

СУЧАСНІ РЕЙКОВІ СТАЛІ І МОЖЛИВОСТІ ЕШП (Огляд). Повідомлення 1.

Умови експлуатації рейок та їх дефекти

Л. Б. Медовар, Г. П. Стівпченко, Г. О. Полішко, Є. О. Педченко, В. А. Зайцев

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.
03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Зроблено огляд тенденцій розвитку залізничного транспорту і пов'язаних з ними змін умов експлуатації та виникнення дефектів, що скорочують строк служби рейок. Зростання швидкості руху пасажирських потягів і збільшення навантаження на вісь при перевезенні вантажу вимагає покращення якості рейок і властивостей сталей, з яких їх виробляють. Збільшення інтенсивності знакоперемінних контактних навантажень, нагрів при тривалому гальмуванні та корозійні фактори викликають пошкодження рейок. Більшість дефектів рейок, що призводять до виходу їх з ладу, мають контактено-втомне походження і їх утворення часто пов'язано з металургійною якістю сталі, покращення якої потребує технологічних вдосконалень вздовж всього циклу виробництва рейок. Бібліогр. 25, іл. 1.

Ключові слова: залізничні рейки; швидкість руху; навантаження на вісь; умови експлуатації; дефекти втомного походження

Останні роки засвідчили, що стратегічний курс на прискорений розвиток пасажирського і вантажного залізничного транспорту цілком виправдовує себе і будівництво сучасних залізниць стає нагальним питанням як в найрозвиненіших країнах світу, так і в тих, що розвиваються. Для України з її географічним положенням між сходом та заходом поновлення залізничного транспорту, розвиток мережі та осучаснення колій повинно стати стратегічним напрямком розвитку інфраструктури. Створення новітньої залізниці ускладнюється відсутністю в країні сучасного виробництва залізничних рейок і для його створення необхідно чітко розуміння тенденцій розвитку сортаменту, матеріалознавчих підходів і технологічних принципів одержання продукції преміум якості.

Роботи з вдосконалення технології металургійного виробництва і термообробки, створення рейкових сталей нового хімічного складу, структури тощо ведуться в усьому світі і Україна, яка займає шосте місце в Європі і дванадцяте в світі за сукупною довжиною шляхів (експлуатаційна протяжність головних ділянок за даними Укрзалізниці — 22,3 тис. км, розгорнута — 24,1 тис. км) не повинна стояти осторонь. Роботи останніх років, що їх проведено в ІЕЗ ім. Є.О. Патона, свідчать, що давня ідея щодо використання електрошлакового переплаву для виробництва рейок найвищого гатунку має перспективи на сучасному рівні вимог залізничників й можливостей металургів їх задовольняти. З огляду на це зроблено аналіз сучасного стану проблеми.

Історія розвитку швидкісного пасажирського руху та вантажоперевезень. Появу рейкових доріг відносять ще до часів античної Греції. Перша

залізниця з рейками з чавуну з'явилась у Великій Британії. Напочатку саме перевезення вантажів було основним завданням залізниць, але із заміною гужового транспорту на парову тягу швидкість значно підвищилась, що сприяло поширенню пасажирського руху. Перший паровоз Дж. Стефенсона «Локомотив 1» (ім'я якого згодом стало загальним для всіх тягових машин на залізниці) рухався зі швидкістю 24 км/год, а вже другий локомотив «Ракета», що був створений в 1829 р., досяг вражаючої для того часу швидкості — 50 км/год.

Рекорд швидкості потягів XIX сторіччя був установлений в 1899 р. в Німеччині (210,2 км/год). Максимальна швидкість руху реальних потягів у 1930-х роках становила 180 км/год (середня швидкість — 135 км/год). У 1934 р. в США з'явився швидкісний потяг «Зефір» з максимальною ходовою руху 185 і середньою 96,6 км/год на залізниці Бостон–Мейн. В 1938 р. італійський ETR 200 мав комерційну швидкість 160 км/год і рекордну — 203 км/год, який перевищив швидкість потягу «Маллард» з Великої Британії (202,58 км/год) [1]. У 1950-х рр. швидкість понад 300 км/год показав французький потяг CC 7107, в якому всі вісі були моторизовані. На кожній колісній вісі було встановлено двигун, що дозволив підвищити потужність, керованість і швидкість гальмування. CC 7107 зберігав рекорд понад 50 років до 2006 р., коли локомотив Siemens Taurus у Німеччині досяг швидкості 357 км/год [1].

Першу сучасну швидкісну залізницю було побудовано в Японії.

Потяг «Синкансен» почали експлуатувати в 1964 р. (швидкість понад 200 км/год). Найновіші поїзди «Синкансен» з часом збільшили комерцій-

ну швидкість до 300 км/год. Складні конфігурації доріг та структурні проблеми були вирішені японськими інженерами завдяки новим технологічним досягненням, таким як інноваційні технології тунелювання, поворотні вагони, що дозволяють збільшити швидкість через криві, використання моторизованих вагонів без локомотиву та ін. [2].

В Японії вперше використано технології безстикового укладання рейок, які зварювали в промислових умовах в пліті довжиною кілометр і доставляли до місця укладання.

Створення в Європі традиційної швидкісної лінії аналогічної японській здійснено у Франції. Потяг TGV (train à grande vitesse — швидкісний поїзд) Париж—Ліон, що ввели в експлуатацію в 1981 р., мав швидкість 260 км/год. Зараз швидкість руху на лініях TGV, які покрили Європу, досягає 350 км/год, а середня швидкість — 263,3 км/год. В 2007 р. новий укорочений склад типу TGV POS розвинув швидкість 574,8 км/год (гальмівний шлях склав 32 км) на новій лінії LGV EST довжиною 106 км [1, 3].

У Росії трасу Москва—Санкт-Петербург, по якій з 2009 р. курсує потяг «Сапсан», визнають умовно швидкісною, оскільки здебільшого вона є частково модернізованою. Тому, виготовлений німецькою компанією «Siemens» потяг, здатний розвивати швидкість до 350 км/год, лише на одній ділянці досягає 250 км/год. Середня швидкість руху — 140 км/год. Навантаження від колісної пари на рейки — 205,8 кН [4]. Зазначимо, що рейки й колеса були імпортовані.

В 2017 р. в Китаї почав курсувати швидкісний потяг «Фусін» (Fu xing) [5], що здатен розвивати швидкість до 350 км/год.

Слід відмітити, що європейські залізниці почали перехід до швидкісного руху пізніше, ніж в Японії, тому що всередині минулого сторіччя відбулися успішні експерименти з потягом «Маглев» (скорочення від слів магнітна левітація) на магнітній підвісці, що не торкається рейок [1, 6].

Розвитком ідеї використання потягів на магнітній левітації є розробка «Hyperloop» відомого винахідника Ілона Маска, яку планують збудувати на дорозі між Лос-Анджелесом і Сан-Франциско (більш ніж 600 км). Автор стверджує, що система, яка передає капсули через вакуумну трубку, підтримувану бетонними стовпами, буде дешевшою і переміщатиме пасажирів швидше, ніж залізничне сполучення. Hyperloop Transportation Technologies ВНО планує використовувати постійні магніти для підйому своїх транспортних капсул не потребуючи дорогого живлення залізниці. Технологія також позбавляє необхідності використання високоточних рейок, що знижує витрати на будівництво [7].

Збільшення швидкості руху потягів по всьому світу веде до постійного підвищення вимог до якості залізничних рейок, безпеки руху, поліпшення

комфорту пасажирів і зниження витрат на технічне обслуговування доріг. Окрім безстикового з'єднання рейок для швидкісних трас пред'являють і інші особливі вимоги. Так, радіус поворотів повинен становити не менше 4000 м. Міжосьові відстані сусідніх колій не менше 4,5 м, що знижує аеродинамічний ефект при роз'їзді двох зустрічних поїздів, відносна швидкість яких може досягати 700 км/год.

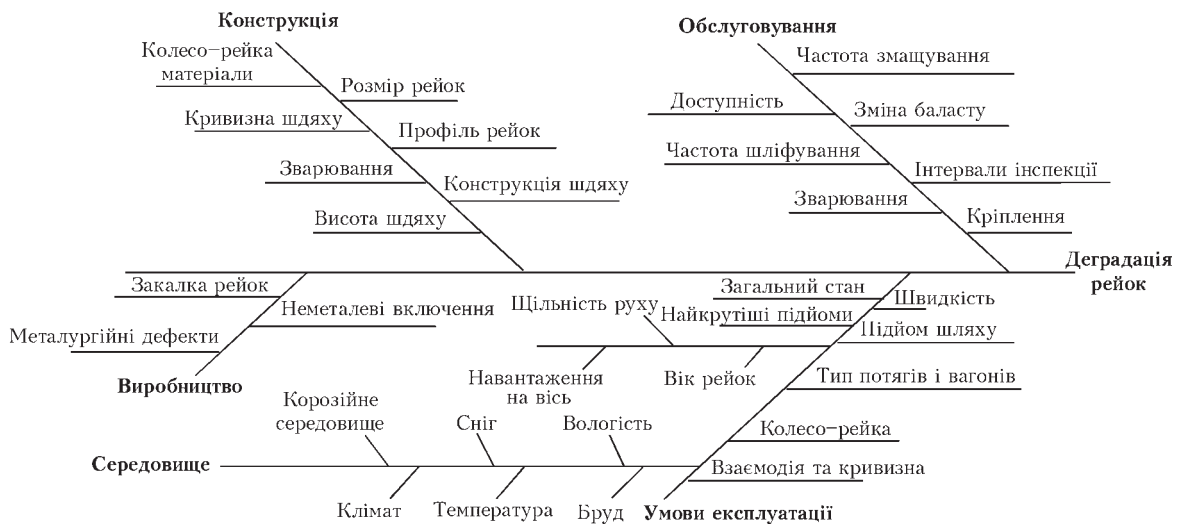
Сучасні рейки повинні відповідати умовам експлуатації високошвидкісного залізничного транспорту на виділених для цього коліях. Одночасно розвивається вантажонапруженість руху для збільшення ефективності транспортування, де на першому плані стоять задачі підвищення стійкості до зношування рейок, що конче потрібно для країн, де вантажний транспорт є основним [8]. Розглянемо більш детально в яких саме умовах експлуатуються зараз рейки і як це позначається на їх роботоздатності.

Умови експлуатації рейок на залізницях з високошвидкісним та вантажним великотонажним рухом. Високі надійність і експлуатаційні властивості всіх складових рейкового шляху та рухомого складу є умовою забезпечення ефективності і безпеки сучасних залізниць. Розвиток залізничного транспорту йде шляхом інтенсифікації експлуатації рейкового господарства за рахунок збільшення швидкості руху пасажирських поїздів і навантаження на вісь при товарних перевезеннях [2, 8, 9]. Щоб зрозуміти, в яких умовах сьогодні експлуатуються рейки, розглянемо основні показники, що характеризують їх навантаження.

Основне значення в забезпеченні швидкості та надійності залізничного руху має структура колії, що включає в себе насип, шпали і залізничні рейки, експлуатаційні характеристики яких часто стають вирішальними.

В роботі [10] показано, що умови навколишнього середовища, в якому працює залізниця, є суворими, а сили, які це зумовлюють, складними і змінними. Умови контакту рейок з залізничним колесом ведуть до сильного зносу, а навколишнє середовище викликає корозію металу. До того ж рейки можуть бути механічно або термічно пошкоджені під час установки та технічного обслуговування. Автори вказують, що рейки повинні бути оброблюваними, зварюваними і доступними. Сталеві рейки забезпечують тривалий строк служби, проте, як і багато металевих компонентів, які піддаються циклічному (багаторазовому) навантаженню, метал рейок є чутливим до втоми і це може призвести до їх часткової або повної відмови.

Автори роботи [11] надають діаграму Ішкіави — діаграму «причини—наслідки», яка дає уяву



Діаграма Ішікави для аналізу деградації залізничних рейок

про те наскільки багато груп факторів впливають на пошкодження рейок (рисунок).

З нашої точки зору, кількість факторів виробництва, що впливають на деградацію рейок є навіть значно більшою. Наприклад, до групи металургійних дефектів входять такі традиційні явища як центральна сегрегація і екзотичні підкоркові пухири внаслідок надмірної продувки сталі аргоном, що пов'язані з безперервним литтям сталі [11].

Важливим фактором експлуатації рейок є те, що внаслідок тертя зчеплення при гальмуванні, проходженні кривих та випадковому повному прослизанні відбувається нагрівання їх поверхні. Довготривале гальмування може нагріти обід колеса до температури більш ніж 500 °C [12].

В роботі [13] показано, що рейки піддаються важкому контактному циклічному навантаженню, яке протягом останніх декількох десятиліть збільшується з ростом розміру та ваги вантажу, експлуатації потягів з навантаженням на вісь до 100...125 т, розмірів та швидкості поїздів, що використовують для транспортування сипучих грузів. Все це вимагає виробничих та металургійних підходів, які б запобігали зносу та утворенню інших видів дефектів, що обмежують тривалість роботи залізничного транспорту.

Суттєвою тенденцією розвитку залізниць сьогодні є підвищення швидкості руху пасажирських потягів, організація якого потребує змін в технічному оснащенні колій, технологіях виробництва і з'єднання рейок. В той же час, навантаження на вісь пасажирських потягів обмежується 11...17 т для швидкості 300 км/год, а тягове зусилля складає приблизно від 11 до 24 кВт/т [14].

При перевезенні вантажів ефективність залізничних систем значно підвищується при збільшенні навантаження на вісь, яке передається на рейки, що супроводжується більшим ризиком появи дефектів при експлуатації, зносу, втоми і

руйнуванню сталевих рейок. Тому першочергове значення має розробка високоефективних сталей для рейок, що будуть застосовані на важконавантажених залізницях.

Збільшення навантаження на вісь (сьогодні номінальним є навантаження 42 т [15] при річному вантажообігу понад 350 млн. т [16]) також суттєво пришвидшує зношування та руйнування залізничних рейок та колісних пар.

Взаємодію в системі колесо-рейка вивчають протягом існування залізниці і сьогодні є відповідний підрозділ контактної механіки, що вирішує проблеми тертя і зносу (трибології), втомних руйнувань металу тощо. В умовах підвищення навантаження та швидкості руху, кочення і ковзання металевого колеса викликає фрикційні (в тому числі абразивні), термічні та деформаційні впливи як на колесо, так і на рейки аж до пластичної течії металу їх робочих поверхонь. Багатьма дослідженнями [17–19] встановлено, що основною причиною виходу рейок з ладу є пошкодження втомного походження, що виникають від тертя і ударів від коліс рухомого складу. В той же час, детальний аналіз причин виходу рейок з ладу може дати інформацію, яка буде корисною для покращення їх якості та збільшення строку служби.

Аналіз причин виходу рейок з ладу. Рух потягу викликає декілька видів впливу на рейки, а саме знос — тертя колеса об рейку під навантаженням, яке викликає втрати металу, перекатування колес, особливо за нерівності рейок і нерівнопружності колії, — циклічні знакозмінні навантаження на рейки і сприяє формуванню дефектів контактно-втомного походження.

Автори роботи [10] показали, що наприкінці 1990-х рр. дефекти контактно-втомного походження становили близько 60 % всіх дефектів, які виявлені

на Східно-Японських залізницях, тоді як у Франції та Великобританії, де на той час доля швидкісного руху була меншою, ці цифри склали відповідно 25 та 15 %. Автори вказують, що контактна втома є головною майбутньою проблемою, оскільки перевезення вимагають більшої швидкості, високих навантажень на вісь, збільшення щільності трафіку та високих тягових сил. Дефекти залізничної колії автори розділили на три групи:

що виникають при виробництві рейок (наприклад, овальність);

що виникають внаслідок пошкодження, спричиненого неправильним поведінням, встановленням та використанням;

які зумовлені виснаженням стійкості залізничної сталі до втомного руйнування. Багато форм дефектів, що ініційовані контактною втомою знаходяться в цій групі.

Запропоновано й іншу класифікацію [21] дефектів залізничних рейок, які пов'язані з:

рельєфними з'єднаннями (дефекти зварювання);
якістю рейок (горизонтальні тріщини).

В усьому світі спостерігаються пошкодження головок рейок через збільшення експлуатаційних навантажень, вантажонапруженості й швидкості руху поїздів. Багатьма дослідженнями підтверджено, що тріщини розвиваються з поверхні рейки в напрямку руху спочатку відхиляючись з невеликим кутом (біля 15°) до головки рейки. Коли тріщина досягає глибини 10 мм кут збільшується (до 70°), тріщина зростає і рейка руйнується. Під час росту тріщини під плоским кутом кусочки матеріалу (у вигляді пластівців) можуть викришуватися з головки рейки, але небезпека руйнування рейки безумовно є результатом тих тріщин, що повернули і слід запобігати такому розвитку ситуації. Накопичення залишкових напруг також є важливим фактором, який прискорює процес втоми і подальшого руйнування залізничних рейок [21].

Багато корисних відомостей з питань дефектів рейок містять посібники різних залізниць, які включають визначення, рекомендації, розташування та загальну систему кодування дефектів зламаних, тріснутих та пошкоджених рейок (такий код може містити до чотирьох цифр). Аналіз дефектності рейок на залізницях світу показує, що причини та характер їх пошкоджень на дорогах із переважним пасажирським рухом (SNCF (Франція), HSPC (Великобританія), NS (Нідерланди), DB (Германія), EJR (Японія)) відрізняються від тих, що утворюються на дорогах із вантажним та змішаним рухом [22, 23]. Але є і багато спільних проблем. Наприклад, поперечні тріщини в зварних стиках, виявлення яких є доволі складним. У трьох залізницях із переважним пасажирським рухом головною проблемою є пошкодження, пов'язані із втомою матеріалу (відшарування та викришуван-

ня). Вказується також, що на дорогах із переважним вантажним рухом види дефектів на різних залізницях різняться між собою. Спільними є проблеми пов'язані із поперечними зламами рейок.

За даними дослідників роботи [24], які аналізували вихід з ладу дефектних і гостродефектних рейок на Білоруській залізниці, переважно з'являються наступні дефекти: відшарування і викришування металу; викришування металу на бічній поверхні робочої викружки головки рейки; відшарування і викришування металу на поверхні катання в загартованому шарі, які складають більше 70 % від загальної кількості виявлених дефектних рейок. При подальшій експлуатації рейок поверхневі дефекти перетворюються у внутрішні, потенційно небезпечні дефекти головки рейки, переважно поперечні тріщини в голівці внаслідок недостатньої контактної-втомної міцності металу, які становлять близько 53 % від загальної кількості виявлених гостродефектних рейок і горизонтальне розшарування головки, яке становить близько 17 %.

За даними діагностики колій Південної залізниці України із загальної кількості гостродефектних рейок, що виявлені з початку 2015 р., найбільшу частку становлять гартувальні тріщини в загартованому шарі металу головки та злами через них (117 шт.), поперечні тріщини в голівці у вигляді світлих і темних плям і злами через них унаслідок недостатньої контактної-втомної міцності металу (61 шт.). Другими за кількістю є дефекти — горизонтальне розшарування головки через наявність неметалевих включень (61 шт.) та горизонтальне розшарування загартованого шару головки рейки (98 шт.). На залізницях України [25] більше 80 % відмов рейок приходиться на дефекти пов'язані із контактної-втомними пошкодженнями та зносом. Сумарна їх кількість у 2009 р. у порівнянні з 1999 р. не зменшувалася. Кількість тих чи інших видів дефектів залежить від виробника рейок, що може бути пов'язано з відмінностями у якості сталі на різних підприємствах.

Таким чином, можна констатувати, що існують загальні проблеми пошкодження рейок дефектами контактної-втомного походження, кількість яких зростає і буде збільшуватися з підвищенням інтенсивності та швидкості руху і навантаження на вісь. Окрім металургійних способів важливим є і раннє викриття появи тріщин. Відомо, що втомне руйнування має три основні стадії: по-перше, виникає зародок втомної тріщини, яка потім підрастає, і за відсутності контролю за її просуванням веде до руйнування рейки. Розвиток перших двох фаз втоми протягом певного періоду часу має інкубаційний період, коли йде накопичення напруг в металі під дією циклів навантаження. Саме цей період зростання тріщини може бути використано

експлуатаційниками для знаходження та усунення зародкових тріщин там, де це є можливим.

Загалом для зменшення ушкоджень рейок необхідно забезпечити високу твердість, зносостійкість, контактну-втомну міцність металу головки і одночасно пластичність, в'язкість, стійкість до знакозмінних навантажень шийки і підшви.

У зв'язку з інтенсифікацією руху на залізницях України, збільшенням жорсткості шляху при використанні залізобетонних шпал тощо, числа і вантажнапруженості перевезень постійно зростають фактори, які скорочують термін служби рейок і як результат зменшують швидкість руху і навантаженість на вісь. В перспективі будівництво швидкісних і високошвидкісних залізничних магістралей, постійне збільшення ваги вантажних составів змусять Укрзалізницю використовувати рейки з підвищеним рівнем експлуатаційних властивостей.

З посиленням динамічної дії на колію вагового значення набуває довжина і прямолінійність рейок, насамперед їх кінців. За кордоном це забезпечується головним чином спеціальними способами прокатки рейок великої довжини. Відомо і те, що довговічність рейок є вищою при збільшенні твердості поверхні кочення та глибини загартованого шару головки, а контактну-втомну міцність металу визначається хімічним складом і металургійною якістю металевого виробу, яка включає чистоту сталі (головним чином за неметалевими включеннями), ступінь хімічної та структурної однорідності, наявність та розвиток дефектів тощо.

Складність виробництва рейок преміальної якості полягає в тому, що відомі економічно виправдані способи (підвищення вмісту вуглецю, нові системи легування, модифікування і термічна обробка сталі) на сьогодні практично вичерпано. Не ефективні нині і раніш використовувані можливості підвищення роботоздатності рейок за рахунок збільшення їх перетину (ваги). Одним з перспективних рішень може стати застосування електрошлакових технологій для підвищення якості.

Таким чином, більш жорсткі умови експлуатації вимагають підвищення якості рейок, що сьогодні може бути досягнуто комплексним удосконаленням технології на всіх стадіях циклу виробництва сталі: виплавці, позапічній обробці, розливанні і термообробці металу. З цією метою слід проаналізувати тенденції розвитку сортаменту рейок, вимоги стандартів та сучасні технології їх виробництва.

Висновки

1. Сучасні рейкові колії працюють в умовах постійного зростання швидкості руху і навантаження на вісь, що підвищує вимоги до якості та властивостей рейок. До конструкції швидкісних

магістралей вимоги є наступними: безстикове з'єднання рейок, великі радіуси поворотів та міжосьові відстані сусідніх колій.

2. Зростання річного вантажообігу, навантаження на вісь та тягової сили веде до збільшення знако-перемінних контактних циклічних навантажень, нагріву при тривалому гальмуванні до температур пластичної течії робочої поверхні.

3. Більшість дефектів рейок, що призводять до виходу їх з ладу, мають контактну-втомне походження і їх утворення часто пов'язано з металургійною якістю сталі.

4. Більш жорсткі умови експлуатації рейок вимагають підвищення якості та властивостей металу, що потребує комплексного удосконалення металургійних технологій на всіх стадіях циклу виробництва сталі (виплавці, позапічній обробці, розливанні і термообробці металу), а також нових нетрадиційних рішень.

Список літератури/References

- (2017) *The ten fastest trains in the world... 1801 to present. Smart train world.* www.smarttrainworld.com/the-fastest-train-in-the-world
- Soejima, H. (2003) Feature: Railway technical research in Asia railway technology in Japan – Challenges and Strategies. *Japan Railway & Transport Review*, **36**, 4–13.
- TGV. <https://en.wikipedia.org/wiki/TGV>
- RZhd. http://www.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=666&layer_id=3290&id=35855-16
- (2017) *Xinhua.* http://news.xinhuanet.com/english/2017-09/21/c_136626345_2.html
- (2015) Japan train beat a proper record of speed. *BBC Ukraine.* http://www.bbc.com/ukrainian/science/2015/04/150421_maglev_speed_record_ko
- (2017) *Hyperloop work begins before a business case is made.* <https://amp-ft-com.cdn.ampproject.org/c/s/amp.ft.com/content/64c31810-d375-11e7-ae3e-563c04c5339a>
- Saeki, K., Iwano, K. (2013) Progress and prospects of rail for railroads. Nippon Steel & Sumitomo Metal. *Technical Report*, **105**, 21–25.
- Tzanakakis, K. (2013) The railway track and its long term behaviour: A Handbook for a railway track of high quality. *Springer Sci. & Business Media.*
- Cannon, D.F., Edell, K.O., Grassie, S.L., Sawley, K. (2003) Rail defects: An overview. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, **26(10)**, 865–886.
- Kumar, S.A. (2006) *A study of the rail degradation process to predict rail breaks.* Luleå University of Technology, Division of Operation and Maintenance Engineering.
- Nikas, D., Ahlström, J., Malakizadi, A. (2016) Mechanical properties and fatigue behaviour of railway wheel steels as influenced by mechanical and thermal loadings. *Wear*, **366–367**, 407–415.
- (2005) Steels: Processing, structure, and performance. Chapter 15. High-carbon steels: Fully pearlitic microstructures and applications. *ASM International.* https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/Chapter_15_WEB.pdf
- (2015) *Technology for the future.* UIC, The Worldwide Railway Organisation. https://uic.org/IMG/pdf/high_speed_brochure.pdf
- Girsch, G., Keichel, J., Gehrman, R. et al. (2009) Advanced rail steels for heavy haul application-track performance and

- weldability. *9th International Heavy Haul Conference*, 22–25 June 2009, Changhai, China, pp. 171–178.
16. Voestalpine. *One step ahead*. <https://www.voestalpine.com/schienen/static/sites/schienen/.downloads/Image-Brochure.pdf>
 17. Jiang, X., Li, X., Li, X. Cao, Sh. (2017) Rail fatigue crack propagation in high-speed wheel/rail rolling contact. *J. of Modern Transportation*, 25(3), 178–184.
 18. Olofsson, U., Lewis R. (2009) *Tribology of the wheel-rail contact*. Ed. by S. Iwnicki. A Handbook of Railway Vehicle Dynamics, Swets & Zeitlinger Publishers.
 19. Mädler, K., Zoll, A., Heyder, R., Brehmer, M. (2008) *Rail materials — alternatives and limits*. http://www.researchgate.net/publication/267989542_Rail_Materials_Alternatives_and_Limits
 20. Marais, J.J., Mistry, K.C. (2003) Rail integrity management by means of ultrasonic testing. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 26(10), 931–938.
 21. Smith, R. (2002) *Rolling contact fatigue of rails: what remains to be done?* <http://www.railway-research.org/IMG/pdf/512/pdf>
 22. Agarkov, O.V. (2013) Analysis of problems of defects formation in railway track rails. *Visnyk Nats. Transport. Un-tu*, 28, 3–8 [in Russian].
 23. Sawley, K., Reiff, R. (2000) *Rail failure assessment for the office of the rail regulator. An assessment of Railtrack's methods for managing broken and defective rails*.
 24. Matvetsov, V., Miroshnikov, N., Kratenok, V. (2013) Damage of rails by defects in different service conditions. *Visnyk TNTU*, 71(3), 182–189 [in Russian].
 25. Rudyuk, A.S., Azarkevich, A.A., Voskovets, Yu.A. et al. (2011) Defectiveness of rails on railways of Ukraine. *Put i Putevye Khozyajstvo*, 7, 28–32 [in Russian].

СОВРЕМЕННЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ СТАЛИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЭШП (Обзор)

Сообщение 1. Условия эксплуатации рельсов и их дефекты

Л. Б. Медовар, А. П. Стовпченко, А. А. Полишко, Е. А. Педченко, В. А. Зайцев

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Сделан обзор тенденций развития железнодорожного транспорта и связанных с ними изменений условий эксплуатации и возникновения дефектов, которые сокращают срок службы рельсов. Рост скорости движения пассажирских поездов и увеличение нагрузки на ось при перевозке грузов требует улучшения качества рельсов и свойств сталей, из которых их производят. Увеличение интенсивности знакопеременных контактных нагрузок, нагрев при длительном торможении и коррозионные факторы вызывают появление повреждения рельсов. Большинство дефектов рельсов, приводящих к выходу их из строя имеют контактно-усталостное происхождение, и их образование часто связано с металлургическим качеством стали, улучшение которого требует технологических усовершенствований всего цикла производства рельсов. Библиогр. 25, ил 1.

Ключевые слова: железнодорожные рельсы; скорость движения; нагрузка на ось; условия эксплуатации; дефекты усталостного происхождения

MODERN RAIL STEELS AND SOLUTIONS ESR (Review).

Information 1. Operating conditions and defects observed

L.B. Medovar, G.P. Stovpchenko, G.O. Polishko, E.A. Pedchenko, V.A. Zaitsev

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine

11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

Review is made about the tendencies of development of railway transport and changes, due to them, in service conditions and occurrence of defects, which decrease the rail service life. Growth in movement speed of passenger trains and increase in load to axle requires the improvement of rail quality and properties of steels from which they are manufactured. The increase in intensity of alternating contact loads, heating in long-time braking and corrosion factors cause the rails damage. Most of rail defects, leading to coming out of order, have the contact-fatigue origin and their formation is often connected with a metallurgical quality of steel, the improvement of which requires the technological updating of all the rail production cycle. Ref. 25, Fig. 1.

Key words: railway rails; movement speed; load to axle; service conditions; fatigue defects

Надійшла 14.02.2018