

П.М. СУПРУНЕНКО – ОСНОВОПОЛОЖНИК НАУКИ ПРО РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

Пічкур К.А.

Державний університет інфраструктури та технологій

вул. Кирилівська, 9, 04211, м. Київ,

e-mail: pt1993@ukr.net

Тяга поїздів як одна із галузей залізничної науки охоплює велике коло питань, що відносяться до механіки руху поїзда і до використання потужності локомотива. В галузі механіки руху поїзда основними об'єктами вивчення і дослідження є: а) сили, які діють на поїзд (сила тяги, сили опору і гальмівні сили); б) методи розв'язку рівняння руху поїзда і методи тягових розрахунків, розрахунки ваги, швидкості і часу ходу поїздів, умов і результатів гальмування поїздів відповідно до різних умов експлуатації залізниць; в) визначення витрат енергії і з'ясування умов і заходів, що забезпечують мінімальні витрати енергії на одиницю роботи (тонно-кілометр).

Залізничні локомотиви слід розглядати як трансформатори, які перетворюють теплову і хімічну енергію палива у роботу сили тяги. Вивчення сили тяги локомотива вимагає знання усіх теплових і механічних процесів, пов'язаних із перетворенням енергії палива у роботу сили тяги.

У часи появи перших залізниць у Російській імперії, тобто в першій половині XIX ст., рівень знань в галузі математики і механіки був відносно високим, але достатньої наукової бази для досліджень теплових процесів не було, тому що термодинаміка і теорія машин були недостатньо розвинуті. Тому у першому періоді існування залізниць багато технічних питань вирішувалися не стільки на основі теорії, скільки на основі незначного досвіду, який лише формувався. Пізніше, в міру накопичення досвіду, його наукового обґрунтування і узагальнення, з'явилися перші наукові, теоретичні основи залізничної справи загалом і, зокрема її дуже важливої ділянки – тяги поїздів.

Перші систематизовані дослідження щодо визначення опору руху рухомого складу і потужності, яка реалізувалася паровозом в умовах експлуатації, були проведені у 1887 – 1889 рр. на Моршансько-Сизранській залізниці інженером В.І. Лопушанським [1]. Першим видатним дослідником дуже важливих питань залізничної справи і, зокрема в галузі тяги поїздів, був відомий вчений Микола Павлович Петров. Наукова та інженерна діяльність М.П. Петрова винятково багатоманітна і плідотворна. Головним внеском М.П. Петрова у науку стало створення ним гідродинамічної теорії тертя, у якій вперше були висвітлені і

представлені у математичному вигляді закони рідинного тертя [2]. Одна з особливостей цієї роботи, як і багатьох інших праць вченого – чітке математичне висвітлення проблеми, що всебічно охоплює можливі випадки і фактори, які впливають на тертя.

В Україні в середині 20-х років ХХ ст. такими питаннями почав займатися П.М. Супруненко (1873 - 1938). Академік П.М. Супруненко присвятив низку своїх праць розробці найважливіших питань залізничного транспорту. При цьому більшість із них на той час вивчалися вперше.

У галузі, яка безпосередньо стосується тяги поїздів, найбільшою працею П.М. Супруненка стала монографія «Гармонійні коливання рухомого складу залізниць» (1934) [3]. У цій праці, крім питань опору рухові, наводяться загальні поняття щодо облаштування залізничної колії (рейки, шпали, баласт і ін.) і рухомого складу (паровози, вагони).

На початку монографії розглядаються окремі елементи опору руху поїзда. Наприклад, опір повітря розглядається для руху прямої короткої призми, відтак – дуже довгого тіла циліндричної форми і декількох коротких тіл, які рухаються одне за одним на близьких відстанях при одночасному поступальному і обертовому рухах, і після цього для умов, які зустрічаються у поїздах. Величина кожного елементу опору оцінюється на основі теорії аеродинаміки і перевіряється дослідними даними, які були в наявності на той час. Розглянувши усі елементи опору, автор переходить до дослідження опору вагона у залежності від умов руху: викривлення руху, неправильного встановлення колісних пар, неоднакового зношення бандажів і тієї ж колісної пари тощо.

У подальшому П.М. Супруненко досліджує опір складу поїзда в цілому. При цьому опір поїзда розглядається не тільки як сума опорів усіх вагонів, а з урахуванням додаткових сил, які виникають внаслідок взаємодії вагонів у поїзді, що рухається. На основі проведеного таким чином детального аналізу фізичної суті явищ, П.М. Супруненко склав розрахункові формули, у яких математично описано вплив кожного із численних факторів на величину опору рухові вагонів у поїздах. Ці формули містять ряд коефіцієнтів, які були отриманні дослідним шляхом. П.М. Супруненко застосував методи експериментального визначення величини опору: метод безпосереднього вимірювання сили опору динамометром і метод прискорень у різних варіантах. Для визначення коефіцієнтів, які належать до розрахункових формул, автор рекомендує робити обробку експериментального матеріалу методом найменших квадратів, який і нині має широке застосування.

Слід зауважити, що термін «сила тяги паровоза» у книзі майже не зустрічається, – П.М. Супруненко оперує двома поняттями, які

характеризують силу тяги, а саме: а) «середній індикаторний тиск пари» і б) «сила зчеплення коліс із рейками».

Взаємозв'язок індикаторного тиску і сили зчеплення визначається у цьому розділі наступним чином – якою б великою не була межа, до якої можуть сягати сили зчеплення провідних коліс паровоза з рейками, але справді найбільше зчеплення буде не більше того, що відповідає найбільшій величині середнього індикаторного тиску; відтак – якою б великою не була здатність паровоза збільшувати свій індикаторний тиск, але для пересування поїздів слід скористатися лише тією величиною індикаторного тиску, яка не перевищує межі сили зчеплення, що залежить від тиску, який впливає ведучими колесами на рейку [3].

Це положення пізніше було названо основним законом локомотивної тяги і отримало наступне формулювання: сила тяги, яка розвивається двигуном локомотива, не може перевищувати найбільшу силу зчеплення коліс з рейками. З іншого боку, сила зчеплення коліс з рейками, яка реалізується на кожний даний момент, за своєю величиною дорівнює дотичній силі тяги, яка створюється двигуном.

Величину індикаторного тиску, необхідного для можливості руху поїзда, П.М. Супруненко визначає із диференційного рівняння, складеного на основі теореми живих сил. Робота сил опору рухові поїзда за безкінечно малий час прирівнюється до зростання живої сили поїзда, при цьому враховується також інерція мас, що обертаються (крутяться). Величина сили зчеплення коліс з рейками, необхідна для можливості руху поїзда, визначається із диференційного рівняння, складеного на основі відомого положення механіки: добуток маси поїзда на прискорення дорівнює сумі проекцій усіх зовнішніх сил на напрямок прискорення [3].

Складені таким шляхом рівняння вирішуються методом аналітичного інтегрування в кінцевих різницях, де в межах малих нарощувань змінні величини беруться як незмінні. Із цих диференційних рівнянь визначається і швидкість руху поїзда у функції заданих величин індикаторного тиску, сили зчеплення і опору поїзда. Автор наводить також математичну залежність найбільшої швидкості руху паровоза від паропродуктивності котла, тиску пари в котлі, об'єму циліндрів і діаметра ведучих коліс.

Оцінюючи викладений метод розрахунку, слід визнати, що з точки зору механіки він і сьогодні не викликає заперечень, теплотехнічна частина розроблена значно менше, тому що теплотехнічні процеси паровоза на той час були досліджені мало.

Загалом робота П.М. Супруненка за глибиною і широтою дослідження питань опору рухові не мала на той час рівних собі у закордонній літературі.

На відміну від закордонних дослідників, які базувались переважно тільки на емпіричних розрахунках, П.М. Супруненко дав не тільки свої розрахункові формули, але і чітке висвітлення фізичної природи сил опору, яке виражається у суто математичній формулі з широким охопленням численних факторів, що впливають на сили опору. Такий глибокий і широкий підхід до досліджень характерний для усіх наукових робіт П.М. Супруненка [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Лопушанский В.И. О распределении нагрузки посредством рессор на колеса паровозов, тендеров и вагонов. *Инженер*. 1884. № 10. С. 7 - 21.
2. Петров Н.П. Давление колес на рельсы железных дорог, прочность рельсов и устойчивость пути. Петербург. 1915. 430 с.
3. Супруненко П.М. Гармонические колебания подвижного состава железных дорог. Москва: Горжелдориздат. 1934. 297 с.
4. Пічкур К.А. Внесок академіка П.М. Супруненка у створення та діяльність Інституту транспортної механіки Всеукраїнської Академії наук. *Історія науки і біографістика*. 2023. № 1. С. 196 - 208.