

УДК 625.143.54-048.445-027.28

*І. О. Мікульонок, д.т.н., професор, с.н.с.
(професор кафедри «Хімічне, полімерне та силікатне машинобудування»,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»)*

КЛАСИФІКАЦІЯ КОСТИЛІВ РЕЙКОВИХ ШЛЯХІВ ТА ОГЛЯД ЇХНІХ КОНСТРУКЦІЙ

Метою статті є класифікація залізничних костилів та аналіз їхнього конструктивного оформлення.

Запропонована класифікація ґрунтується як на класичному підході до питання верхньої будови рейкового шляху, так і на аналізі відповідної патентної документації різних країн світу.

Наведено класифікацію костилів, а також виконано аналіз конструкцій костилів, що різняться за призначенням, формою поперечного перерізу стрижня, формою стрижня в поздовжньому напрямку, формою загостреного кінця стрижня, ступенем суцільності стрижня, ступенем збірності, ступенем деформування елементів костиля під час його забивання в шпалу, наявністю засобів для підвищення зчеплення костиля зі шпалою, наявністю засобів для стопоріння костиля, наявністю додаткових функцій тощо. Розглянуто перспективи використання запропонованих конструкцій костилів.

Матеріали статті можуть бути корисними науково-педагогічним і педагогічним працівникам, конструкторам, винахідникам, аспірантам і студентам.

Ключові слова: рейковий шлях, верхня будова шляху, костиль, класифікація, конструкція.

Целью статьи является классификация железнодорожных костылей и анализ их конструктивного оформления.

Предложенная классификация основывается как на классическом подходе к вопросу верхнего строения рельсового пути, так и на анализе соответствующей патентной документации различных стран мира.

Приведена классификация железнодорожных костылей, а также выполнен анализ конструкций костылей, различающихся по назначению, форме поперечного сечения стрижня, форме стрижня в продольном направлении, форме заострённого конца стрижня, степени сплошности стрижня, степени сборки, степени деформирования элементов костыля при его забивании в шпалу, наличию средств для повышения сцепления костыля со шпалой, наличию средств для стопорения костыля, наличию дополнительных функций и др. Рассмотрены перспективы использования предложенных конструкций костылей.

Материалы статьи могут быть полезны научно-педагогическим работникам, конструкторам, изобретателям, аспирантам и студентам.

Ключевые слова: рельсовый путь, верхнее строение пути, костыль, классификация, конструкция.

© Мікульонок І. О., 2016

Постановка проблеми. Для облаштування верхньої будови рейкового шляху зазвичай використовують дерев'яні, залізобетонні й металеві шпали, які протягом багатьох десятиліть довели свою достатньо високу ефективність [1–3]. При цьому незважаючи на широке використання нових конструкційних матеріалів значну частку шпал дотепер становлять дерев'яні шпали, для кріплення до яких рейок, рейкових підкладок та інших елементів застосовують передусім костилі.

Відповідно до [4] костиль – це деталь, призначена для прикріплення рейок до дерев'яних шпал або брусів. Костилі виготовляють із вуглецевої сталі й мають овальну головку та квадратний стрижень із загостреним кінцем.

Незважаючи на уявну простоту костилів існує достатньо значна кількість їх конструкцій, запропонована передусім в першій половині ХХ ст., коли альтернативи дерев'яним шпалам майже не було. Проте навіть і в третьому тисячолітті з'являються нові розробки цих кріпильних засобів.

Разом з тим, відомості про існуючі конструкції залізничних костилів майже відсутні, що істотно ускладнює аналіз сучасного стану й перспектив розвитку стану рейкових шляхів і шляхового господарства.

Метою статті є класифікація костилів для залізничних шпал та аналіз їхнього конструктивного оформлення.

Виклад основного матеріалу. Для облаштування рейкових шляхів з дерев'яними шпалами або брусами в нашій країні, а також у більшості країнах – республіках колишнього СРСР – застосовують здебільшого костильні нероздільні й змішані скріплення, основною перевагою яких є їхня простота [1].

За умови *нероздільного скріплення* із зовнішнього боку рейки до шпали прикріплюють одним костилем, а із внутрішнього – двома, які утримують її від перекидання під навантаженням реборд коліс на внутрішню бічну грань головки рейки. У разі наявності підкладок їхні виступи (реборди) сприймають від рейки зусилля, що намагаються її зсунути й передають ці зусилля на внутрішні й зовнішні костилі. Під час руху рухомого складу залізниць рейка трохи вигинається під тиском колісних пар, що призводить до надмикування костилів і вібрації підкладок.

Змішані скріплення характеризуються тим, що їхні підкладки прикріплюють до шпал додатковими костиллями, які перешкоджають вібрації підкладок під час руху рухомого складу і в такий спосіб зменшують зношування рейок і шпал.

За *роздільного кріплення* підкладки окремо прикріплюють до шпал шурупами, костиллями або болтами, а рейки – до підкладок за допомогою спеціальних клем і болтів, що вставляються в отвори-пази в ребордах підкладок. При цьому до дерев'яних шпал підкладки кріплять колійними шурупами. Застосовують й інші типи роздільних скріплень.

Перевагами роздільних скріплень є відсутність вібрації підкладок, можливість заміни рейок без знімання підкладок, а також сильне притискання рейки до підкладок, що істотно ускладнює її поздовжні переміщення. Недоліками роздільних скріплень є велика металоємність, а також значна кількість деталей і трудомісткість робіт під час заміни рейок. Отже, основним призначенням костилів є сприйняття осьових і поперечних навантажень, спричинених передусім дією коліс рухомого складу рейкових шляхів на рейки. При цьому на залізницях України й більшості держав – пострадянських республік вимоги до костилів визначено ГОСТ 5812–82 [5].

Костилі виготовляють із сталі марки Ст4 або Ст3 згідно з ДСТУ 2651:2095/ГОСТ 380–2005 [6]. Загальна довжина костилів становить 165, 205, 230 і 280 мм з теоретичною масою 0,378, 0,458, 0,509 і 0,609 кг, відповідно. При цьому на головці подовжених костилів, крім товарного знака або умовного позначення підприємства виробника залежно від їхньої довжини додатково наносять від однієї до трьох рисок.

Аналіз літературних і патентних джерел інформації надав можливість запропонувати класифікацію залізничних костилів, яку наведено на рис. 1.



Рис. 1. Класифікація костилів для рейкових шляхів

Незважаючи на значні успіхи матеріалознавства, зокрема й у питанні створення високоефективних композиційних матеріалів, для виготовлення костилів традиційно використовується вуглецева сталь звичайної якості. Зробимо аналіз класифікації шпал, наведений на рис. 1.

За *призначенням* у разі змішаного скріплення костилі поділяють на колійні та вирові.

Колійні костилі (зазвичай завдовжки 165 або 205 мм) призначені для облаштування більшості рейкових шляхів. При цьому розрізняють основні костилі, які притискають підошву рейки до шпали й прокладки та утримують рейку від перекидання й бічного зрушення, а також обшивні (обшивальні) костилі, які притискають підкладку до шпали, сприймаючи зсувні зусилля й зменшуючи вібрацію.

Вирові костилі (зазвичай завдовжки 230 мм) призначені для облаштування рейкових шляхів у місцях наявності вирів земляного полотна.

За *формою поперечного перерізу стрижня* найбільшого поширення набули квадратні костилі [5]. Разом з тим запропоновано конструкції круглих (пат. СРСР № 5554, пат. США № 1523195) або профільних костилів, до яких належать конструкції з хрестоподібним або Х-подібним (пат. США № 1725118, 2356376) та шестигранним стрижнем (пат. України № 2497 У) – з двома протилежними паралельними гранями і розташованими між ними двома парами суміжних граней, заглиблених в тіло стрижня. Також серед профільних костилів можна виділити конструкцію зі стрижнем Н-подібного поперечного перерізу з поздовжніми западинами постійної (пат. США № 1367203, пат. Німеччини № 806014) або змінної (пат. США № 1716019) глибини, що зменшується від леза до головки. Завдяки зазначеним пазам не лише зменшується матеріаломісткість костилі, а й збільшується сила зчеплення його стрижня з матеріалом шпали.

Цікавою видається і конструкція (пат. Росії № 2317362 С1), у якій протилежні грані квадратного костилі розташовані під незначним кутом ($1...3^\circ$) до поздовжньої осі. При цьому одна пара граней сходиться в напрямку до головки, а інша – до леза. Таке рішення спрощує процес виготовлення костилі штампуванням з металевого прутка та поліпшує зчеплення стрижня зі шпалою.

За *формою стрижня в поздовжньому напрямку* розрізняють прямі й вигнуті.

Вигнуті костилі викривлені в бік шпали і тому під час забивання в шпалу вони не лише заглиблюються в її тіло, а й міцно притискаються до підошви рейки, що підвищує надійність її фіксації на шпалі (пат. США № 1416819, № 1560221).

Прямі костилі можуть мати прямолінійну або гвинтову поверхню. При цьому гвинтоподібні костилі на відміну від колійних шурупів (див., наприклад, заявки США № US2002/0066796A1, US2015/0034731A1 або пат. Китаю CN203668765U) ці костилі виконують з великим кутом підйому гвинтової лінії. Такі костилі під час забивання в шпалу додатково вкручуються в її тіло, що ускладнює їх висмикування під дією осьових навантажень з боку шпали під час експлуатації рейкового шляху (пат. СРСР № 5554, пат. США № 1884503, 2348331, пат. Німеччини № 377824). У пат. США № 2450361 гвинтоподібну поверхню виконано скручуванням стандартного стрижня квадратного поперечного перерізу.

За *формою загостреного кінця стрижня* розрізняють костилі з лезом у вигляді клина [5], а також кінцем у вигляді кругового конуса (пат. США № 1440444). При цьому костилі з лезом можуть бути виконані як у вигляді симетричного ([5], пат. США № 1367203, 1373875, 1390275, 1393343, 1430758, 1569115), так і несиметричного (пат. США № 1352573, 1416819, 1416971, 1428962) клина.

За *ступенем суцільності стрижня* розрізняють костилі із суцільним стрижнем, трубчасті та у вигляді відкритого профілю.

Згідно з пат. США № 5160085 пропонується костиль виконувати з наскрізним осьовим отвором, тобто трубчастим. Після забивання такого костилі матеріал шпали взаємодіє з поверхнею стрижня не лише з його зовнішньою поверхнею, а й з внутрішньою, що збільшує силу тертя стрижня зі шпалою.

Костиль відкритого профілю запропоновано в пат. Німеччини № 568341, стрижень якого зігнуто з листа у вигляді літер П, S або W (М). Такі костилі забезпечують підвищену силу зчеплення стрижня з матеріалом шпали й низьку матеріаломісткість.

За ступенем збірності розділяють суцільні та складені костилі.

Суцільні костилі виготовляють без застосування складальних операцій, а для виготовлення складених костилів застосування складальних операцій обов'язкове. До останніх можна, наприклад, віднести костилі з окремими деталями для підвищення противисмикувальної здатності (заявка США № US2010/0224691A1). У цій конструкції на трьох бокових поверхнях стрижня виконані поперечні пази для розміщення в них П-подібної скоби з відігнутими з боку головки пелюстками. Під час експлуатації такого з'єднання й дії висмикувального зусилля пелюстки занурюються в матеріал шпали, що істотно ускладнює вилучення костилі зі шпали. На жаль і розбирання в разі потреби цього з'єднання майже неможливе без часткового руйнування шпали (у разі вилучення костилі зі шпали пелюстки П-подібної скоби виривають прилеглі до них шари матеріалу шпали).

За ступенем деформування елементів костилі під час його забивання розрізняють костилі незмінної форми й деформівні костилі.

До деформівних костилів належить конструкція з виконаним з боку головки осьовим отвором, який з боку леза сходиться нанівець (пат. США № 1569115). При цьому загострена ділянка стрижня виконана з поздовжнім розрізом з боку леза. Після забивання костилі в шпалу в осьовий отвір вбивають цвях, який розтискає загострену ділянку стрижня, надійно фіксуючи костиль у тілі шпали. Недоліком такої конструкції є складність вилучення костилі зі шпали в разі демонтажу рейок.

На одній з поверхонь стрижня костилі згідно з пат. США № 1352573 виконано поперечні надрізи, а протилежно розташована грань загостреної частини скошено в інший бік. Під час забивання стрижень такого костилі під дією бокової складової зусилля, що діє на скошену грань загостреної частини починає вигинатися в бік поперечних надрізів, що істотно ускладнює подальше вилучення костилі зі шпали.

У пат. США № 3905549 стрижень з боку леза несиметрично надрізано на дві частини, меншу (тонкішу) з яких виконано з лезом, скошеним у бік більшої (товстішої). Під час забивання такого костилі більша (силова) частина костилі заглиблюється в шпалу прямолінійно, а менша (стопорна) викривляється, відхиляючись від вертикалі, що забезпечує надійне стопоріння костилі в цілому.

За наявністю засобів для підвищення зчеплення костилі зі шпалою костилі бувають без зазначених засобів та з їх наявністю.

Найпростішими такими засобами є виступи (рідше) або пази (частіше), виконані на стрижні. Так, поперечні виступи пропонуються виконувати на одній (пат. Китаю № CN101260636A), двох протилежних (пат. США № 1390275) або трьох і більше (пат. США № 1373875, 3356300) поверхнях стрижня. Поздовжні виступи, що сходяться нанівець з боку леза, запропоновано виконувати в пат. США № 3367576. Також на гранях стрижня виконують закриті поздовжні пази, які під час експлуатації рейкової колії частково або повністю заповнюються матеріалом шпали: по одному пазу (пат. США № 1393343, пат. Німеччини № 357597) або по декілька послідовно розташованих пазів на грані (пат. США № 1430758). Поздовжні виступи й западини також виконані на стрижні згідно з пат. США № 1868964, а на костиліях круглого поперечного перерізу пропонується виконувати поперечні або гвинтові зарубки, що сходяться нанівець з боку головки костилі (пат. США № 1523195), поперечні чи гвинтові виступи (пат. США № 1529989) або кільцеві чи гвинтові западини (пат. Німеччини № 945694).

У костилі згідно з пат. Китаю № CN201195815Y на одній з граней стрижня виконано поперечні зубці, в пат. США № 1428062 на протилежних гранях стрижня виконані V-подібні пази, а в пат. США № 1698370 виконані похилі пази, які після забивання костилі під дією пружних властивостей матеріалу шпали частково або повністю ним заповнюються, що підвищує зчеплення костилі зі шпалою, а отже, й надійність з'єднання. Цікаве рішення запропоноване в пат. Китаю № CN201506942U, у якому

стрижень виконано у вигляді загостреного з одного кінця й спорядженою головкою з іншого відрізка будівельної арматури, для якої характерне виконання вздовж неї поперечних і трохи похилих С-подібних западин, які забезпечують ефективне зчеплення стрижня костиля з матеріалом шпали.

У конструкції (а.с. СРСР № 1794964 А1) на тильній поверхні стрижня костиля (тобто поверхні, віддаленій від рейки) виконані западини змінної глибини: мінімальної з боку головки й максимальної з боку леза. Після забивання такого костиля в шпалу її матеріал з часом заповнює западини стрижня, що ускладнює виривання костиля зі шпали. Аналогічне рішення пропонується і в пат. США № 1416971.

Подібні пази виконують і на скошених гранях загостреної частини стрижня (пат. США № 2533901). При цьому в пат. Німеччини № 832302 запропонована інша форма западин – максимальної глибини з боку головки й мінімальної з боку леза.

У пат. Німеччини № 624159 поздовжні пази на двох протилежних поверхнях виконано періодичної глибини, так що осердя стрижня набуває хвилястої форми.

Також запропоновано на одній або обох поверхнях загостреної частини стрижня виконувати поздовжні гребені (пат. Німеччини № 671463).

За наявності засобів для стопоріння костилі бувають без зазначених засобів та з їх наявністю. У свою чергу засоби для підвищення зчеплення костиля зі шпалою можуть бути виконані за одне ціле зі стрижнем костиля або у вигляді окремих деталей.

Так, запропоновано костиль з відкритим з боку головки та радіусним з боку леза пазом (пат. Росії № 13045 U1). Після забивання цього костиля в шпалу в зазначений паз заводиться стопорний елемент у вигляді цвяха з надрізанним у декількох місцях стрижнем. Під час забивання цвяха завдяки радіусній ділянці паза в стрижні костиля цвях вигинається й під кутом до поздовжньої осі стрижня костиля заглиблюється в тіло шпали, після чого видалити костиль зі шпали (без попереднього вилучення з нього стопорного елемента) майже неможливо.

За наявності додаткових функцій розрізняють костилі з такими функціями і без них. Так, додатковою функцією можна вважати виконання на двох протилежних гранях стрижня квадратного поперечного перерізу пазів (переважно у формі ластівчиного хвоста), які перед забиванням костиля заповнюються антисептиком, що запобігає гниттю деревини шпали під час експлуатації рейкової колії (а.с. СРСР № 76736).

Як бачимо, незважаючи на уявну простоту такого звичного кожному з нас елемента рейкового шляху як костиль, винахідницька думка не стоїть на місці та продукує безліч різноманітних технічних рішень щодо конструктивного оформлення костилів рейкових шляхів.

Висновки. У статті зроблена спроба розробки розширеної класифікації костилів рейкових шляхів з урахуванням новітніх досягнень техніки в цьому питанні.

При цьому, навіть зважаючи на запропоновану класифікацію, а не конкретних варіантів виконання костилів, можна зробити висновок про їхнє різноманіття, що дає можливість проектувальникам не лише прослідкувати хід конструкторської думки впродовж тривалого часу експлуатації залізниць, а й за потреби обирати найприйнятніші технічні рішення відповідно до умов експлуатації рейкових шляхів (місце розташування рейкового шляху, кліматичні умови, тип і характеристики рухомого складу тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Калинин В.К.* Общий курс железных дорог.: учебник для сред. ПТУ / В.К. Калинин, Н.К. Сологуб, А.А. Казаков. – М.: Высш. шк., 1986. – 304 с.
2. *Общий курс железных дорог* : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / В. Н. Соколов, В.Ф. Жуковский, С.В. Котенкова, А.С. Наумов ; под ред. В.Н. Соколова. – М.: УМК МПС России, 2002. – 296 с.

3. Мікульонок І.О. Класифікація шпал та огляд їхніх конструкцій / І.О. Мікульонок // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Транспортні системи і технології». – 2015. – Вип. 26–27. – С. 47–57.

4. Большая Советская Энциклопедия (в 30 т.) / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Сов. энциклопедия, 1970. – Т. 13. Конда – Кун, 1973. – 608 с.

5. ГОСТ 5812–82. Костыли для железных дорог широкой колеи. Технические условия. – Введ. 1983–01–01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.

6. ДСТУ 2651:2095/ГОСТ 380–2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. – Чинний від 2006–09–01. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 7 с.

Ihor O. Mikulionok, Dr. Sci. Tech., Prof., Sen. Researcher
(Professor of Chemical, Polymeric and Silicate Mechanical Engineering Chair, National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»)

CLASSIFICATION OF RAILWAY LINES SPIKES AND THE REVIEW OF THEIR DESIGNS

Article purpose is classification of rail spikes (fastening) and the analysis of their constructions.

The offered classification is based as on the classical approach to a problem of the top structure of a railway, and on the analysis of the corresponding patent documentation of the various countries of the world.

Classification of rail spikes is resulted, and also the analysis of new designs of the spikes differing to destination, a form of a rod cross section , the rod form in the longitudinal direction, a form of the pointed end of the rod, the rod uniformity degree, extent of assembly, extent of deformation of elements of the spike at its clogging in a sleeper, existence of means for increase of coupling of a spike with the sleeper, existence of means for latching of the spike, existence of additional functions and so on is made. Possibilities of use of the offered designs of rail spikes are considered.

Article materials can be useful to scientific and pedagogical and pedagogical workers, designers, inventors, post-graduate students and students.

Keywords: railway line, the top structure of a way, rail spikes, classification, design.

REFERENCES

1. Kalinin V. K. *Obshchiy kurs zheleznykh dorog* [The general course of the railways] / V. K. Kalinin, N.K. Sologub, A.A. Kazakov. – Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1986. – 304 p.

2. *Obshchiy kurs zheleznykh dorog* [The general course of the railways] / V.N. Sokolov, V.F. Zhukovskiy, S.V. Kotenkova, A.S. Naumov ; pod red. V.N. Sokolova. –Moscow, UMK MPS Rossii, 2002. –296 p.

3. Mikulionok I.O. Klassifikatsiia shpal ta ogliad yikhnikh konstruktstii [Classification of sleepers and review of their designs] / I.O. Mikulionok // Zbirnyk. naukovykh prats DETUT. Seriiia «Transportni systemy i tekhnologii». – 2015. – Vyp. 26–27. – P. 47–57.

4. *Bolshaya Sovetskaya Entsiklopediya* (v 30 t.) [The Big Soviet Encyclopedia] / gl. red. A.M. Prokhorov. – 3-e izd. Moscow, Sovetskaya Entsiklopediya Publ., 1970. Vol. 13. Konda – Kun, 1973. – 608 p.

5. ГОСТ 5812–82. *Kostyli dlia zheleznykh dorog shirokoy kolei. Tekhnicheskie usloviya* [Interstate Standard 5812–82. Fastening for broad gauge railways. Technical specifications]. – Moscow: Standards Publishing House, 1999. – 5 p.

6. ДСТУ 2651:2095/ГОСТ 380–2005. *Stal vugletseva zvychnoi yakosti. Marky* [Common quality carbon steel, Grades]. – Kyiv: Derzhpozhvstandart Ukrainy Publ, 2006. – 7 p.