирішення конкретних технічних завдань, що народжувалися в процесі промислової революції. Завдання полягало в тому, щоб не лише застосувати природничонаукові та математичні знання для дослідження технічної проблематики, але й певним чином переробити, переформулювати їх, пристосувати для практичного використання у сфері створення й застосування техніки, включити їх до історичної системи технічного знання, що склалася. Розробка та впровадження науково-технічного знання виявилися включеними в цільову установку й структуру технічної діяльності, склали в ній нову підсистему – науково-технічну діяльність. Матеріальне виробництво, технічна діяльність стали виступати безпосередніми замовниками і споживачами науково-технічного знання. Разом з тим, нові сфери застосування наукового знання і специфічні науково-технічні проблеми, що виникали в них, призвели до подальшого розвитку науки, до формування в ній відносно самостійної підсистеми науково-технічного знання і діяльності з його виробництва та застосування.

Від початку середньовіччя до останньої третини XVIII ст. основною формою організації технологічного процесу була проста кооперація праці. Перші технологічні машини, що застосовувалися до того ж спорадично, відігравали ще й другорядну роль: основою мануфактури залишалося ремісниче мистецтво, доведене до високого ступеня спеціалізації. Перші машини, які поклали початок промислової революції, могли бути й дійсно були створені на базі знань і умінь, що дісталися від попередніх періодів розвитку техніки. У технічній і науково-технічній базі, що послужила передумовою технічної революції в мануфактурній

промисловості, явно переважало емпіричне знання. Однак подальше вдосконалення цих машин, істотне підвищення їхньої продуктивності та інших технічних характеристик зажадали принципово іншого підходу. Технічні завдання революційного періоду вже не могли бути вирішені на основі використання одного тільки накопиченого досвіду, здорового глузду і початкового узагальнення емпіричних даних. Назріло глибше пізнання природних сил і явищ природи, що використовувалися в технічних пристроях і технологічних процесах. Поява принципово нових завдань у будь-яких сферах людської діяльності спричиняє формування відповідних спеціалізованих областей знання, необхідних для вирішення проблем, що виникають.

Провідною організаційною формою діяльності по виробництву і застосуванню науково-технічних знань стає спеціалізована лабораторія. Орієнтовані на отримання знань, придатних для конкретних практичних застосувань, лабораторії найбільш повно відповідали дисциплінарній структурі науково-технічного знання і галузевій структурі машинізованого матеріального виробництва, що швидко розвивається в цей період. У цих рамках забезпечувалися умови для реальної взаємодії наукового аналізу з технічно оснащеним експериментальним дослідженням, експериментальної перевірки наукових ідей і висновків шляхом конструювання й виготовлення зразків технічних засобів, які опредметнювали ці ідеї.

Вже у XVIII ст. лабораторії науково-технічного профілю були створені не лише при академіях, урядових закладах, але й безпосередньо на мануфактурах, фабриках, металургійних заводах. Причиною розквіту лабораторій була потреба в особливій організаційній формі науково-технічної діяльності, спеціально пристосованої для експериментальної перевірки й практичного впровадження теоретичних результатів науки в промислове виробництво. При всій різноманітності нових напрямів науково-технічних досліджень в них і в XIX ст. зберігалися два основних типи спеціалізації продукованих знань, що сформувалися раніше: з наукової проблеми та з технічного об'єкту [2, с. 71-72].

В порівнянні з технічними науками механічного й теплотехнічного циклів електротехнічна наука і дисципліни, що відносяться до неї, формувалися в період, коли технологічне застосування фізики (головним чином механіки й теплотехніки) та хімії стало визнаним засобом підвищення ефективності техніки й матеріального виробництва. Електротехніка виникла під впливом потреб матеріального виробництва в тісному взаємозв'язку з технічною діяльністю суспільства, що розвивалося. Але, на відміну від технічних наук механічного циклу, предмет науково-технічного знання в даній галузі сформувався не в процесі тривалої практичної діяльності, а в результаті експериментальних досліджень магнетизму й електрики, що розгорнулися в кінці XVIII – першій половині XIX ст.

У період становлення електротехніки в дослідженнях електромагнетизму на першому плані знаходилася проблема створення електричного двигуна, здатного конкурувати з паровою машиною. Завдання створення двигуна з кращими, ніж у парової машини, технічними й техніко-економічними характеристиками випливало з реальних запитів промисловості, що швидко розвивається. Після робіт Х.К.Ерстеда, М.Фарадея і розробки перших лабораторних моделей електричних двигунів, що приводилися в рух струмом від гальванічних батарей, потенційні можливості електротехніки в даній області здавалися очевидними, і створення практично придатного електродвигуна обґрунтовано пов'язувалося з розвитком теорії електромагнетизму. Винаходи в цій галузі відбувались один за одним. Органічний взаємозв'язок природничонаукових і науково-технічних знань в електротехніці стає особливо помітним в середині і другий половині XIX ст., коли перед творцями технічних засобів виникли завдання нового класу.

Роль теорії в технічному прогресі електротехніки в середині-третьої чверті XIX ст. стає все більш важливою, оскільки до цього часу вже нараховувалося безліч різновидів конструкцій електромагнітних і магнітоелектричних машин, що мали різні індивідуальні характеристики. Назріло завдання встановлення узагальнюючих показників електричних машин, вироблення таких теоретичних знань, які можна було б покласти в основу інженерних методів розрахунку конструкцій нових технічних засобів.

Для історії становлення електротехніки як технічної науки особливо важливо, що взаємопов'язаний та взаємообумовлений розвиток науково-дослідних і конструкторських робіт спирався на організацію відповідних інститутів, які забезпечували підготовку наукових та інженерно-технічних кадрів, а також проведення науково-технічних досліджень у безпосередньому зв'язку з промисловим виробництвом [2, с. 78-82].

Розвиток комплексу природничих (зокрема фізичних) і науково-технічних знань, необхідних для вдосконалення конструкції та підвищення ефективності електротехнічних засобів, не може бути відірваним від технічної практики впродовж всієї історії технічних наук електротехнічного циклу. Однією з найважливіших передумов виникнення електротехнічної науки стали лабораторні дослідження природничонаукового характеру, що обумовили не лише принципи будови нових технічних засобів, але й знання про фундаментальні явища природи, не змінює принципової схеми її формування, загальної для всіх технічних наук. Ця особливість розвитку передумов технічних наук електротехнічного циклу виявляється, головним чином, на етапі їхньої передісторії. Технічні науки й дисципліни виникають на тому етапі розвитку електротехніки, коли для її практичного використання й подальшого прогресу стало необхідним систематичне технологічне застосування природознавства, з усіма наступними практичними заходами зі спеціального кадрового,

організаційно-наукового, матеріально-технічного забезпечення [7].

Як і в технічних науках механічного циклу, в електротехніці проблемні та об'єктні спеціалізовані теорії формуються на базі експериментальних досліджень і описів конкретних явищ і конструкцій реальних технічних пристроїв шляхом теоретичного узагальнення і прямої асиміляції отриманих з практики даних і спостережень за допомогою математики та спеціально створюваного специфічного понятійного апарату.<sup>87</sup> Поряд з цим наукові знання про фізичні властивості і явища, що використовуються при створенні електротехнічних пристроїв зі заздалегідь заданими експлуатаційними характеристиками, включаються до цілісної системи спеціалізованих наукових знань різних рівнів спільності, утворюючи її фундаментальне ядро.

### Висновки

Диференціація технічної діяльності й науково-технічних знань у XVII-XIX ст. відобразилась у розвитку їх дисциплінарної структури за рахунок появи ряду нових дисциплін і встановлення нових зв'язків між ними [8]. Основною сферою безпосереднього практичного використання науково-технічного знання стала галузь машинізованого матеріального виробництва. Відповідно до цілей машинного виробництва і формувалася система спеціалізованого науково-технічного знання та інституціоналізованої професійної діяльності з розробки та застосування цього знання, включаючи викладання та забезпечення всіх видів, форм і фаз науково-технічних досліджень. Вже в кінці XIX ст. можна було виділити три такі основні фази: науково-дослідницька та експериментальна розробка, конструювання й технологічна підготовка і, нарешті, власне, виробництво. Практика виділила нове розчленування науково-технічного знання: за рівнем теоретизування і пов'язаний з ним формі його фіксації або уявлення – тут розрізняються рівні технічних теорій, інженерних методів і, нарешті, нормативно-технічних знань, і за об'єктом – розрізнялися знання про матеріали, технологічні процесах і про енергію (способи її отримання, передачі, перетворення й використання).

### Список літератури

1. Мелешенко Ю.С. Техника и закономерности ее развития. – Л.: Лениздат, 1970. – 246 с.
2. Козлов Б.И. Возникновение и развитие технических наук. Опыт историко-теоретического исследования. – Л.: Наука, 1988. – 240 с.
3. Волков Г.Н. Истоки и горизонты прогресса. Социологические проблемы развития науки и техники. – М.: Политиздат, 1976. – 335 с.
4. Волков Г.Н. Социология науки. Социологические очерки научно-технической деятельности. – М.: Политиздат, 1968. – 328 с.
5. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – М.: Госполитиздат, 1955. – Т. 20. – 615 с.
6. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – М.: Госполитиздат, 1960. – Т. 23. – 907 с.
7. Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники. Уч. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 608 с.
8. Горохов В.Г. Методологический анализ научно-технических дисциплин. – М.: Высшая школа, 1984. – 112 с.

М.В. Оноприенко

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И НАУКИ В КОНТЕКСТЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В статье рассматривается специфика взаимодействия науки и техники в период промышленной революции в Европе XVIII – начала XIX в., становление такой организационной формы деятельности по производству и применению научно-технических знаний как специализированная лаборатория, возникновения, институционализация и дифференциация технических наук.

M. Onopriyenko

TECHNICAL KNOWLEDGE AND SCIENCES IN THE CONTEXT OF THE INDUSTRIAL REVOLUTION: METHODOLOGICAL ASPECT

There are examined the specificity of interaction between science and technique in a period of the industrial revolution in Europe in XVIII and early XIX centuries, formation of such organizational form of production and application of scientific and technical knowledge activity as a specialized laboratory, origins, institutionalization and differentiation of engineering sciences.