



ЯНІН Володимир
кандидат історичних наук,
Державний університет
інфраструктури та технологій МОН
України, volodymyrianin@gmail.
(м. Київ)

МІСЦЕ АКАДЕМІКА М.П. ПЕТРОВА В РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА ЗАЛІЗНИЦЬ

Микола Павлович Петров (1832-1920) відомий нам як активний дослідник техніки колійного господарства вітчизняних залізниць. Цій проблематиці він присвятив понад 20 своїх наукових праць. На особливу увагу дослідників заслуговує внесок М.П. Петрова в розвиток динамічного розрахунку залізничної колії. Зокрема, розглядається його гіпотеза про рівну пропорційність між прогинанням і вантажем при статичній і динамічній дії останнього тощо.

У зв'язку із зростанням швидкості руху поїздів і вимогами безпеки, необхідно було здійснити динамічний розрахунок залізничної колії. Методи динамічного розрахунку колії були розроблені вітчизняними вченими, в основному Миколою Павловичем Петровим. Він запропонував гіпотезу про рівну пропорційність між прогинанням і вантажом при статичній і динамічній дії останнього, склав і вирішив в кінцевих різницях диференціальне рівняння руху центру інерції колеса по рейці.

М.П. Петров першим розглянув вплив нерівностей колеса і колії на напругу в рейці. Вчений врахував сили інерції колеса і елементів верхньої будови. Він також запровадив у розрахунок вертикальні складові неврівноважених сил інерції поворотно-рухомих частин механізмів.

Ключові слова: залізничний транспорт, колесо, рейка, колія, техніка.

PLACE OF ACADEMIC M.P. PETROV IN THE DEVELOPMENT OF RAILWAY TECHNOLOGY

Mykola Pavlovich Petrov (1832-1920) is known to us as an active researcher of track management techniques of domestic railways. He devoted more than 218 of his scientific works to this issue. The contribution of M.P. Petrov deserves special

attention of researchers in the development of dynamic railway track calculation. In particular, his hypothesis of equal proportionality between deflection and load under static and dynamic action of the load, etc., is considered.

In connection with the increase in train speed and safety requirements, it was necessary to carry out a dynamic calculation of the railway track. Methods of dynamic track calculation were developed by domestic scientists, mainly Mykola Pavlovich Petrov. He proposed the hypothesis of equal proportionality between the deflection and the load under static and dynamic action of the latter, formulated and solved in finite differences the differential equation of the movement of the center of inertia of the wheel along the rail.

M.P. Petrov was the first to consider the effect of unevenness of the wheel and track on the tension in the rail. The scientist took into account the forces of inertia of the wheel and elements of the superstructure. He also introduced into the calculation the vectorial components of the unbalanced forces of inertia of the rotating and moving parts of the mechanisms.

Key words: railway transport, wheel, rail, track, equipment.

Перші чавунні дороги в царській Росії були побудовані О.С. Ярцовим у Петрозаводську ще у далекому 1788 році. Пізніше такі дороги споруджували П.К. Фролов на Коливано-Воскресенських рудних копальнях (1806-1809) та батько і син Є.О. і М.Є. Черепанови на Уралі (1833). Ці дороги характеризувалися самотутністю, ряд їхніх конструктивних елементів зберігся і в сучасних залізницях.

Визначальну роль у створенні і подальшому розвитку вітчизняних типів залізничних колій відіграло спорудження залізниці Петербург-Москва, здійснене під керівництвом перших російських інженерів шляхів сполучення П.П. Мельникова, М.О. Крафта, М.П. Липина та інших. Будівництво залізниці Петербург-Москва (1842–1851) в той час стало видатною технічною подією. Рейки на цій залізниці були вкладені широкопідшвені, вагою 29,5 кг/пог. м, висотою 78 мм і довжиною 5 846 мм. Баласт застосовувався товщиною 50 см на насипах і 80 см у виїмках, тоді як, наприклад, верхня будова Варшаво-Віденської залізниці (1848) вкладалася прямо на земляне полотно.

У 1866 р. на Вереб'їнському підйомі залізниці Петербург-Москва вперше у Росії замість залізних були вкладені сталеві рейки. Рейкові стики спочатку встановлювалися на опори. Стики на повітрі почали запроваджуватися в Росії з 1868 року. При цьому типі стику спочатку застосовувалися плоскі накладки, а

потім (з 1883 р.) фасонні. Якийсь час фасонні (кутні) накладки ставилися із зовнішньої сторони стику, а з внутрішнього боку залишалися плоскі накладки.

Починаючи з 1903 р. на вітчизняних залізницях стали застосовувати типові, шестиотворні фартушкові накладки, які збереглися і до нашого часу. Перша уніфікація типів рейок, які використовувалися, була здійснена у 1874 р., причому в її основу було покладено суттєвий поділ осьових навантажень.

Були розроблені такі типи рейок:

Для навантаження 5,75 т/вісь – 20 ф/пог. фут.

« 6,00 т/вісь – 22 ф/пог. фут.

« 7,25 т/вісь – 24 ф/пог. фут

Великим кроком вперед було утвердження у 1908 р. чотирьох унітарних типів рейок (I-а, II-а, III-а, IV-а, розробка яких була розпочата ще у 1903 р. Ці типи рейок зберігалися як стандарт у колишньому СРСР до 1 квітня 1947 року, рейка типу II-а увійшла до нового стандарту під назвою Р-38 і модернізована рейка типу I-а під назвою Р-43.

Прогрес в галузі залізничного транспорту був нерозривно пов'язаний із розвитком вітчизняної науки і техніки, із утворенням вітчизняної інженерної школи. Блискучі дослідження П.В. Попова, М.Ф. Окатова, О.В. Гадоліна, Х.С. Головіна в сфері теорії пружності і дослідження Г.С. Семиколенова, Є. Л. Ніколаї, М.А. Белелюбського, Л.Д. Проскурякова і інших згідно розрахунку мостових і інших споруд, відтак роботи в ділянці гідротехнічних споруд і земляного полотна, виконані М.М. Герсевановим, О.О. Штукенбергом, П.В. Волобуєвим, стали основою для наукових досліджень у залізничному будівництві.

У 1835 р. інженер Павло Петрович Мельников у своїй книзі «О железных дорогах» наводить формулу для розрахунків рейок, врахував і динамічний ефект, який викликається рухом вагонів. Через три роки пізніше інженер М.І. Липин у роботі «Исследование одной из кривых, употребляемых при сопряжении дорог», розробив теоретичні основи проектування кривих, які з'єднують прямі ділянки колії.

У 1850–1852 рр. інженер Д.І. Журавський ще до опублікування Клайпероном рівняння трьох моментів запропонував вирішення задачі про нерозрізні балки за допомогою нерівностей [1]. Ця робота була продовжена у 1868–1889 рр. російським професором Г.Є. Паукером, який наводить загальну теорію розрахунків балок, які лежали на великій кількості опор [2]. На цей час мережа вітчизняних залізниць значно зросла і сягнула понад 2 тис. км. У зв'язку з цим виникла потреба в теоретичному обґрунтуванні типів рейок, які застосовувалися.

Опираючись на дослідження вітчизняної школи, вітчизняний спеціаліст Федір Енрольд у 1873 р. дає формулу для визначення найбільшого моменту, який згинав рейку [3]. Згодом формула Енрольда знайшла широке застосування у нас і за кордоном.

Швидка розбудова залізничної колії, дефіцит в рейках, відмінності в якості рейкового металу, незрозумілі причини швидкого зносу і ламання рейок змушували здійснювати глибокі дослідження в цій галузі колійного господарства.

Так, у 1888 р. вітчизняний інженер О.О. Холодецький [4] створив теорію вписування двох-, трьох, чотирьох і багатоосних вагонів і паровозів у криві і дав формули для визначення тиску реборди колеса на рейку. Положення екіпажу в кривій О.О. Холодецький визначав, виходячи із умов мінімального значення сил опору, випередивши на багато років у цьому питанні німецького спеціаліста Л. Геймана. Положення центру обертання екіпажу Холодецький визначав, як точку перетинання поздовжньої осі екіпажу з перпендикуляром, опущеним із центру кривої. В той час як Велінгтон помилково вважав за центр точку опори заднього колеса на внутрішню нитку, а Юбілякер дійшов висновку, зробленого О.О. Холодецьким лише у 1903 році.

Збільшення обсягу перевезень і зростання навантажень на вісь поставило перед інженерами-колійниками нові завдання. Найбільш важливим з них було визначення доцільності заходів з підсилення колії.

Вітчизняні інженери І.Р. Стецевич і О.С. Чернявський виступили проти поширеної тоді в Європі думки про те, що єдиним способом підсилення залізничної колії є збільшення потужності рейок, вказавши на економічну доцільність подібного способу. Вони пропонували спочатку використати можливість зближення шпал (знайти оптимальну величину шпального прогону), покращити якість і збільшити товщину баластного шару. Цікаво зауважити, що задача знаходження оптимально-найменшого шпального прогону була вперше сформульована інженером М.І. Липином у 1840 р. [5].

Для доказів правильності своїх поглядів І.Р. Стецевич у період з 1890 по 1894 рр. провів цікаві дослідження з визначення конфіцієнта постелі шпал на колишніх Козлово-Саратовській і Балтійській залізницях. Для цього ним був сконструйований прилад з гідравлічною передачею, який записував просідання рейки на стрічці, що рухалася [6].

Дещо пізніше, у 1897–1898 рр., на Варшаво-Віденській залізниці інженер О.Л. Васютинський провів низку спостережень над деформаціями залізничної колії [7]. На підставі своїх спостережень він зробив ряд висновків, частина яких служить і до сьогодні цінними посібниками для транспортників. Немає жодного великого дослідження із залізничної колії, в якому не було б посилення на ці матеріали. За ці дослідження постановою Ради Російського технічного товариства у 1898 р. О.Л. Васютинському була присуджена половина державної премії. Першу половину отримав О.С. Попов за винайдення радіо. Накопичення великого дослідного матеріалу стосовно дослідження напружень, що виникають у рейках, дало можливість зробити ряд важливих теоретичних узагальнень, необхідних для подальшого покращення роботи залізничних колій.

Одним із таких теоретичних узагальнень стала друга робота О.О. Холодецького, опублікована в 1897 році [8]. Розглядаючи рейку, як балку, що лежить на багатьох пружних опорах, він вивів загальне рівняння для визначення згинаючого моменту і опорних тисків при дії різних систем вантажів, різної жорсткості балок і різних відстаней між опорами.

О.О. Холодецький вперше застосував принцип мінімальної роботи в розрахунках колії і увів в розрахунок систему сил. Він детально проаналізував вплив на напруження в рейках згинання поперечин, стану їхньої підбивки, ваги верхньої будови колії. Із аналізу формул для визначення крайніх опорних ділянок балок, що лежали на трьох, чотирьох і шести опорах, Холодецький встановив межі застосованості формули Ціммермана і знайшов грубі помилки в його розрахунках стику. Досліджуючи тиск чотириосного паровозу на рейку, Холодецький встановив, що формула Шведлера дає похибку до 20 відсотків, а формула Гофмана до 39 відсотків.

Питання динамічної дії навантаження і пов'язані з ним встановлені величини напружень, що допускаються, після робіт Холодецького все більше і більше захоплювали вітчизняних вчених та інженерів. Так, у 1899 р. професор М.Б. Богуславський [9] розділив усі динамічні фактори на дві групи: які залежать від колії та від рухомого складу. Посилаючись на результати досліджень О.Л. Васютинського, М.Б. Богуславський показав неправильність розрахунків Вінклера, в яких збільшення динамічного тиску приписувалось центробіжній силі колеса, що котилося по рейці, яка прогнулася між опорами.

У зв'язку із зростанням швидкості руху поїздів і вимогами безпеки, необхідно було здійснити динамічний розрахунок залізничної колії. Методи динамічного розрахунку колії були розроблені вітчизняними вченими, в основному Миколою Павловичем Петровим. Він запропонував гіпотезу про рівну пропорційність між прогинанням і вантажем при статичній і динамічній дії останнього, склав і вирішив в кінцевих різницях диференційне рівняння руху центру інерції колеса по рейці.

М.П. Петров першим розглянув вплив нерівностей колеса і колії на напругу в рейці. Вчений врахував сили інерції колеса і елементів верхньої будови. Він також запровадив у розрахунок вертикальні складові неврівноважених сил інерції поворотно-рухомих частин механізмів [10].

У 1879 р. М.П. Петров висловив думку про існування контактних напруг і остаточних (постійних) напруг і довів їх наявність дослідями у 1902 році.

Класична праця М.П. Петрова стосовно дослідження залізничної колії, опублікована у 1915 р. узагальнює дані 12 окремих робіт (з 1903 по 1915 рр.) [11]. У працях М.П. Петрова була доведена можливість розрахунку рейки, як балки на суцільній пружній основі. Цей метод розрахунку, вперше реалізований у Росії, застосовується і в наш час. Своїми узагальненнями М.П. Петров затвердив пріоритет вітчизняної транспортної науки при вирішенні питань взаємодії колії і рухомого складу.

У 1915 р. О.О. Холодецький застосував загальні формули М.П. Петрова для визначення впливу нерівностей і отримав широко відоме тепер рішення для впадини на колії, що має трикутний обрис [12]. Значним внеском в теорію динамічного розрахунку колії стала також праця проф. О.М. Годицького-Цвирко [13]. Численні дослідження, проведені вітчизняними вченими, полегшили розробку типових методів розрахунку залізничної колії. Плідну працю в цьому напрямку проробила створена у 1912 р. комісія під керівництвом Куніцького [14]. Комісія розглянула залежність динамічного коефіцієнту від стійкості паровозу, вплив напруги в рейках жорсткості ресор, нерівностей колеса і колії, раціональних (оптимальних) величин коефіцієнта постелі шпал (термін Васютинського), довжини шпал, ваги колії і т.д.

Для вирішення найважливіших проблем залізничного транспорту із видатних вітчизняних спеціалістів створювалися комісії Інженерної ради Міністерства шляхів сполучення, а також систематично скликалися Дорадчі інженерні з'їзди. Все це мало вирішальне значення в успішному розвитку вітчизняної транспортної науки.

Царська Росія стала першою країною, в якій були розпочаті роботи із створення типових методів розрахунку залізничної колії. В Німеччині і США комісія із створення єдиного розрахунку колії були утворені тільки у 1913 р., при цьому у США перший звіт про її роботи з'явився у 1917 році.

Класичне дослідження впливу рухомого складу на колію в кривих ділянках було проведене вітчизняним вченим К.Ю. Цеглинським [15]. Теорія взаємодії колії і рухомого складу та облаштування рейкової колії у кривих ділянках,

сформульована у його праці, визначила провідне місце вітчизняної школи у вирішенні цієї проблеми. Названим працям вітчизняних вчених була властива тенденція встановлення тісного зв'язку між теоретичними вишукуваннями і практичними потребами. Це особливо проявилось в галузі вивчення методів боротьби із зношенням рейок.

Перше дослідження із визначення питомого зношення рейок на вітчизняних залізницях було проведене керівником Миколаївської залізниці Серебряковим і було опубліковано у 1859 році у журналі Міністерства шляхів сполучення під назвою «Изнашиваемость рельсов на Николаевской ж.д. и о приближенном исчислении количества рельсов, необходимого для ежегодного ремонта» У цій статті детально розглянуті види і причини псування рейок, ознаки розбалансування колії і наведені способи визначення строку служби рейок. Цікаво, зокрема, таке твердження автора: «При одній і тій же найбільшій вазі паровозів і вагонів зношуваність рейок прямо пропорційна кількості провезених вантажів».

Всеохоплюючі дослідження з визначення питомого зношення рейок проведені також інженером Д.П. Кандауровим на Козловсько-Воронізько-Ростовській залізниці у 80-х роках XIX ст. Ця ж проблема ґрунтовно досліджувалась першою рейковою комісією під головуванням В.М. Верховського (1882-1886), Російським технічним товариством, а також рейковою комісією під головуванням відомого вітчизняного вченого Л.Ф. Ніколаї. На VIII Дорадчому з'їзді інженерів служби колії (1890) відомий інженер К.М. Лазарєв-Степаніщев зробив доповідь про порівняльні строки служби сталевих рейок і скріплень, що виготовлялися різними заводами.

У 1906 р. інженер Л.М. Любімов на підставі обстеження різних рейок визначив величину питомого зношення. Аналогічну роботу пізніше здійснив відомий інженер І.Я. Манос.

Вітчизняні дослідники багато попрацювали і над підвищенням міцності рейок. Перша вітчизняна рейка сучасного профілю з'явилася у 1844 р. на Вихунському заводі Шепелева. У 1861 р. на Нижньо-Тагільському і

Аланаєвському заводах почалося виготовлення понад 2 млн. пудів рейок, які за своїми якостями переважали іноземні взірці [16].

Рейкове виробництво в Росії організовувалося в умовах гострої боротьби між прибічниками розвитку вітчизняної металооброблювальної промисловості і прибічниками залучення іноземного капіталу та здачі замовлень на виготовлення рейок за кордон.

Із російських рейок найбільшу славу заслужили рейки Демідовських заводів. Застосування їх на Нижегородській залізниці зменшило вихід рейок у 2,5-3,0 рази.

Багато старих типів російських рейок, які були дещо модернізовані, застосовуються і до сьогодні: так, на наших залізницях приблизно з 1889 р. вкладаються рейки з грушоподібною головкою. З 1889 р. така рейка вагою 24,5 фунт/пог. Фут(тобто приблизно відповідає за вагою рейці типу III-а) вкладалася на Рязано-Уральській, Архангельській, Московсько-Київській і на інших залізницях. Ці рейки прокатувалися на російських заводах (колишніх Путіловському, Брянському і Новоросійському) [18].

Практика експлуатації рейок показала, що доцільно поєднувати головку з шийкою не по круговій кривій, а по кривій змінного радіуса. З'єднання кривими змінного радіусу з'явилися в Росії ще в кінці XIX ст. Наприклад, у рейок Риги-Двінської залізниці, укладених до 1900 р., головки сопрягалися із шийкою за допомогою коробової кривої, яка складалася із двох радіусів – одного у 6 мм для верхньої частини дуги і іншого у 29 мм для нижньої частини дуги. Вже пізніше, радянські дослідники, розвиваючи цей принцип, замінили коробову криву кривою з безперервно-мінливою кривизною. Згідно з дослідженнями Центрального науково-дослідного інституту (1947) цей спосіб виявився дуже ефективним.

Термічна обробка рейок, запроваджена вперше в Російській імперії ще у 1864 р. на Нижньо-Салдинському заводі, дала позитивні результати. Проф. В.Є. Грум-Гржимайло підкреслював, що керівник цього заводу «К.П. Поленов у 1964 р. без усякого за кордону увів термічне оброблення рейок» [19].

При розробленні методів розрахунку і спорудження земляного полотна російські інженери О.О. Штукенберг (1885) і проф. С.Г. Воєйков (1891) теоретично і експериментально досліджував процеси безодньоутворення в ґрунтах при замерзанні. Ці роботи досі зберегли теоретичну і прикладну вартість. Лише декілька десятків років пізніше за кордоном були зроблені спроби вирішити це питання.

Вітчизняні інженери і вчені зробили суттєвий внесок також і в наукову організацію колійного господарства. Особливо велику роль в цій справі відіграла пропозиція відомого вітчизняного інженера С.П. Бачманова про запровадження попідкетного ремонту. Досвід впровадження цього способу ремонту у 1893 р. на Поліських залізницях, де на той час інженер Бачманов працював керівником Баровицької ділянки, дав позитивні результати. Однак, в умовах царської Росії система суцільного ремонту колії застосування не отримала, і лише в радянські часи набула планового характеру.

Бажання визначити стан колії під час руху поїздів призвело до створення вагонів і візочків колієвимірювачів (конструкції українських винахідників Ливчака, Долгова, Оліферова, Олікевича, Холодковського та ін.), шаблонів і т.п. Вітчизняний залізничний транспортер є першим колієвкладачем, застосованим у 1880 р. при будівництві Закаспійської залізниці. Перший вагон з відкидним кузовом для перевезення баласту був побудований в Росії ще у 1868 р., тобто задовго до появи думпкарів в Америці, які несправедливо вважаються американськими.

Теорія і методи боротьби зі сніговими заметами на залізницях в основному сформулювалися в Росії. Видатний вчений Микола Єгорович Жуковський розробив теорію сніжних заметів і снігоборотьби. Інженер М.Є. Долгов створив капітальну працю про методи боротьби зі снігом на залізницях. Цей талановитий вітчизняний інженер-новатор відомий і як створювач першої у світі монолітної колії на бетонних плитах (1909) і як конструктор-винахідник колієвимірювальних вагонів і візочків.

Слід відзначити і роботу інженера В.О. Титова, переносні решітчасті плити якого були вперше застосовані у 1863 р. на Московсько-Нижегородській залізниці, а пізніше отримали широке поширення на усіх залізницях країни.

Справжній розквіт науки і техніки колійного господарства настав в радянські часи. Відразу, після громадянської війни, перед залізничниками було поставлене завдання – відновити запуснене колійне господарство, яке молода радянська держава отримала у спадок від Російської імперії. Відповідно до рішення уряду металургійні заводи розпочали масову прокатку рейок. У 1924 р. були уведені нові технічні умови на виготовлення рейкової сталі підвищеної якості. З року у рік збільшувалися поставки рейок і скріплень залізничному транспорту. Згодом колійне господарство, яке найтіснішим чином було зв'язане із зростанням металургійної, машинобудівної і інших галузей промисловості, було докорінно реконструйоване. Уся мережа залізниць була поділена на три групи в залежності від конструкції колії, функціонуючих паровозів і вантажо спрямованості. Були встановлені черговість і обсяги робіт з реконструкції.

Особлива увага була приділена випуску потужних паровозів і вагонів, запровадження електричної тяги. У 1933 р. на залізницях почали застосовувати паровози серії ФД і ІС, а дещо пізніше паровози серії С(У). Вагонний парк поповнився великовантажними вагонами.

У 1940 р. 19 тис. км рейок було замінено на важкі (типу І-а і ІІ-а). Було замінено біля половини усіх старих шпал, збільшена густота укладки шпал. 25 % усієї колії було покладено на гравійний і щебінковий баласт. Проведено капітальний і середній ремонт біля 1000 тис. км колії з рейками типів І-а і ІІ-а. Укладені на початку відновлювального періоду непросочені шпали були замінені на нові.

Обсяг щорічної зміни рейок неухильно зростав. Так, у 1934 р. було укладено у два рази більше рейок, ніж у 1928 р. Середня вага рейок в колишньому СРСР за п'ять років (1928-1934 рр.) збільшилася у два рази у порівнянні з попередніми 20 роками. На залізницях з великим вантажообігом це збільшення було значно більшим.

Прогресивним кроком у розвитку колійного господарства було застосування колонного способу колійних робіт, замінено пізніше широкою мережею машинних колійних станцій, що дозволило широко впровадити у колійні роботи такі високопродуктивні машини, як балластер, струги, колісукладчики, землеприбиральні машини, прорізокопачі, саморозвантажувальні склади, які були створені талановитими вітчизняними винахідниками. Такого комплексу удосконалених колійних машин не мала жодна капіталістична країна. В колишньому СРСР були широко відомі імена радянських винахідників: Ф.Д. Барикіна, В.І. Платова, В.О. Альошина, П.Г. Белогорцева, Г.М. Девьяковича, В.Х. Балашенка і інших, удостоєних різних премій.

У 1918 р., за рішенням радянського уряду було створено науковий експериментальний інститут залізничного транспорту. Наукова робота стала планомірною, систематичною і спрямованою на вирішення найголовніших практичних завдань, які постали перед соціалістичним залізничним транспортом. В контексті зробленого, радянські дослідники творчо розвивали досягнення вітчизняних вчених і, узагальнюючи багатий практичний досвід, ще вище підняли теоретичний рівень науки про залізничні колії і колійне господарство.

Так, використовуючи теорію розрахунку рейки як балки, що лежить на окремих пружних опорах, розроблену у свій час М.П. Петровим, а також висловлену ним у 1907 р. [20] ідею можливого розрахунку рейки як балки, що лежить на суцільній пружній основі, група радянських спеціалістів у 1925 р. розробила новий метод розрахунку залізничної колії на міцність.

У 1926–1927 рр. М.Б. Богуславський [21] і В.В. Григорьев [22] широко застосували лінії впливу у розрахунках колії. Це відкриття швидко отримало поширення в Німеччині (після реферату Заллера про російські розрахунки), в Японії та інших країнах. Крім цього, В.В. Григорьев першим розробив теорію розрахунку колії як балки на пружних опорах, застосувавши при цьому лінії впливу і принцип взаємних переміщень [23].

У 1925 р. було організовано колійновипробувальне бюро (згодом колійновимірювальна лабораторія), які виконали вартісні експериментальні і теоретичні дослідження роботи колії під рухомим навантаженням. Вивчення динамічних явищ, пов'язаних з рухом неурівноважених коліс на колії, що має нерівності, дозволило при розрахунках залізничних колій відмовитися від умовних динамічних коефіцієнтів «m» та «n», покладених в основу інструкції 1931 р. з розрахунку колії, і замінити їх величинами динамічних зусиль. Це рішення покращило розрахунки і мало благотворний вплив на подальший розвиток теорії розрахунку.

Проведена у 30-х роках ХХ ст. корінна реконструкція залізничного транспорту у колишньому СРСР дозволила різко збільшити безпеку і швидкість руху потягів. Перед вченими транспорту постали такі важливі завдання: 1) з'ясувати особливості облаштування залізничної колії при великих швидкостях руху при умові збереження безпеки; 2) визначити регіональні форми з'єднань прямих ділянок колії; що допускають рух потягів з великими швидкостями; 3) запропонувати раціональні заходи з підсилення колії в кривих і 4) розробити більш удосконалені конструкції залізничної колії. Значна частина цих поставлених завдань була вирішена вітчизняними залізничниками ще до другої світової війни.

Список використаних джерел і літератури

1. Журавский Д.И. О мостах раскосной системы Гау. Санкт-Петербург. 1956. Ч. 2. 161 с.
2. Паукер Г.Е. Строительная механика: Курс Николаевской инженерной академии/ Под ред. Кирпичева. Санкт-Петербург, 1891. 410 с.
3. Энрольд Ф.И. Нормальные типы рельсов. *Инженерные записки*. 1874. Т.1, Вып. 2. 507 с.
4. Холодецкий А.А. Об износе железнодорожных рельсов в зависимости от напряжений, появляющихся в них при действии подвижной нагрузки. *Инженер* (Киев), 1888. № 6. С. 224–234.
5. Липин Н.И. О железных дорогах. Журнал Министерства путей сообщения. 1840. Т.3. Кн.3. С. 228–227; Кн.4. . 287–330.
6. Стецевич И.Р. О сопротивлении верхнего строения. *Изв. Собрания инженеров путей сообщения*. 1895. № 9. С. 129-144.

7. Васютинский А.Л. Наблюдения над временными деформациями верхнего строения пути на Варшаво-Венской железной дороге. *Труды XV съезда инженеров службы пути*. Москва. 1898. С. 64–67.
8. Холодецкий А.А. Исследование влияния внешних сил на верхнее строение железнодорожного пути. *Инженер* (Киев). 1896. №12. С.507–5167; 1897. №1. С. 8–22.
9. Богуславский Н.Б. К вопросу об усилении верхнего строения железнодорожного пути. *Журнал Министерства путей сообщения*. 1899. № 4. С. 142–156.
10. Петров Н.П. Влияние поступательной скорости движения колес на напряжение в рельсе при отступлении колеса от круглой формы и рельса, лежащего на шести опорах от прямолинейного вида. *Записки Русского технического общества*. 1905. №1. 52 с.
11. Петров Н.П. Давление колес на рельсы железных дорог. Петроград. 1915.327 с.
12. Холодецкий А.А. К вопросу о влиянии скорости и неправильного вида колес на динамические прогибы рельсов. Петроград. 1915. 93 с.
13. Годыницкий-Цвирко А.М. О динамических расчетах верхнего строения пути. *Журнал Министерства путей сообщения*. 1915. Кн. I и II. 238 и 168 с.
14. Труды Комиссии под председательством Куницкого по вопросам «О напряжениях в рельсах и остальных частях верхнего строения железнодорожного пути». Санкт-Петербург. 1913. 238 с.
15. Цеглинский К.Ю. Железнодорожный путь в кривых. Москва: Чичерин. 1903. 157 с.
16. *Журнал Министерства путей сообщения*. 1899. № 3. 143 с.
17. Погорельский. Из какого материала должны быть рельсы. *Журнал Министерства путей сообщения*. 1897. Т.6. С. 94–102.
18. Шахунянц Г.М. Путь и путевое хозяйство. Москва: Трансжелдориздат, 1949. 632 с.
19. Грум-Гржимайло В.Е. Качество рельсов. Труды научно-технического комитета МПС. 1926. Вып. 42. С. 64–89.
20. Петров Н.П. Напряжения в рельсах от вертикальных давлений катящихся колес. Влияние скорости и неправильного вида колес. Санкт-Петербург. 1907. 120 с.
21. Богуславский Н.Б. Об инфлюентных линиях для расчета прочности элементов железнодорожного пути Труды научно-технического комитета МПС. 1927. Вып. 54. С. 63–71.
22. Григорьев В.В. Статический расчет пути. Труды научно-технического комитета МПС. 1927. Вып. 54. С. 35– 39.
23. Григорьев В.В. Исследование расчетной схемы рельсового пути. Труды научно-технического комитета МПС. 1930. Вып. 105. С. 56–67.

REFERENCES

1. Zhuravskiy D.I. (1956). O mostakh raskosnoy sistemy Gau [On the bridges of the diagonal Gau system]. Sankt-Peterburg. CH. 2. 161 s. [in Russian]
2. Pauker G.Ye. (1891). Stroitel'naya mekhanika: Kurs Nikolayevskoy inzhenernoy akademii [Structural mechanics: Course of the Nikolaev Engineering Academy]./ Pod red. Kirpicheva. Sankt-Peterburg, 410 s. [in Russian]
3. Enrol'd F.I. (1874). Normal'nyye tipy rel'sov [Normal types of rails]. *Inzhenernyye zapiski* [Engineering Notes]. T.1, Vyp. 2. 507 s. [in Russian]
4. Holodetskiy A.A. (1888). Ob iznose zheleznodorozhnyih rel'sov v zavisimosti ot napryazheniy, poyavlyayuschih'sya v nih pri deystvii podvizhnoy nagruzki. [On the wear of railway rails depending on the stresses that appear in them under the action of a moving load]. *Inzener* [Engineer] (Kiev), № 6. С. 224–234. [in Russian]
5. Lipin N.I. (1840). O zheleznykh dorogakh. [About railways]. *Zhurnal Ministerstva putey soobshcheniya* [Journal of the Ministry of Railways]. T.3. Kn.3. S. 228–227; Kn.4. . 287–330. [in Russian]
6. Stetsevich I.R. (1895). O soprotivlenii verkhnego stroyeniya [About the resistance of the upper structure]. *Izvestiya Sobraniya inzhenerov putey soobshcheniya* [Proceedings of the Meeting of Railway Engineers]. № 9. S. 129-144. [in Russian]
7. Vasyutinskiy A.L. (1898). Nablyudeniya nad vremennymi deformatsiyami verkhnego stroyeniya puti na Varshavo-Venskoy zheleznoy doroge [Observations on temporary deformations of the track structure on the Warsaw-Vienna railway]. *Trudy XV s"yezda inzhenerov sluzhby puti* [Proceedings of the XV Congress of track service engineers]. Moskva. S. 64–67. [in Russian]
8. Kholodetskiy A.A. (1896, 1897). Issledovaniye vliyaniya vneshnikh sil na verkhneye stroyeniye zheleznodorozhnogo puti [Study of the influence of external forces on the upper structure of the railway track]. *Inzhener* [Engineer] (Kiyev). №12. S.507–5167; №1. S. 8–22. [in Russian]
9. Boguslavskiy N.B. (1899). K voprosu ob usilenii verkhnego stroyeniya zheleznodorozhnogo puti [On the issue of strengthening the upper structure of the railway track]. *Zhurnal Ministerstva putey soobshcheniya* [Journal of the Ministry of Railways]. № 4. S. 142–156. [in Russian]
10. Petrov N.P. (1905). Vliyaniye postupatel'noy skorosti dvizheniya koles na napryazheniye v rel'se pri otstuplenii kolesa ot krugloy formy i rel'sa, lezhashchego na shesti oporakh ot pryamolineynogo vida [The influence of the translational speed of the wheels on the stress in the rail when the wheel deviates from the round shape and the rail lying on six supports from the rectilinear view]. *Zapiski Russkogo tekhnicheskogo obshchestva* [Notes of the Russian Technical Society]. №1. 52 s. [in Russian].
11. Petrov N.P. (1915). Davleniye koles na rel'sy zheleznykh dorog [Wheel pressure on railroad tracks]. Petrograd. 327 s. [in Russian].
12. Kholodetskiy A.A. (1915). K voprosu o vliyanii skorosti i nepravil'nogo vida koles na dinamicheskiye progiby rel'sov [On the question of the influence of speed

and the wrong type of wheels on the dynamic deflections of rails]. Petrograd. 93 s. [in Russian].

13. Godynitskiy-Tsvirko A.M. (1915). O dinamicheksskikh raschetakh verkhnego stroyeniya puti [On dynamic calculations of the superstructure of the track]. *Zhurnal Ministerstva putey soobshcheniya* [Journal of the Ministry of Railways]. Kn. I i II. 238 i 168 s. [in Russian].

14. (1913). Trudy Komissii pod predsedatel'stvom Kunitskogo po voprosam «O napryazheniyakh v rel'sakh i ostal'nykh chastyakh verkhnego stroyeniya zheleznodorozhenogo puti» [Proceedings of the Commission chaired by Kunitsky on the issues "On stresses in the rails and other parts of the upper structure of the railway track"]. Sankt-Peterburg. 238 s. [in Russian].

15. Tseglin'skiy K.YU. Zheleznodorozhnyy put' v krivykh [Railway track in curves]. Moskva: Chicherin. 1903. 157 s. [in Russian].

16. (1899). Zhurnal Ministerstva putey soobshcheniya [Journal of the Ministry of Railways]. № 3. 143 s. [in Russian].

17. Pogorel'skiy. (1897). Iz kakogo materiala dolzhny byt' rel'sy. [What material should the rails be from]. Zhurnal Ministerstva putey soobshcheniya [Journal of the Ministry of Railways]. T.6. S. 94–102. . [in Russian].

18. Shakhunyants G.M. (1949). Put' i putevoye khozyaystvo [Way and track facilities]. Moskva: Transzheldorizdat, 632 s. . [in Russian].

19. Grum-Grzhimaylo V.Ye. (1926). Kachestvo rel'sov [Rail quality]. *Trudy nauchno-tekhnicheskogo komiteta MPS* [Proceedings of the Scientific and Technical Committee of the Ministry of Railways]. Vyp. 42. S. 64–89. [in Russian].

20. Petrov N.P. (1907). Napryazheniya v rel'sakh ot vertikal'nykh davleniy katyashchikhsya koles. Vliyaniye skorosti i nepravil'nogo vida koles [Stresses in rails from vertical pressures of rolling wheels. Influence of speed and incorrect type of wheels]. Sankt-Peterburg. 120 s. [in Russian].

21. Boguslavskiy N.B. (1927). Ob influyuentnykh liniyakh dlya rascheta prochnosti elementov zheleznodorozhnogo puti [About influent lines for calculating the strength of railway track elements]. Trudy nauchno-tekhnicheskogo komiteta MPS [Proceedings of the Scientific and Technical Committee of the Ministry of Railways]. Vyp. 54. S. 63–71. [in Russian].

22. Grigor'yev V.V. (1927). Sticheskiy raschet puti [Static path calculation]. Trudy nauchno-tekhnicheskogo komiteta MPS [Proceedings of the Scientific and Technical Committee of the Ministry of Railways]. Vyp. 54. S. 35–39. [in Russian].

23. Grigor'yev V.V. (1930). Issledovaniye raschetnoy skhemy rel'sovogo puti [Study of the calculation scheme of the rail track]. Trudy nauchno-tekhnicheskogo komiteta MPS [Proceedings of the Scientific and Technical Committee of the Ministry of Railways]. Vyp. 105. S. 56–67. [in Russian].

Рецензенти:

Анненкова Н.Г., д.і.н., доцент

Підгайна Т.М., к.і.н.

Надійшла до редакції 15.06.2022 р.