

ІСТОРІЯ ТЕХНІКИ

УДК 656.02(091)

Герман Г.П.

УЧАСТЬ ВІТЧИЗНЯНИХ ВЧЕНИХ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ПАРОВОЗІВ

В даній статті висвітлюються ідеї та методи експериментальних досліджень рухомого складу залізниць. Показана участь вітчизняних вчених у проведенні випробувань на різних етапах розвитку залізничного транспорту. Висвітлені проблеми, які виникали при проведенні досліджень та їх вирішення, а також проведено короткий історичний нарис розвитку вітчизняного паровозобудування.

Ключові слова: метод, локомотив, наука, техніка, залізничний транспорт.

Протягом усієї історії розвитку техніки залізничного транспорту велику роль в удосконаленні конструкції та експлуатації локомотивів відігравали експериментальні дослідження їх теплотехнічних і тягових якостей. Спочатку ці дослідження здійснювалися в умовах поїзної роботи паровоза. Такі дослідження дали матеріал для експлуатаційних розрахунків, але були непридатні для точних наукових досліджень. Через змінні умови, в яких доводилося працювати паровозу на лінії (змінність профілю, стан шляху, рухомого складу), дані таких досліджень щодо витрати води і палива не могли бути віднесені до якихось певних умов і представляли середні результати за поїздку, протягом якої режим роботи паровоза дуже змінювався. За ними неможливо було вибудувати витратні характеристики локомотива й оцінювати дійсну його економічність.

Вдосконалення паровоза, підвищення його економічної та експлуатаційної надійності, підвищення культури обслуговування та ремонту створюють важливе завдання. Вирішення його немислиме без глибокого знання теорії, без вмілого використання окремих теоретичних положень в конкретній ділянці проектування, в побудові та експлуатації паровоза. Теорія паровоза являє собою творчість багатьох видатних вітчизняних діячів науки і техніки. В процесі розвитку паровозної теплотехніки використовували три основних методи дослідження – емпіричний, напівемпіричний (теорія подібності та метод фізичного аналізу явищ) та встановлення аналітичного зв'язку між параметрами процесу (аналітичний метод).

Теорія подібності виявляє загальні фізичні й математичні принципи подібності явищ та розробляє методи узагальнення експериментальних даних, які знайшли при вивченні частих явищ на індивідуальних реальних об'єктах (зразках) й на моделях. Теорія подібності істотно скорочує кількість необхідних експериментів, але вона не в змозі розкрити фізичної суті явищ, котрі досліджують, при тому дана теорія ставить завдання

розробку саме таких методів, які виключають необхідність вирішення диференціальних рівнянь, котрі описують дані процеси.

Аналітичний метод дослідження є метод виявлення закономірностей, які характеризують процеси, котрі вивчаються (наприклад, теорія термодинамічних явищ, теорія теплопровідності й радіації, теорія руху в'язкої рідини та ін.). точне аналітичне вирішення багатьох конкретних завдань важко або практично не можливо, в зв'язку з чим розробляється наближена теорія явищ (наближений аналітичний метод), коли до складу змінних аналітичного рішення включаються важкі, але стабільні величини, котрі визначають лише експериментальним шляхом.

Емпіричний метод-дослідження є метод експериментального дослідження індивідуального устаткування (паровоз даної серії, конкретна гідравлічна система та ін.); ступень точності висновків емпіричного методу визначається ступенем точності експерименту. Однак, даний метод не в змозі здійснити узагальнення результатів дослідження індивідуального устаткування та розповсюдити їх на групи подібного устаткування та явищ.

Емпіричний метод теплового розрахунку паровоза був створений С.П. Сиром'ятниковим. Він, без сумніву, мав позитивний вплив на розвиток паровозної теплотехніки. Однак, незважаючи на простоту й загальну допустимість емпіричного методу, слід вважати, що цей метод не може слугувати основою глибоких наукових досліджень, бо він не передбачає всебічного фізичного аналізу явищ [1].

Перші експериментальні дослідження проводилися з аналізу теплової роботи паровоза. Вони були виконані вітчизняними вченими О.П. Бородіним та Є.Є. Нольтейном. Ідеї Нольтейна з теплового розрахунку паровозних котлів отримали подальший розвиток в працях академіка С.П. Сиром'ятникова. Слід урахувати, що передові вітчизняні вчені та інженери постійно прагнули до постановки наукових дослідів над паровозами, тому що вважали, що тільки на досліді перевіряється правильність того чи іншого теоретичного положення. Саме в Росії вперше стали проводитись дослідні поїздки паровозів з метою визначення їх тягових й експлуатаційних характеристик.

Понад сто років існування паровозів їхнє проектування було на низькому рівні, як у нас, так у більшості країн світу. Переважно воно зводилося до нескладних розрахунків окремих деталей та вузлів паровоза на міцність. Для того щоб виявити розмір котла й парової машини паровоза, що необхідні для досягнення заданої потужності, потрібно було вирішувати за допомогою науково необґрунтованих емпіричних залежностей, котрі не мали належного дослідного матеріалу, або ж шляхом простого зіставлення різноманітних вузлів з раніш побудованих паровозів. Розвитку наукового обґрунтування та проектування паровозів у ХІХ ст. перешкоджала відсутність систематичного вивчення роботи вже

побудованих паровозів і тих, що експлуатувалися.

Науково поставлені дослідження над паровозами були проведені інженерами О.П. Бородіним та Л.М. Леві у період 1882–1886 рр., у спеціально створеній лабораторії при Київських залізничних майстернях. Це була перша вітчизняна лабораторія. Однак при випробовуванні головну увагу приділяли вивченню роботи парової машини, а повне дослідження паровозного котла не проводилося. О.П. Бородін одним з перших зауважив, що наукові дослідження над паровозами можливі лише за умови постійної їх роботи. Бородін запропонував принципово новий метод дослідження локомотивів. Висунуте ним положення про необхідність збереження постійного режиму роботи паровоза на час здійснюваного дослідження став науковою основою подальшого розвитку експериментальних досліджень паровозів, що отримали результат у вигляді лабораторного і шляхового методів досліджень, зберегли своє значення до сьогодні і з успіхом застосовуються для випробовувань нових типів теплових локомотивів (тепловозів, газотурбовозів). Перекоаний у користі наукових методів дослідження при вирішенні практичних завдань, О.П. Бородін організував на Південно-західних залізницях механічну і хімічну лабораторії. За свідченням сучасників, Бородін не шкодував засобів на необхідне, навіть дуже дороге їхнє обладнання [2].

До 1910 р. вітчизняний паровозний парк складав 19,2 тис. одиниць, більша частина з них (67%) працювала за принципом «компаунд». Необхідність підвищення економічності паровозів привела до спроб застосувати на них машину, яка використовувала принцип подвійного розширення пари в двох циліндрах з різними діаметрами. Парові машини «компаунд», до застосування їх на паровозах, успішно працювали в стаціонарному та судовому устаткуванні. Такий принцип був розроблений у 1882 р. в київських майстернях Південно-західних залізниць. За ініціативою інженера О.П. Бородіна на одному з паровозів, який складався з простої двоциліндрової машини, її замінили машиною «компаунд». Цей локомотив, який використовувався як стаціонарна установка, піддали ретельному дослідженню. Було визначено, що машина «компаунд» на паровозах може дати економію пари 20% в порівнянні з машинами одноразового розширення. Ця економія залежала в основному від тривалості роботи машини в трьох режимах, для яких співвідношення об'ємів великого й малого циліндрів є оптимальним. Завдяки позитивним результатам досліджень машини «компаунд» приватні та казенні залізниці стали у великій кількості замовляти нові паровози з такою машиною. Був, звичайно, і недолік машини «компаунд» – вона була складною у використанні та особливо в ремонті.

У 1889 р. інженер служби тяги Управління Владикавказької залізниці В.І. Лопушинський спільно з конструкторами Коломенського машинобудівного заводу розробив проект потужного паровоза типу 0-4-0.

За основу прийнятий паровоз серії Ч^к, який був поширений на той час на вітчизняних залізницях, а також використовувався в оборонних цілях.

На паровозі, створеному Лопушинським, був застосований паророзподільний механізм Джоя із зовнішнім розташуванням куліси. У випробувальних цілях Коломенський завод випустив 10 паровозів такої серії. Проте, паровоз витрачав кількість палива більшу, ніж припускали розробники. Тому комісія МШС детально розглянула результати роботи паровозів, після чого були внесені конструктивні зміни в машину. Всі зміни виконувалися під керівництвом інженера С.І. Смирнова.

В період з 1900 по 1917 роки відбувся значний прогрес у підвищенні потужності паровозів, який базувався на розробках наукових основ їх проектування та експлуатації. Основною серією паровозів, які продовжували випускатися й були прийняті як «нормальний» тип стали паровози серії О^в. У 1912 р. такий паровоз, в якому був застосований паророзподільний механізм Вальсхарта, вважався стандартним типом локомотива для казенних залізниць. Паровоз серії О^в, який прозвали «овечка», виявився безвідмовною машиною, простий в ремонті та обслуговуванні. «Овечка» могла опалюватися вугіллям, мазутом, дровами й торфом.

В історії вітчизняного дореволюційного паровозобудування пасажирські локомотиви серії С завоювали репутацію швидкохідних та економічних. Розробив таку машину головний інженер Сорновського заводу Б.С. Малаховський. До інженерного складу під керівництвом Малаховського входили також В. Соколов і М. Ноткин, що створив власний тип пароперегрівника, який і був застосований на новому паровозі серії С. Технічна комісія МШС ухвалила побудову п'ятьох нових паровозів серії С типу 1-3-1, для випробовування цілей. Наприкінці 1910 р. вони були готові. Загалом, це був перший вітчизняний універсальний паровоз, який однаково придатний для кур'єрських, швидких, пасажирських, поштових та приміських поїздів. Він добре рушав з місця, потужність його котла була більше потужності парової машини, що забезпечувало тривале збереження попередньої швидкості. Малаховський жартома називав свій локомотив «гончей собакой». При випробуваннях з іншими вітчизняними паровозами локомотив Малаховського показував кращі результати швидкості, економічності та плавності ходу [3].

Багато вітчизняних вчених займалися розробкою застосування на паровозах пароперегрівників. Були створені пароперегрівники В.І. Лопушинського, М.М. Ноткіна, О.О. Слуцкого, С.М. Чусова, О.Н. Шелеста та інших. Проте, значне розповсюдження на вітчизняних паровозах отримали пароперегрівники Ноткіна, Неймайєра та особливо Чусова. Введення перегріву пари значно підвищило економічність паровозів, скоротило витрату води та палива.

До кінця 1912 р., чотиривісні паровози не могли відповідати вимогам

зростаючих обсягів перевезень. Потрібний був локомотив для важкої поїзної роботи, швидкість при цьому не грала вирішальної ролі. Насамперед потрібно було піклуватися про економічність, силу тяги, здатність проходити повороти залізничного полотна малого радіусу, а також про простоту експлуатації та ремонту. Такий проект товарного паровоза розробив В.І. Лопушинський. Проект був розглянуто комісією рухомого складу та тяги під керівництвом професора М.Л. Щукина. «Щукинська комісія», як її називали, досконало вивчила конструкцію пропонуваного локомотива та згодом передала проект Луганському паровозобудівному заводу. У 1911 р. луганські конструктори закінчили розробку креслень, а через півроку зі складального цеху вийшов перший потужний вантажний паровоз типу 0-5-0 серії Э. За конструкцією та експлуатаційними якостями цей локомотив виявився одним із кращих вітчизняних паровозів. Особливо добре на паровозі такої серії була спроектована екіпажна частина. Третя колісна пара – ведуча, без гребеня, друга й п'ята мали невелике переміщення щодо рами. Така комбінація вперше у світі запропонована для паровозів з колісною формулою 0-5-0 вітчизняними інженерами. Вона виявилася настільки вдалою, що впродовж 40 років випуску цих локомотивів не змінювалася.

Опісля 1900 р. подальший розвиток експериментальних досліджень було продовжено в роботах «Контори дослідів над паровозами», якою керував професор Ю.В. Ломоносов. До 1917 р. вітчизняні інженери–паровозники розробили вдосконалену методику дослідів паровозів в експлуатаційних умовах. Саме у період 1900–1916 рр. головна увага приділялася паровій машині й тяговим характеристикам паровозів, також почалося більш повне дослідження теплової роботи паровозних котлів з використанням різноманітних сортів палива – нафти, вугілля, дров й торфу під час експлуатації. За весь час існування «Контори дослідів» був накопичений матеріал, який за своїм обсягом та науковою цінністю перевершував, на той час, закордонні роботи в даній галузі. Висновки та результати теплотехнічних спостережень та замірів, які проводилися під час випробовувань, не отримали жодного систематичного узагальнення. Саме з переробки дослідного матеріалу почалась робота молодого інженера С.П. Сиром'ятникова, яка продовжувалася понад тридцять років. Перші наукові розробки С.П. Сиром'ятникова стосувалися слабо розроблених питань теорії теплової роботи паровоза. Тому у 1917 р. виходить його стаття, яку він присвятив критичному аналізу формул для виявлення теплопередачі в паровозному котлі. Після копіткої роботи над дослідним матеріалом у 1923 р. Сиром'ятников видає роботу «Термическое исследование рабочего процесса паровозной машины», присвячену розробці досліджень над типами існуючих паровозів. В цій роботі Сиром'ятников уперше узагальнив матеріал «Контори дослідів над паровозами», які проводив проф. Ломоносов у період 1900–1916 рр. на

вітчизняних залізницях з різними типами паровозів.

Розробка та наукове узагальнення дослідного матеріалу надали змогу Сиром'ятникову побудувати систему розрахунків, яка дозволила глибоко проаналізувати теплові процеси в існуючих, на той час, паровозах та дати правильний прогноз їх використання за нових конструктивних форм і співвідношень. Враховуючи розвиток та досягнення теплотехнічної думки, введення в експлуатацію нових конструкцій, поповнення нового дослідного матеріалу по дослідженню роботи паровозних котлів та машин, а також нові, прогресивні методи експлуатації паровозів, С.П. Сиром'ятников систематично виправляв та вдосконалював методику теплового розрахунку паровоза, охоплюючи все більше й більше запитань. У багаточисельних роботах Сиром'ятникова освітлені різноманітні питання теплової роботи котла та парової машини паровоза, їхнього проектування та найбільш раціонального використання паровоза як рухомого теплосилового устаткування в експлуатаційних умовах. Саме ці роботи найшли своє відображення в основній праці академіка С.П. Сиром'ятникова – «Тепловий процес паровоза». Вперше вона вийшла у 1926 р. як нове теоретичне та експериментальне дослідження. У передмові Сергій Петрович писав: «Раціональне проектування й правильне експлуатування теплосилового устаткування, а особливо таких складних агрегатів, як паровоз, неможливо без ґрунтовного вивчення теоретичних й експериментальних умов їхньої роботи. В цьому відношенні стаціонарна теплотехніка йшла увесь час попереду паровозної, тільки останнім часом великі експериментальні роботи з паровозами в Америці, Англії та особливо в Росії пролили світло на виявлення робочого процесу паровозного котла. Усе це стало міцною базою для розробки наукових обґрунтувань формул розрахунків окремих елементів паровоза (котел, пароперегрівник, водопідігрівник, машина) та правильних методів його експлуатації» [4].

Розвиток теорії паровозів був основою тягових розрахунків, котрі створювалися впродовж багатьох років вітчизняними інженерами–тяговиками та були викладені також в капітальних працях таких вчених, як О.М. Бабичкова та В.Ф. Єгорченка. В науці про тягу поїздів розглядалися якості паровозів та інших локомотивів як тягових машин, що послугувало науковою основою для раціонального використання різних типів локомотивів в експлуатації. Створена С.П. Сиром'ятниковим теорія теплового процесу паровоза, покладена за основу проектування всіх паровозів та являє собою велике досягнення вітчизняної науки [5].

Після відновлення залізничного транспорту, яке закінчилося у 1926 р. швидко почала розвиватися вітчизняна промисловість. Вона вимагала підвищення вантажних і пасажирських перевезень. Намагаючись покращити стан паровозного парку, С.П. Сиром'ятников розробляє ідеї по створенню паровозів для вітчизняних залізниць. У 1926 році виходить його

стаття «Какие паровозы должны строиться для дорог СССР», присвячена якраз цьому питанню [6].

Сиром'ятников почав розробляти конкретні питання з побудови паровозів, котрі б задовольняли нашим вимогам. Перш за все Сергій Петрович звернув увагу на існуюче в країні низькоякісне паливо й тому дійшов до висновку, що потрібно проектувати паровозні топки з великою площею колосникової решітки. Разом з тим він підкреслив, що необхідно підвищувати економічність паровозів. Саме для підвищення економічності паровозів треба використовувати, по-перше, - підігрів живильної води, що дає економію палива 10-15%; по-друге, для підвищення економічності парової машини використовувати два шляхи – компаунд та перегрів пари. В свою чергу компаунд підвищує к.к.д. на 15-20%, а високий перегрів пари економить до 40% палива. Також в компаунд-машині при послідовному розширенні пари виникає посилене пом'якшення пари, що дає втрату тиску при переході з одного циліндру на інший та веде паровоз до значного зменшення потужності. Перегрів пари, навпаки, сягає найбільшої величини на великих швидкостях, що й забезпечує економію витрат води й палива. Тому він виявив, що для вантажних перевезень краще застосовувати компаунд-машини, а для пасажирських – з високим перегрівом пари; по типу паровозів слід будувати 1-5-0, 1-5-1 для вантажних, що дозволяє розмістити велику топку, та 2-3-1, 1-3-2 («Пасифік» серія Л) для пасажирських перевезень [7].

Загалом коли будували паровози, то перш за все робили розрахунки та теоретичні узагальнення конструкції. Жодна деталь, жоден розмір локомотива не був довільним, вибір їх обов'язково обумовлений тими чи іншими міркуваннями конструктора. Але при проектуванні та при введенні окремих змін у конструкцію паровоза, буває неможливо врахувати усіх особливостей роботи кожної деталі й усіх змін у процесі роботи паровоза. Тому єдиною перевіркою працездатності й доцільності конструкції, а також передумовою для її створення було експериментальне дослідження роботи паровоза.

Експериментальні дослідження були спрямовані на підвищення потужності, створення оригінальних конструкцій паровозів, вдосконалення та покращання їх теплотехнічних і експлуатаційних характеристик. Такими дослідженнями займалися вчені та інженери, залізничники усього світу. Тенденції світового розвитку паровозобудування показали, що як вітчизняні так і закордонні вчені постійно прагнули підвищити теплотехнічні показники паровозів. Намагалися створювати досконалі конструкції пароперегрівників, повітропідігрівників, водопідігрівників та інших вузлів паровозів для економічного їх використання.

Література

1. Бартош Е.Т. К вопросу о применении теории подобия в паровой теплотехнике / Е.Т. Бартош // Техника железных дорог.–1953.–№6. – С. 21.
2. Шатаев В.М. Творчість О.П. Бородіна в контексті розвитку техніки рухомого складу залізниць України (друга половина ХІХ ст.) [Текст] : канд. істор.наук. : 07.00.07 : захищена 11.02.1999 : затв. 2.07.1999 / Шатаєв Віктор Миколайович. – К., 1999. – 168 с.
3. Бережняк Г.П. Діяльність академіка Сергія Петровича Сиром'ятникова в контексті розвитку вітчизняного паровозобудування (перша половина ХХ ст) [Текст] : канд. істор.наук. : 07.00.07 : захищена 18.03.2010 : затв. 14.04.2010 / Бережняк Ганна Петрівна. – К., 2010. - С. 112-113.
4. Сыромятников С.П. Термическое исследование рабочего процесса паровой машины / С.П. Сыромятников // Техника и экономика путей сообщения. – 1923. – №5. – С. 246–273.
5. Сыромятников С.П. Тепловой процесс паровоза / С.П. Сыромятников. – Москва : Гостехиздат, 1926. – 206 с.
6. Михеев А.П. Эксплуатация локомотивов и локомотивное хозяйство /А.П. Михеев // Эксплуатация локомотивов. – Москва : Трансжелдориздат, 1950. Ч.1. – С. 19.
7. Сыромятников С.П. Какие паровозы должны строиться на дорогах СССР / С.П. Сыромятников // Техника и жизнь. – 1926. – №7. – С. 2–3.

Герман А.П. Участие отечественных ученых в экспериментальных исследованиях паровозов.

В данной статье освещаются идеи и методы экспериментальных испытаний подвижного состава железных дорог. Показано участие отечественных ученых в проведении исследований в разные периоды развития железнодорожного транспорта. Освещаются проблемы, которые возникали при проведении экспериментов и их решение, а также показан краткий исторический очерк развития отечественного паровозостроения.

Ключові слова: метод, локомотив, наука, техніка, залізничний транспорт.

German A.P. Participation of scientists in experimental studies of steam locomotives.

This article highlights the ideas and methods of the experimental tests of the rolling stock of Railways. Shows the participation of scientists in carrying out research in different periods of railway transport development. It highlights issues that arose during experiments and their solution, and also shows a short historical sketch of the development of locomotives.

Key words: method, locomotive, science, technology, railway transport.

УДК 930.625. (001:377)

Гурінчук С.В.

**КАВКАЗЬКЕ ВІДДІЛЕННЯ РОСІЙСЬКОГО ТЕХНІЧНОГО
ТОВАРИСТВА ЯК ОСЕРЕДОК ТЕХНІЧНОЇ ДУМКИ ПІВДЕННОГО
КАВКАЗЬКОГО КРАЮ**