УДК 629.4.022.2:629.45(09)

ВНЕСОК М.В. ВИНОКУРОВА У ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ І КОЛІЇ

Устяк Н.В., канд. іст. наук, доц.
(*Київський Міжнародний університет*)

Стаття присвячена висвітленню внеску професора М.В. Винокурова у вирішення проблеми динамічної взаємодії рухомого складу і колії. У статті висвітлені дослідження М.В. Винокурова в означеній сфері залізничного транспорту. М.В. Винокуров одним з перших описав, класифікував і порівняв проблеми динаміки коливання і стійкості вагонів, показав динамічний вплив рухомого складу залізниць на верхню будову колії. Словосполучення «Дослідження коливань і стійкість вагонів» стали візитною карткою професора М.В. Винокурова.

Ключові слова: *вагон, динаміка вагону, стійкість вагонів, взаємодія рухомого складу і колії, техніка.*

Михайло Васильович Винокуров (1890–1955) – спеціаліст у галузі конструкцій залізничних екіпажів, динамічної взаємодії рухомого складу і колії, педагог і організатор наукових напрямків у транспортній науці, генерал-директор тяги II рангу, доктор технічних наук, професор [1]. Загалом сфера інтересів цього видатного вченого окреслена залізничним транспортом, вагонобудуванням, паровозобудуванням, теплотехнікою. А в цій галузі науково-дослідницька, інженерна і педагогічна діяльність професора М.В. Винокурова мала різнобічну спрямованість. Його друковані праці присвячені проблемам будівництва паровозів, наукової організації праці, динаміки коливання і стійкості вагонів, пічного обладнання, виносним топкам, конструювання, експлуатації, економіки і ремонту усіляких типів вагонів, підвищення економічності паровозів. Згідно вислову М.В. Винокурова, проблема небезпечних швидкостей, які призводять до сходження з рейок рухомого складу, і динамічного впливу рухомого складу на верхню будову колії, є однією з найбільш важких, але актуальних завдань прикладної механіки. На цю тему у 1936 р. Михайлом Васильовичем була захищена кандидатська дисертація. Якщо коротко, то ця праця була присвячена дослідженню коливань і стійкості вагонів.

У 1939 р. М.В. Винокуровим опублікована фундаментальна праця «Дослідження коливань і стійкості вагонів», яка стала першим серйозним внеском у важливу і складну ділянку транспортної механіки [2]. У цій роботі, яка була опублікована у «Працях Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту» (Вип. 12), були викладені методи аналітичної механіки у застосуванні до досліджень вільних і вимушених коливань вантажних і пасажирських вагонів, розроблені методи визначення динамічної стійкості вагонів під час руху поїзда, вказані шляхи погодження параметрів, які підвищують плавність ходу вагонів, з вимогами необхідної динамічної стійкості. Ця праця Михайла Васильовича є основною базою удосконалення ходових якостей нових вагонів вітчизняного вантажного і пасажирського парку. Разом з цим М.В. Винокуров розпочав читання курсу лекцій в залізничних вузах, присвячених динаміці вагонів. У цих лекціях Михайло Васильович зазначав, що під час руху поїзда виникають коливання кожного окремого вагону і взаємні обмежені переміщення вагонів у поїзді. При цьому в кожному вагоні під час цих коливань і переміщеннях виникають сили інерції, а елементи вагона і весь вагон в цілому, як і поїзд загалом, витримують значні динамічні сили. Таким чином, ва-

гон як ціле, і окремі його частини беруть активну участь в динамічних процесах.

Під час коливань деяких типів вагонів і окремих їх елементів можуть виникати такі умови, при яких з'являється небезпека сходження колісних пар з рейок. Коливання у деяких випадках бувають такими, що їзда стає некомфортабельною або не забезпечується збереження вантажів, що перевозяться. Сили, що виникають при русі вагону, іноді можуть сягати таких величин, при яких виникає небезпека порушення міцності елементів вагону або міцності колії, якою рухається такий вагон. Особливо велике значення ці процеси мають для сучасного залізничного транспорту, для якого характерні високі швидкості руху, багатовісні із складною системою підвішування візки вагонів і підвищення навантаження, яке передається колесом рейці.

Історія вагонобудування знає такі випадки, коли через неправильний розрахунок динамічних факторів проектувалися і випускалися вагони, які не відповідали вимогам безпеки експлуатації під час підвищення швидкостей руху, а залізничний транспорт внаслідок цього зазнавав значної шкоди.

Михайло Васильович стверджував, що відступ від норм облаштування і особливо порушення в процесі експлуатації допусків у місткості вагонів дуже суттєво впливають на усі динамічні процеси, а отже й на безпеку руху, міцність вагона і залізничної колії. Тому для інженера-вагонника, до обов'язків якого входить уміння проектувати вагони, технічний і науковий аналіз поведінки вагонів, що експлуатуються в різних умовах, уміння розбиратися і встановлювати причини тих чи інших подій, здійснювати кількісний аналіз явищ, тобто ті або інші розрахунки; знання динаміки вагонів є однією з найголовніших основ його спеціальності.

М.В. Винокуров підкреслював, що динаміка вагонів вивчає коливання вагонів і переміщення окремих їх елементів в різних умовах експлуатації (рух у складі поїзда з постійною або змінною швидкістю, співудари при маневрах і т.п.) і сили, що виникають при цьому. До динаміки вагонів приєднуються і такі питання, як боротьба з шумом в пасажирських вагонах, питання вібрації елементів вагонів та інше. Загалом динаміка вагонів є гілкою більш широкої дисципліни – взаємодії рухомого складу і колії.

М.В. Винокуров вважав, що основними завданнями динаміки вагонів є:

1. Вивчення процесів коливання вагонів, зумовлених взаємодією вагона і колії, встановлення на цій основі найкращих параметрів ресорного підвішування та інших конструктивних рішень у загальній компоновці конструкції вагона.

2. Встановлення умов безпечного руху вагона (максимально допустимі швидкості, режими гальмування) у складі поїзда, та його впливові на колію, стійкість в колії, стабільності колії (її недеформованості), витискування з рухомого складу.

3. Визначення заходів, які дозволяють забезпечити спокійний хід (збереженість вантажів, комфортабельність проїзду пасажирів), а також обмеження шуму в кузові пасажирського вагону.

4. Визначення поздовжніх зусиль у складі поїзда між вагонами і під час співударяння при маневрах.

5. Визначення впливу несправностей та недосконалості вагона і колії на їх взаємодію.

Усі ці завдання дуже складні. Для їх вирішення зараз залучаються найбільш сучасні розділи науки та технічні засоби: теорія ймовірностей (зокрема теорія випадкових процесів), нелінійна теорія коливань, аналогові і цифрові електронні обчислювальні машини, а в експериментальних дослідженнях – засоби сучасної тензометрії, телеметрії і обчислювальної техніки.

Усі затрати праці на найбільш повне і правильне рішення проектних і експлуатаційних проблем, зв'язаних з динамікою вагонів, цілком окупаються підвищенням безпеки руху, надійності експлуатації вагонів і колії, підвищенням комфорту пасажирів і збережен-

ням вантажів, економією у побудові і експлуатації вагонів і колії.

В динаміці вагонів завжди прагнуть до якомога більш простих рішень, які дозволяють правильно і точно відображати динамічні процеси, що вивчаються. В даному контексті величезну роль відіграє вибір розрахункових схем, які беруться за основу. Михайло Васильович вважав, що основними етапами рішення кожного завдання в динаміці вагонів є:

а) обрання достатньо простої розрахункової схеми і відповідних до цієї схеми розрахункових параметрів, які відображають динамічні процеси, що вивчаються;

б) проведення експериментальних робіт для отримання необхідних в розрахунках параметрів;

в) складання рівнянь згідно прийнятної розрахункової схеми, вирішення цих рівнянь, дослідження і аналіз отриманих при цьому результатів, визначення практичних рекомендацій, які витікають з віднайдених рішень;

г) розробка методики і проведення стендових і поїзних випробувань вагонів, а також впливу їх на колію з метою перевірки, коректування і розвитку теоретичних розрахунків.

Динамічні процеси, пов'язані з коливаннями елементів вагонів, в інтересах спрощення вивчення (за певними допусками) переважно розглядають як дві самостійні групи питань: коливання надресорної будови вагонів і коливання необресорених мас. Усі маси, що входять в конструкцію вагонів, при русі здійснюють складні і такі, що не піддаються аналітичному опису лінійні та кутові переміщення і коливання. В інтересах спрощення аналізу їх у свою чергу ділять на вертикальні та горизонтальні переміщення і коливання; поздовжні коливання вагонів у складі поїзда розглядаються окремо.

М.В. Винокуров пропонував, щоб вивченню курсу динаміки вагонів передувало вивчення теоретичної механіки, конструкцій вагонів і колії та норм їх утримування, а також основ обчислювальної техніки. Однак він вважав, що для пов'язування перелічених дисциплін з курсом динаміки вагонів, а також в інтересах повторення необхідних для пояснення того чи іншого питання матеріалів, потрібно наводити основні відомості з курсу теоретичної механіки, конструкцій колії, руху поїздів тощо. Михайло Васильович детально досліджував власні і вимушені коливання двовісного і чотиривісного вантажного і пасажирського вагонів; рекомендував доцільні співвідношення жорсткостей ступенів ресорного підвішування, міри демпфірування коливань силами тертя; встановив співвідношення між базою вагона і радіусом інерції кузова; визначив положення метацентру вагона, при якому забезпечується стійкість; рекомендував раціональні параметри люлечного підвішування; оцінив вплив нелінійності ресорного підвішування на плавність ходу вагону; визначив довжину хвилі хвилястого руху колісних пар на рейках і значення критичної швидкості під час коливання вагонів. Ним було висловлена пропозиція про доцільність спирання кузова на бокові ковзуни візків для гасіння коливань під час виляння вагонів. Усі ці наукові доробки Михайло Васильович узагальнив під час завідування кафедрою «Вагони і вагонне господарство» Московського інституту інженерів залізничного транспорту у 1945–1955 роках. До цього він працював помічником машиніста паровоза, інженером, начальником технічного відділу, заступником начальника цеху, заступником начальника Ростовського паровозоремонтного заводу, головним інженером тресту «Тепло і сила», завідувачем кафедрою і проректором Донського політехнічного, Ростовського і Дніпропетровського інститутів інженерів залізничного транспорту, директором Науково-дослідного інституту паровозо-вагонного господарства і енергетики, керівником відділення Всесоюзного науково-дослідного інституту залізничного транспорту у Москві.

Під керівництвом М.В. Винокурова був створений у 1949 р. вузівсь-

кий підручник з курсу «Вагони» [3], який було перевидано у 1953 р. і перекладено на китайську та румунську мови [4]. Всього М.В. Винокуровим з проблеми динаміки вагонів і її взаємодії із залізничною колією було опубліковано 32 наукові праці.

Учнем М.В. Винокурова В.А. Лазаряном була розроблена теорія стійкості під час руху рейкових екіпажів [5]. Дана теорія досі використовується для визначення раціональних жорсткостей ресорного підвішування і характеристик демпферів візків. Побудовані математичні моделі для дослідження стійкості руху, визначені згідно умов стійкості параметри вантажних і пасажирських вагонів різних типів. М.В. Винокуров разом з В.А. Лазаряном здійснював дослідження стійкості руху вагонів.

М.В. Винокуров особливу увагу приділяв динаміко-міцністним дослідженням рухомого складу, зокрема натурним випробуванням вагонів і локомотивів для визначення їх технічного стану. Під час випробувань вагонів Михайло Васильович оцінював кінематику основних ведучих вузлів і елементів їх конструкції при нормативних і тих, що виникають під час експлуатації навантаженнях з наступним співставленням результатів з допусками розрахунків. Нормативні навантаження імітував статичними навантаженнями: поздовжні і вертикальні – на спецстендах, розпірні і місцеві – з допомогою тарованих пристосувань. Навантаження, що виникають в умовах експлуатації, Михайло Васильович імітував шляхом динамічних випробувань, у цикл яких включав: поїздки зі швидкостями, що перевищували конструктивні на 5–10% по коліях різної конструкції і вигляду у плані, які перебували у різному технічному стані; співударянні вагонів, які рухалися із заданими швидкостями (переважно до 12 км/год), які здійснював на стендах-гірках; виконання навантажувально-розвантажувальних операцій на механізованих пристроях (естакадах, вагоновідкидувачах, навантажувальних комплексах) з допомогою кранів (для важковагових штучних і штабельних вантажів), а також з використанням самохідних вантажів (автомобілів, тракторів і т.п.). Під час випробувань вимірював напруження з допомогою тензорезисторів і відповідних підсилювачів [6].

Під час дослідження локативів М.В. Винокуров визначав характер і рівень сил, які виникають в елементах екіпажу в статиці і під час руху його по залізничній колії при різній конструкції і технічному стані, а також вид деформацій і рівень напруг в несучих деталях конструкції під дією цих сил. Михайло Васильович проводив статичні, ходові, ударні випробування, дослідження кінематики, здійснював оцінку напруженого стану. Під час статичних випробувань визначав прогини в системі ресорного підвішування і рівень напруг в несучих елементах екіпажної частини від нагруження їх власною вагою обладнання. До статичних відносив також навантаження, які виникають від прикладання до екіпажної частини сили тяги. Суму напруг від статичних навантажень він враховував з метою визначення опору втоми конструкції. Ходові випробування М.В. Винокурова включали дослідження кінематичної якості конструкції, вимірювання сил і напруг при русі екіпажу на прямих і криволінійних ділянках колії у діапазоні швидкостей, які перевищують конструкційну на 20%. Під час ударних випробувань М.В. Винокуров встановлював рівень напруг в елементах конструкції екіпажу у випадку зіткнення його із загальмованим составом або під час наїзду на нього одинокого коченого вагона за нормованої сили удару [7].

Дослідження М.В. Винокуровим кінематики, тобто взаємних переміщень елементів екіпажу (у ряду випадків положення гребенів коліс відносно рейок в горизонтальній площині і траєкторії руху коліс у вертикальній площині), дозволяли визначити загальні закономірності у русі екіпажу, достатність обраних вільних ходів і отворів, а також характер опорів, які діють на екіпаж як систему коливання. Сили, які виникають в екіпажній частині, М.В. Винокуров вимірював з допомо-

гою динамометрів або тарируваних тензометричних схем, розміщених на деталях конструкції. За наявності пружних зв'язків сили вираховують як помноження деформацій на їх жорсткість. Оцінка напруженості стану несучих елементів екіпажу і коефіцієнта концентрації напруг в деталях здійснювалася Михайлом Васильовичем за допомогою тензорезисторів. Аналіз матеріалів випробувань дозволяв М.В. Винокурову виявити відповідність екіпажу критеріям, встановленим технічними умовами та іншими нормативними документами [8].

Дослідження М.В. Винокуровим проблем взаємодії рухомого складу і колії стали науковою базою раціонального конструювання і експлуатації рухомого складу і залізничної колії й засобом інтенсифікації їх використання для підвищення пропускної та провізної здатності залізниць.

ЛІТЕРАТУРА

1. Винокуров Мих. Вас. (1890–1955) // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н.С. Конарев. Москва: Научное изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1994. С. 543.

2. Винокуров М.В. Исследование колебаний и устойчивости вагонов // Сборник научных работ ДИИТа. 1939. Вып. 12. С. 7–288.

3. Вагоны / Под ред проф. М.В. Винокурова. Москва: Трансжелдориздат, 1949. 610 с.

4. Вагоны / Под ред проф. М.В. Винокурова. Москва: Трансжелдориздат, 1953. 704 с.

5. Вагоны: Конструкция, теория и расчет (учебник) / Под ред. проф.Л.А. Шадура и проф. И.И. Челнокова. Москва: Транспорт, 1965. 439 с.

6. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. Москва: Транспорт, 1986. 559 с.

7. Данилов В.Н. Железнодорожный путь и его взаимодействие с подвижным составом. Москва: Всесоюзное издательско-полиграфическое обьединение МПС, 1961. 192 с.

8. Блохин Е.П., Гребенюк П.Т. Динамика поезда // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н.С. Конарев. Москва: Науч. изд-во «Большая Российская энциклопедия», 1994. С. 115–116.

Устяк Н.В. **Вклад М.В. Винокурова в решение проблемы динамического взаимодействия подвижного состава и колеи.** *Статья посвящена освещению вклада профессора М. В. Винокурова в решение проблемы динамического взаимодействия подвижного состава и колеи. В статье освещенные исследования М. В. Винокурова в отмеченной сфере железнодорожного транспорта. М. В. Виннокуров одним из первых описал, классифицировал и сравнил проблемы динамики колебания и стойкости вагонов, показал динамическое влияние подвижного состава железных дорог на верхнее строение колеи. Словосочетания «Исследования колебаний и стойкость вагонов» стали визитной карточкой профессора М. В. Винокурова.*

Ключевые слова: *вагон, динамика вагона, стойкость вагонов, взаимодействие подвижного состава и колеи, техника.*

Ustyak N.V. **Contribution of M. Vinokurov in solving the problem of dynamic interaction of rolling stock and track.** *The article is devoted to highlighting the contribution of Professor M. Vinokurov in solving the problem of dynamic interaction of rolling stock and track. The article highlights studies of M. Vinokurov in the specified area of railway transport. M.V. Vinokurov, was one of the first to describe, classify and compare problems of the dynamics of vibration and stability of cars, showed the dynamic impact of rolling stock railways on the upper structure of the track. The phrase "Investigation of vibrations and the stability of cars" became a visiting card of Professor M.V. Vinokurov.*

Key words: *car, dynamics of car, stability of cars, interaction of rolling stock and track, technique.*