

УДК 629.4.023.11.004.64: 001.891.5 DOI: 10.47675/2304-6309-2022-25-115-128

С. А. Чебуров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

Н. Г. Гаврилова

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНИХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ГОСТ Р 51685-2013 ТА СТ РК 2432-2013. ПЕРЕВІРКА ЇХ ВІДПОВІДНОСТІ ДСТУ 4344:2004

ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» освоїв випробування рейок звичайних для залізниць широкої колії. В статті надано визначення терміну рейка (залізнична рейка). Перелічені нормативні документи, що містять вимоги до рейок, що використовуються на залізницях України. Для порівняльних досліджень представлена залізнична продукція двох закордонних виробників, що виготовляється серійно за національними стандартами ГОСТ Р 51685-2013 та СТ РК 2432-2013. Рейки, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] можуть бути нетермозміцненими та поверхнево зміцненими, а виготовлені за СТ РК 2432-2013 [3] – нетермозміцненими та диференційно зміцненими. Представлено аналіз характеристик об'єктів випробувань, визначених ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» (геометричні розміри, якість поверхні, маркування, неруйнівний контроль відсутності внутрішніх дефектів, хімічний склад, механічні властивості, твердість матеріалу рейок, контроль макроструктури, мікроструктури, забрудненості сталі неметалевими вкрапленнями, копрові міцність та залишкові напруження) під час випробувань з метою сертифікації рейок залізничних, що виготовлені підприємствами АТ «ЄВРАЗ НТМК» і ТОВ «АРБЗ» у період із 2018 по 2020 рр., а також результатів випробувань, проведених іншими випробувальними центрами (геометричні розміри, якість поверхні, хімічний склад, механічні властивості, твердість матеріалу рейок, контроль макроструктури, мікроструктури, контроль забрудненості сталі неметалевими вкрапленнями, копрові міцність, залишкові напруження та експлуатаційні показники) і аналіз технічної документації.

© Чебуров С. А., Гаврилова Н. Г., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Представлено висновки за результатами проведених досліджень: за перевіреними параметрами рейки залізничні, виготовлені за національними стандартами ГОСТ Р 51685-2013 та СТ РК 2432-2013, на підприємствах АТ «ЄВРАЗ НТМК» і ТОВ «АРБЗ», відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004. Вимоги щодо експлуатаційних випробувань в ДСТУ 4344:2004 відсутні. Наведено перелік літератури (технічної документації), використаної під час написання роботи.

Ключові слова: рейки залізничні, випробування

С. А. Чебуров

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

Н. Г. Гаврилова

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ГОСТ Р 51685-2013 И СТ РК 2432-2013. ПРОВЕРКА ИХ СООТВЕТСТВИЯ ДСТУ 4344:2004

ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ» освоил испытания рельс обычных для железных дорог широкой колеи. В статье представлено определение термина рельс (железнодорожный рельс). Перечислены нормативные документы, содержащие требования к рельсам, которые используются на железных дорогах Украины. Для сравнительных исследований представлена железнодорожная продукция двух зарубежных производителей, изготавливаемая серийно по национальным стандартам ГОСТ Р 51685-2013 и СТ РК 2432-2013. Рельсы, изготовленные по ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] могут быть не термоупрочненными и поверхностноупрочненными, а изготовленные по СТ РК 2432-2013 [3] – не термоупрочненными и дифференциально упрочненными. Представлено анализ характеристик объектов испытаний, определенных ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ» (геометрические размеры, качество поверхности, маркировка, неразрушающий контроль отсутствия внутренних дефектов, химический состав, механические свойства, твердость материала рельс, контроль макроструктуры, микроструктуры, загрязненности стали неметаллическими включениями, ковровая прочность и остаточные напряжения) при испытаниях с целью сертификации рельс железнодорожных, изготовленных предприятиями

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

АО «ЕВРАЗ НТМК» и ООО «АРБЗ» в период с 2018 по 2020 гг., а также результаты испытаний, проведенных другими испытательными центрами (геометрические размеры, качество поверхности, химический состав, механические свойства, твердость материала рельса, контроль макроструктуры, микроструктуры, контроль загрязненности стали неметаллическими включениями, копровая прочность, остаточные напряжения и эксплуатационные показатели) и анализ технической документации. Представлено выводы о результатах проведенных исследований: по проверенным параметрам рельсы железнодорожные, изготовленные по национальным стандартам ГОСТ Р 51685-2013 и СТ РК 2432-2013, на предприятиях АО «ЕВРАЗ НТМК» и ООО «АРБЗ», соответствуют требованиям ДСТУ 4344:2004. Требования о эксплуатационных испытаниях в ДСТУ 4344:2004 отсутствуют. Приведено перечень литературы (технической документации), использованной при написании работы.

Ключевые слова: рельсы железнодорожные, испытания

У 2018 році випробувальний центр продукції вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ») освоїв випробування нового виду продукції – рейки звичайні для залізниць широкої колії, на відповідність вимогам ДСТУ4344:2004 «Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови» [1].

Рейки, або залізничні рейки – складова рейкової колії, сталеві балки спеціального (як правило, двотаврового) перерізу, виготовлені з вуглецевої сталі, які укладаються на шпали або інші опори для утворення, зазвичай, двониткового шляху, по якому рухається рухомий склад залізничного транспорту. Рейки застосовуються як напрямні для коліс транспорту, а також для приймання та розподілу навантаження. Там, де залізничний транспорт не може пересуватися без електротяги, наприклад, метро, рейки виступають ще і в якості провідника електрики.

Загальний вигляд рейки показаний на рисунку 1.

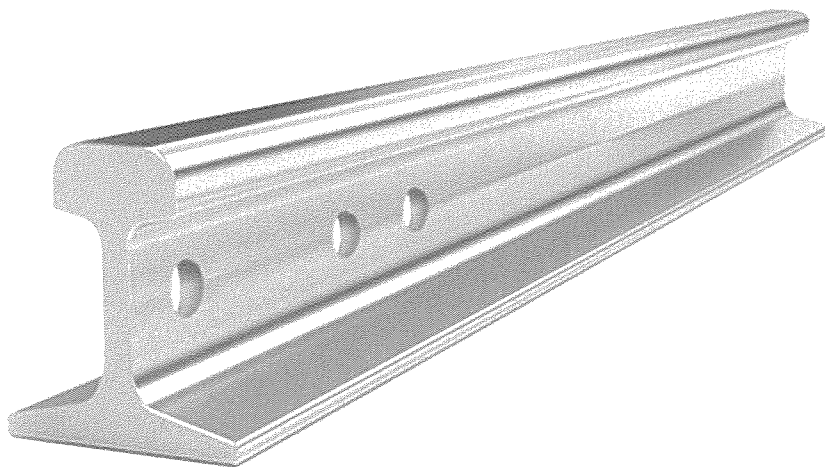


Рис. 1. Загальний вигляд рейки

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Рейки, що випробувалися, виготовлялися за державним стандартом Російської Федерації ГОСТ Р 51685-2000 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» [2], який розповсюджується на залізничні рейки, що призначені для ланкового та безстикového шляху залізниць і для виробництва стрілкових переводів, а також за національним стандартом Республіки Казахстан СТ РК 2432-2013 «Рельсы железнодорожные дифференцированно упрочненные и нетермоупрочненные. Общие технические условия» [3], який розповсюджується на залізничні рейки типів Р50, Р65, Р65К (для зовнішніх ниток кривих ділянок шляху), Р75 диференційно зміцнені й нетермозміцнені, що застосовуються для укладки на залізницях широкої колії.

Рейки, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] можуть бути нетермозміцненими та поверхнево зміцненими, а виготовлені за СТ РК 2432-2013 [3] – нетермозміцненими та диференційно зміцненими (різне зміцнення за елементами перерізу рейки). Вигляд поперечного перерізу рейок наведено на рисунку 2.

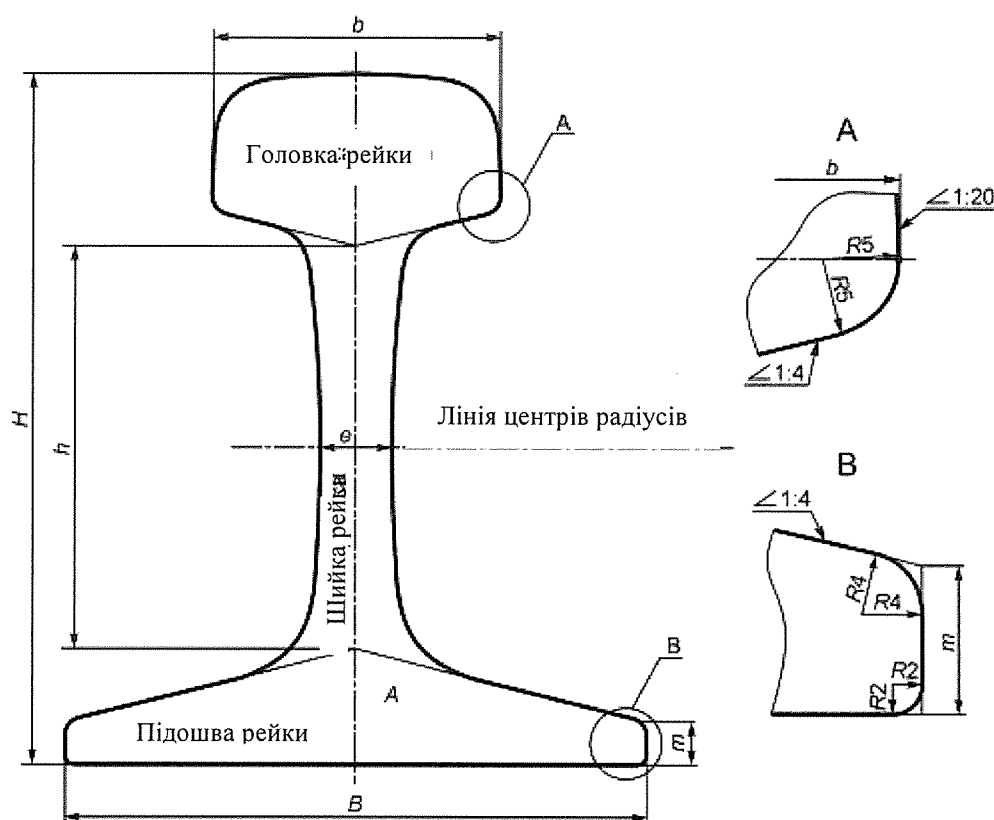


Рис. 2. Поперечний переріз рейки

Аналіз результатів сертифікаційних випробувань рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЄВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф: Р65, категорії І, кресленик № 00186269-089 [4]; Р65, ка-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тегорії III, кресленик № 00186269-099 [5]; Р50, категорії III, кресленик № 00186269-095 [6].

Випробування з метою сертифікації проведені на шести зразках рейок, по дві рейки кожного типу. Результати випробувань наведені в протоколах № С-6.7/2144у-2018 [7], № С-6.7/2145у-2018 [8] та № С-6.7/2146у-2018 [9] від 25 травня 2018 р.

Геометричні розміри, якість поверхонь та маркування зразків рейок відповідають вимогам креслеників №№ 00186269-089 [4], 00186269-099 [5], 00186269-095 [6] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Під час неруйнівного контролю зразків рейок ультразвуковим методом, внутрішніх дефектів (розшарування (залишки усадкової раковини і підусадкової рихлості), внутрішні тріщини, п'ятниста ліквіація, темні та світлі кірочки, чужорідні неметалеві і шлакові включення) не виявлено – відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макро- і мікроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразків рейок, виробництва АТ «ЄВРАЗ НТМК» встановлено:

- матеріал зразків, сталь К76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі: сорбітоподібний перліт із дрібними розрізненими ділянками фериту згідно ГОСТ 8233 [10]; бейніт відсутній згідно МИ 102-184-277-2016 [11] – відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- макроструктура сталі: дендритна структура та незначна ліквіація в шийці, відповідає допустимим значенням згідно ТК 142-332-2018 [12], флокени відсутні – відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (довжина неметалевих включень у вигляді витягнутих уздовж напрямку прокатки строчок глинозему, нітридів титану і ванадія, глинозему, зцементованого силікатами, а також довжина строчок крихкозруйнованих складних окислів) відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копрової міцності зразків рейок – злам та ознаки руйнування відсутні, відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Залишкові напруження (розходження крайок паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі) відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Аналіз технічної документації та результатів випробувань рейок Р65, виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф, кресленик №КБ.0001 [13].

Експертною комісією ДП «УкрНДІВ» проведена експертиза технічної документації на рейки залізничні типу Р65 (далі – рейки), а також результати приймальних випробувань рейок, кресленик № КБ.0001 [13], виробництва ТОВ «АРБЗ», які проведені випробувальним центром ТОВ «Казахстанський центр сертифікації на залізничному транспорті» (ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ»), експлуатаційних випробувань які проведені випробувальним центром залізничної техніки Акціонерного товариства «Науково-дослідний інститут залізничного транспорту» (ВЦ АТ «ВНИИЖТ») і випро-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

бувань з метою сертифікації рейок, які проведені випробувальним центром продукції вагонобудування і ливарного виробництва для вагонобудування ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ».

Результати експертизи:

Експертиза технічної документації

СТ РК 2432-2013 [3] розповсюджується на залізничні рейки типів Р50, Р65, Р65К (для зовнішніх ниток кривих ділянок залізниці), Р75 диференційно зміцнені та нетермозміцнені, що призначені для укладання на залізницях широкої колії.

Надана конструкторська документація – кресленик КБ.0020[14] – розроблена та затверджена встановленим порядком.

Вимоги СТ РК 2432-2013 [3] та кресленника КБ.0020 [14] на виготовлення, стосовно конструктивного виконання, основних геометричних розмірів, якості поверхні, хімічного складу і механічних властивостей сталі, вимог до макроструктури, неметалевих включень і мікроструктури сталі, маркування відповідають вимогам ДСТУ4344:2004 «Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови» [1].

Обсяг характеристик (показників) рейок, який встановлений методикою випробувань СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 [15], є достатнім для оцінювання їх відповідності вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленника КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Випробування, результати яких наведені в протоколі приймальних випробувань №11 [16] від 23 березня 2016 р. з додатком № 1 від 25 березня 2016 р. проведені випробувальним центром ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ». Випробування проведені у повному обсязі, який встановлений методикою випробувань СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 [15].

Робоча методика РМ 32-02-16 [17] визначення працездатності залізничних рейок розроблена у відповідності до типової методики СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 «Рельсы железнодорожные широкой колеи. Типовая методика определения работоспособности железнодорожных рельсов широкой колеи» [18] розроблена та затверджена випробувальним центром ВЦ АТ «ВНИИЖТ», погоджена з ТОВ «КазЦСЖТ».

Результати експлуатаційних випробувань з визначення показника працездатності рейок (вірогідності безвідмовної роботи), результати яких наведені в протоколі сертифікаційних випробувань № 44 [19] від 28 жовтня 2016 р., протоколі полігонних випробувань [20] та проміжному звіті [21] від 11 лютого 2020 р., які проведені випробувальним центром ВЦ АТ «ВНИИЖТ». Випробування проведені у повному обсязі, який встановлений робочою методикою РМ 32-02-16 [17] та типовою методикою СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 [18].

Випробування, результати яких наведені в протоколах сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 [22] і № С-6.7/0018у-2020 [23] від 18 березня 2020 р., проведені випробувальним центром ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ», виконані у повному обсязі, який встановлений ДСТУ 4344:2004 [1].

Аналіз результатів приймальних випробувань

Приймальні випробування проведені на шести зразках рейок, кресленик № КБ.0001 [13] (аналог кресленника КБ.0020 [14]), виробництва ТОВ «АРБЗ». Результати випробувань наведені в протоколі № 11 [16] від 23 березня 2016 р.

Геометричні розміри та якість поверхонь зразків рейок відповідають вимогам кресленника КБ.0020 [14], СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макро- і мікроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразка рейок, виробництва ТОВ «АРБЗ» встановлено:

- матеріал зразків, сталь E76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі перлітно-феритна: пластинчастий перліт не вище бала 3 (за шкалою 1 ГОСТ 8233 [10]), розрізненні ділянки фериту – бал 1 (за шкалою 7 ГОСТ8233 [10]);

- макроструктура сталі відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1]: флокени, розшарування, тріщини, кірочки, плямиста ліквіація чужорідні металеві та шлакові включення – відсутні; ліквіація, точкова неоднорідність, ліквіаційні смужки – відповідають додатку Ж СТ РК 2432-2013 [3];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (за діаметрами окремих та довжиною рядкових глобулярних включень) відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копрової міцності зразків рейок – злам та тріщини відсутні, відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Залишкові напруження зумовлюють розходження паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі, на величину 1,2 мм, що відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Показники експлуатаційної надійності рейок, під час стендових випробувань, відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3]:

- границя витривалості під час випробувань повнопрофільних проб – не менше 390 МПа;

- циклічна довговічність, під час випробувань на втому зразків із рейок на розтягнення-стискання, за постійної амплітуди повної деформації $0,00135 - 5 \times 10^6$ циклів;

- швидкість зростання втомної тріщини, під час випробувань зразків із рейок, при розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $\Delta K = 10 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2} - 6,5 \text{ м}/10^9$ циклів;

- швидкість зростання втомної тріщини, під час випробувань зразків із рейок, при розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $\Delta K = 13,5 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2} - 22,7 \text{ м}/10^9$ циклів;

- тріщиностійкість (статична) за результатами випробувань трьох зразків із рейок, K_{Ic} : мінімальна – $37,3 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$, середня – $38,1 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$;

- циклічна тріщиностійкість, K_{Ic} – $38,2 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$;

- залишкові напруження в середній частині підошви рейки – $177,0 \text{ Н}/\text{мм}^2$.

Аналіз результатів експлуатаційних випробувань

У зв'язку з тим, що вимоги до експлуатаційних випробувань нормативних документів СТ РК 2432-2013 [3] і ГОСТ Р 51685-2013 [2] ідентичні, то сертифікаційні експлуатаційні полігонні випробування проводилися на експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ» за методиками РМ 32-02-16 [17] та

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 [18] у відповідності до ГОСТ Р 51685-2013 [2], а потім на даному полігоні продовжилися наступні випробування на надійність рейок або безвідмовність їх роботи до визначення гама-відсоткового напрацювання рейок до відмови при гама, рівної 80 %.

Експлуатаційні випробування рейок проводилися за природніх погодних умов при впливі вантажного потягу з електровозом 2ЭВ120, чотиривісними напіввагонами з постійним навантаженням на вісь (210–265) кН, швидкість руху по ділянці – (60–70) км/год. Впродовж всього періоду випробувань контролювався стан рейок: зовнішні дефекти та пошкодження рейок визначалися візуально, розміри дефектів фіксувалися ручними засобами вимірювань, наявність внутрішніх дефектів контролювалась із використанням дефектоскопних візків.

За результатами роботи, викладеними в протоколі сертифікаційних випробувань № 44 [19] від 28 жовтня 2016 р. рейки виробництва ТОВ «АРБЗ» пройшли експлуатаційні випробування до напрацювання тоннажу 150 млн. т. брутто на експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ», без вилучення зі шляху дефектних рейок. Гама-відсоткове напрацювання, після пропуску 150 млн. т. брутто, склало 100 %.

З метою оцінки надійності (ресурсу) і безвідмовної роботи рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, категорія ДТ350 (аналог І категорії за ДСТУ 4344-2004 [1]), під час тривалої експлуатації, був укладений договір з АТ «ВНИИЖТ» на продовження роботи з оцінки гама-відсоткового ресурсу до напрацювання 1 млрд. т. брутто рейок.

На той час, із травня 2016 р. по лютий 2020 р., на Експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ», дані рейки типу Р65 категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ», пройшли експлуатаційне напрацювання до 900 млн. т. брутто.

Результати випробувань рейок типу Р65 категорії ДТ350 до 900 млн. т. брутто представлені в протоколі полігонних випробувань [20] та проміжному звіті [21] від 11 лютого 2020 р.

За результатами випробувань під час напрацювання 900 млн. т. брутто:

- стан шляху ділянки з рейками типу Р65, категорії ДТ350 відповідає оцінці «добре».

- стан рейкової колії після пропуску тоннажу 900 млн. т. брутто:

- середнє значення колії складає 1523,6 мм;

- середнє значення підняття зовнішніх рейок над внутрішніми складає 50 мм;

- середнє значення піддухилення рейок на всій ділянці складає 1/18,7 та 1/19,6 по зовнішній і внутрішній ниткам відповідно.

Середні величини зносу рейок від початку укладання до напрацювання 900 млн. т. брутто склали:

- бокового зносу по зовнішній нитці – 1,1 мм, інтенсивність спрацювання 0,12мм / 10млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 15 мм);

- вертикального зносу по зовнішній нитці – 1,6 мм, інтенсивність спрацювання 0,18мм / 10 млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 6 мм);

- вертикального зносу по внутрішній нитці – 1,5 мм, інтенсивність спрацювання 0,17мм / 10 млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 6 мм).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

За час експлуатації до напрацювання 900 млн. т. брутто було вилучено 3 рейки ТОВ «АРБЗ». Дослідження вилучених рейок установило, що виникнення та розвиток дефектів пов'язані з експлуатацією і дані рейки не враховували під час розрахунку гама-відсоткового ресурсу (вилучення 3 рейок відбулося після переукладання рейок із 2-го на 3-й кільцевий шлях експериментального кільця АТ «ВНИИЖТ», що обумовлено якістю укладання рейок).

Вірогідність безвідмовної роботи рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» при напрацюванні 900 млн. т. брутто складає 100 % (при нормативній величині 80 %).

Випробування рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» продовжуються до напрацювання 1 млрд. т. брутто.

ТОВ «АРБЗ» продовжило договір з АТ «ВНИИЖТ» з оцінки надійності (ресурсу) рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» (аналог І категорії за ДСТУ 4344-2004 [1]), до 1,5 млрд. т. брутто і з наступним продовженням до досягнення рейками, що випробовуються, 80 % гама-відсоткового ресурсу (очікуваний ресурс 2 млрд. т. брутто).

Аналіз результатів сертифікаційних випробувань

Випробування з метою сертифікації проведені на трьох зразках рейок, кресленик КБ.0020 [14], виробництва ТОВ «АРБЗ». Результати випробувань наведені в протоколах сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 [22] і № С-6.7/0018у-2020 [23] від 18 березня 2020 р.

Геометричні розміри, якість поверхонь та маркування зразків рейок відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14], та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами ультразвукового контролю на наявність внутрішніх дефектів рейки відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14], та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макрорі мікроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразка рейок, виробництва ТОВ «АРБЗ» встановлено:

- матеріал зразків, сталь Е76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам, кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі перлітно-феритна: пластинчастий перліт не вище бала 3 (за шкалою 1 ГОСТ 8233 [10]), розрізненні ділянки фериту – бал 1 (за шкалою 7 ГОСТ 8233 [10]), бейніт та мартенсит – відсутні;

- макроструктура сталі відповідає вимогам кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1]: флокени, розшарування (залишки усадкової раковини і підусадкової крихкості), внутрішні тріщини, плямиста ліквіація, темні і світлі кірочки, чужорідні неметалеві і шлакові вкраплення – відсутні; ліквіація, точкова неоднорідність, ліквіаційні смужки – відповідають додатку Ж СТ РК 2432-2013 [3];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (за діаметрами окремих та дожиною строчкових глобулярних включень) відповідає вимогам кресленика КБ.0020 та ДСТУ 4344:2004.

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копривої міцності зразків рейок – злам і ознаки руйнування відсутні, що відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Залишкові напруження зумовлюють розходження паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі, що відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Висновки

Сертифікаційні випробування зразків рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЕВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф: Р65, категорії I, кресленик № 00186269-089 [4]; Р65, категорії III, кресленик № 00186269-099 [5]; Р50, категорії III, кресленик № 00186269-095 [6] підтверджують, що їх показники відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1] та конструкторської документації.

Технічна документація та результати випробувань рейок Р65, виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф, кресленик № КБ.0001 [13]:

- надана конструкторська документація – кресленик КБ.0020 [14], розроблена, погоджена та затверджена встановленим порядком;

- приймальні випробування зразків рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, категорія ДТ350 (аналог I категорії ДСТУ 4344-2004 [1]), які виготовлені ТОВ «АРБЗ» підтверджують, що їх показники та характеристики відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та конструкторської документації;

- технологія виготовлення рейок на ТОВ «АРБЗ», із безперервної заготовки, зі сталі марки Е76Ф, забезпечує виконання вимог, щодо хімічного складу механічних властивостей, макро- і мікроструктури, неметалевих включень, СТ РК 2432-2013 [3] та конструкторської документації;

- експертиза представлених доказових документів про експлуатаційні випробування рейок типу Р65, марки сталі Е76Ф, категорії ДТ350 (аналог I категорії ДСТУ 4344-2004 [1]), виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3], показує, що підприємством виробником цих рейок – ТОВ «АРБЗ» забезпечується гарантована вірогідність безвідмовної їх роботи під час напруження 900 млн. т. бруто та говорить про якість, надійність і належну безпеку експлуатації аналогічного типу рейок, марки сталі Е76Ф, I категорії, виготовлених ТОВ «АРБЗ» за ДСТУ 4344-2004 [1].

- обсяг даних за результатами експлуатаційних випробувань рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, виробництва ТОВ «АРБЗ», представлених в доказових документах для експертного висновку, є достатнім для проведення експертної оцінки експлуатаційної надійності рейок та для визначення необхідності повторних кваліфікаційних випробувань на ділянках шляху АТ «Укрзалізниця».

- сертифікаційні випробування зразків рейок Р65, категорії I, кресленик КБ.0020 [14], виробництва ТОВ «АРБЗ» підтверджують, що їх показники відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1] та конструкторської документації.

Результати проведених ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» випробувань є позитивними як для рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЕВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф так і для рейок виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф. Але, оскільки технологія виготовлення рейок на підприємстві ТОВ «АРБЗ» є відмінною від сталюї, напруженої, було проведено більш ґрунтовні дослідження їх якісних показників.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що за основними характеристиками, які впливають на функціональне призначення, рейки Р65, кате-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

горії I, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ідентичні рейкам Р65, категорії ДТ350, що виготовляються серійно підприємством ТОВ «АРБЗ» за СТ РК 2432-2013 [3].

Вимоги щодо експлуатаційних випробувань наведених типів рейок, для можливості порівняння працездатності (вірогідності безвідмовної їх роботи) та експлуатаційної надійності на базі ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» та АТ «Укрзалізниця», в ДСТУ4344:2004 [1] – відсутні.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4344:2004 Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови. 30 с.
2. ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия». 118 с.
3. СТ РК 2432-2013 «Рельсы железнодорожные дифференцированно упрочненные и нетермоупрочненные. Общие технические условия». 94 с.
4. Кресленник № 00186269-089 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
5. Кресленник № 00186269-099 «Рельс типа Р65, категории III по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
6. Кресленник № 00186269-095 «Рельс типа Р50, категории III по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
7. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2144у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р65, исполнения с болтовыми отверстиями, категории I, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-089), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 28 с.
8. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2145у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р65, исполнения с болтовыми отверстиями, категории III, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-099), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 25 с.
9. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2146у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р50, исполнения с болтовыми отверстиями, категории III, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-095), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 17 с.
10. ГОСТ 8233-56 «Сталь. Эталоны микроструктуры». 12 с.
11. МИ 102-184-277-2016 «Рельсы железнодорожные. Контроль бейнита в микроструктуре термоупрочненных рельсов». Методика испытаний АО «ЕВРАЗ НТМК». 5 с.
12. ТК 142-332-2018 «Производство рельсов типа Р65 по чертежу 00186269-089 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004». Технологическая карта АО «ЕВРАЗ НТМК». 35 с.
13. Кресленник № КБ.0001 «Рельс типа Р65 категории ДТ350». 1 с.
14. Кресленник КБ.0020 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004 кат. I, II, III». 3 с.
15. СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 «Методика испытаний железнодорожных рельсов на соответствие требованиям СТ РК 2432-2013». 26 с.
16. Протокол приймальних випробувань № 11 від 23 березня 2016 р. з додатком № 1 від 25 березня 2016 р. ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ». 46 с.
17. РМ 32-02-16 «Рабочая методика определения работоспособности железнодорожных дифференцированно термоупрочненных рельсов типа Р65 (категории ДТ350) производства ТОО «АРБЗ» (Казахстан)». 18 с.
18. СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 «Рельсы железнодорожные широкой колеи. Типовая методика определения работоспособности железнодорожных рельсов широкой колеи», АТ «ВНИИЖТ». 22 с.
19. Протокол сертифікаційних випробувань № 44 «Рельсы железнодорожные типа Р65 категории ДТ350, изготавливаемые ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод» по ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» и чертежу № КБ.0002, код ТН ВЭД ТС 7302105000, код КП ВЭД 24.10.7» від 28 жовтня 2016 р. 22 с.
20. Протокол полігонних випробувань «Рельсы железнодорожные типа Р65 категории ДТ350, изготавливаемые ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод» по ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» и чертежу № КБ.0002, код ТН ВЭД ТС 7302105000, код КП ВЭД 24.10.7» від 11 лютого 2020 р. 5 с.
21. Проміжний звіт «Полигонные испытания дифференцированнотермоупрочненных рельсов типа Р65 категории ДТ350 производства ТОО «АРБЗ» на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» до

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

наработки тоннажа 1 миллиард тонн брутто. Этап 9. Проведение полигонных испытаний на ЭК до наработки тоннажа 900 млн. т. брутто» від 11 лютого 2020 р. Проміжний. ВЦ АТ «ВНИИЖТ». 31 с.

22. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 «рельсов железнодорожных типа Р65 категории I, код ДКПП 24.10.75, код УКТ ВЭД 7302» від 18 березня 2020 р. 15 с.

23. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/0018у-2020 «рельсов железнодорожных типа Р65 категории I, код ДКПП 24.10.75, код УКТ ВЭД 7302» від 18 березня 2020 р. 15 с.

S. A. Cheburov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: +380 536(6) 6-11-80, E-mail: chebserana@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

N. H. Havrylova

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: +380 536(6) 6-11-80, E-mail: chebserana@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF RAILWAY RAILS, MANUFACTURED ACCORDING TO HOST R 51685-2013 AND ST RK 2432-2013. VERIFICATION OF THEIR COMPLIANCE WITH DSTU 4344:2004

Testing Center for railcar building products of SE "UkrNDIV" has mastered the testing of ordinary rails for broad-gauge railways. The article defines the term "rail" (railway rail). The regulatory documents containing the requirements for the rails used on the railways of Ukraine are listed. For comparative studies, railway products of two foreign manufacturers are presented, which are mass-produced according to national standards HOST R 51685-2013 and ST RK 2432-2013. Rails manufactured according to DSTU 4344:2004 [1], HOST R 51685-2000 [2] can be non-thermostrengthened and surface strengthened, and manufactured according to ST RK 2432-2013 [3] – non-thermostrengthened and differentially strengthened. The analysis of the characteristics of the test objects determined by Testing Center of SE "UkrNDIV" is presented (geometric dimensions, surface quality, marking, non-destructive testing for internal defects, chemical composition, mechanical properties, hardness of the rail material, control of the macrostructure, microstructure, non-metallic inclusions in the steel, copra strength and residual stresses) during tests for the purpose of certification of railway rails manufactured by JSC "EVRAZ NTMK" and LLC "ARBZ" in the period from 2018 to 2020., as well as the results of tests carried out by other test centers (geometric dimensions, surface quality, chemical composition, mechanical properties, hardness of rail material, macrostructure and microstructure integrity testing, detection of non-metallic inclusions in steel, copra strength, residual stresses and operational indicators) and analysis of technical documentation. The conclusions based on the results of the performed research are presented: according to the verified parameters, railway rails

manufactured according to the national standards HOST R 51685-2013 and STRK2432-2013, at the enterprises of JSC "EVRAZ NTMK" and LLC "ARBZ", meet the requirements of DSTU 4344:2004. There are no requirements for operational tests in DSTU 4344:2004. The list of literature (technical documentation) used during the writing of the work is given.

Key words: railway rails, testing.

REFERENCES

1. Reiky zvychni dlia zaliznyts shirokoi kolii. Zahalni tekhnichni umovy. [Ordinary rails for broad-gauge railways. General technical conditions]. (2004). *DSTU 4344:2004*. [In Ukrainian]
2. Relsy zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Railway rails. General technical conditions]. (2000). *GOST R 51685-2000* [In Russian]
3. Relsy zheleznodorozhnye differencirovanno uprochnennyye i netermouprochnennyye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Differentially strengthened and non-thermo-strengthened railways. General technical conditions]. *ST RK 2432-2013*. [In Russian]
4. Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004» [R65 type rail, according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-089 - Drawing No. 00186269-089* [In Ukrainian]
5. Rels tipa R65, katehoryy III po DSTU 4344:2004 [R65 type rail, category III according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-099 - Drawing No. 00186269-089* [In Ukrainian]
6. Rels tipa R50, katehoryy III po DSTU 4344:2004 [P50 type rail, category III according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-095 - Drawing No. 00186269-095* [In Ukrainian]
7. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/2144u-2018 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65, ispolneniya s boltovymi otverstiyami, kategorii I, iz stali marki K76F (chertezh № 00186269-089), kod UKT ZED 7302 10 22 00, kod OKPO 001862698 [Protocol of certification tests No. C-6.7/2144u-2018 "Railways type P65, versions with bolt holes, category I, made of K76F steel (drawing No. 00186269-089), code UKT ZED 7302 10 22 00, code OKPO 00186269"] (May 25, 2018) [In Ukrainian]
8. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/2146u-2018 «relsov zheleznodorozhnyh tipa R50, ispolneniya s boltovymi otverstiyami, kategorii III, iz stali marki K76F (chertezh № 00186269-095), kod UKT ZED 7302 10 22 00, kod OKPO 00186269» [Protocol of certification tests No. C-6.7/2146u-2018 "Railway type P50, version with bolt holes, category III, made of K76F steel (drawing No. 00186269-095), UKT code ZED 7302 10 22 00, OKPO code 00186269"]. (May 25, 2018) [in Ukrainian]
9. Stal. Etalony mikrostruktury [Steel. References of microstructure]. (1956). *GOST 8233-56* [in Russian]
10. Relsy zheleznodorozhnye. Kontrol bejnita v mikrostrukture termouprochnennyh relsov [Railway rails. Control of bainite in the microstructure of thermo-hardened rails]. *Metodika ispytaniy AO «EVRAZ NTMK» - Test methodology of JSC EVRAZ NTMK* [in Russian]
11. Proizvodstvo relsov tipa R65 po chertezhu 00186269-089 «Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004 [Production of P65 type rails according to drawing 00186269-089 "P65 type rail, according to DSTU 4344:2004]. (2018). *TK 142-332-2018. Tekhnologicheskaya karta AO «EVRAZ NTMK - Technological map of EVRAZ NTMK JSC*. [in Russian]
12. Rels tipa R65 kategorii DT350 [Rail type P65 category DT350]. *Kreslenyk № KB.0001 - Drawing No. KB.0001*. [in Ukrainian]
13. Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004 kat. I, II, III [R65 type rail, according to DSTU 4344:2004 cat. I, II, III]. *Kreslenyk KB.0020 - Drawing KB.0020* [in Ukrainian]
14. Metodika ispytaniy zheleznodorozhnyh relsov na sootvetstvie trebovaniyam [Methodology of testing railway rails for compliance with the requirements of ST RK 2432-2013]. *ST RK 2432-2013 SM RY YTs 03-5.4-71/2-08-2015*. [in Russian]
15. Protokol pryimanykh vyprobuvan №11 vid 23 bereznia 2016 r. z dodatkom № 1 vid 25 bereznia [Acceptance test protocol No. 11 dated March 23, 2016 with appendix No. 1 dated March 25, 2016]. *KazTSZHT LLC* [in Ukrainian]
16. Rabochaya metodika opredeleniya rabotosposobnosti zheleznodorozhnyh differencirovanno termouprochnennyh rel'sov tipa R65 (kategorii DT350) proizvodstva TOO «ARBZ» [Operating procedure for determining the serviceability of railway differentially heat-strengthened rails of type P65 (category DT350) produced by ARBZ LLP (Kazakhstan)]. *RM 32-02-16*. (Kazakhstan) [in Russian]
17. Relsy zheleznodorozhnye shirokoj kolei. Tipovaya metodika opredeleniya rabotosposobnosti zheleznodorozhnyh relsov shirokoj kolei [Broad-gauge railways. A typical method of determining the ser-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

viceability of broad-gauge railway rails]. (2001). *ST SSFZhT TM-TsP 115-2001*. AT «VNIIZHT» [in Russian]

19. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № 44 Relys zheleznodorozhnye tipa R65 kategorii DT350, izgotavlivaemye TOO «Aktyubinskijrel'sobalochnyj zavod» po GOST R51685-2013 «Relys zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya» i chertezhu № KB.0002, kod TN VED TS 7302105000, kod KP VED 24.10.7 [Certification tests No. 44 "Railway rails of type P65 category DT350, manufactured by Aktyubinskiy relsobalochny zavod LLP according to GOSTR51685-2013 "Railway rails. General technical conditions" and drawing No. KB.0002, code TN VED TC 7302105000, code KP VED 24.10.7] (October 28, 2016) [in Ukrainian]

20. Protokol polihonnykh vyprobuvan «Relys zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya» i chertezhu № KB.0002, kod TN VED TS 7302105000, kod KP VED 24.10.7 [Report on site test "Railway rails of type P65 category DT350, manufactured by Aktyubinsk Relsobalochnyy Zavod LLP" according to GOST R 51685-2013 "Railway rails. General technical conditions" and drawing No. KB.0002, code TN VED TS 7302105000, code KP VED 24.10.7] (February 11, 2020) [in Ukrainian]

21. Promizhnyi zvit Poligonnye ispytaniya differencirovanno termouprochnennyh relsov tipa R65 kategorii DT350 proizvodstva TOO «ARBZ» na Eksperimental'nomkol'ce AO«VNIIZHT» do narabotkitonnazha 1 milliard tonn brutto. Etap 9. Provedenie poligonnykh ispytanij na EK do narabotki tonnazha 900 mln. t. brutto» [Interim report "Field tests of differentiated heat-strengthened rails of the R65 type of the DT350 category manufactured by ARBZ LLP on the Experimental loop of VNIIZhT JSC until the gross tonnage of 1 billion tons is reached. Stage 9. Field tests for EC until a tonnage of 900 million gross tons is reached] (February 11, 2020). VC AT «VNIIZHT» [in Ukrainian]

22. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/0015u-2020 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65 kategorii I, kod DKPP 24.10.75, kod UKT VED 7302» [Certification tests report No. C-6.7/0015u-2020 "railroad rails type P65 category I, code DCP 24.10.75, code UKT VED 7302"] (March 18, 2020) [in Ukrainian]

23. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/0018u-2020 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65 kategorii I, kod DKPP 24.10.75, kod UKT VED 7302» [Certification tests report No. C-6.7/0018u-2020 "railroad rails type P65 category I, code DCP 24.10.75, code UKT VED 7302"] (March 18, 2020) [in Ukrainian].