УДК 629.4.018

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. О. Манзарук*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса***ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА**

Дослідження у статті присвячені вивченню проблеми, яка полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах і застосованих в них різних методах випробувань гасника. Метою досліджень є підтвердження або спростування наявності впливу величини ходу поршня на експертну оцінку технічного стану гідравлічного гасника коливань. Проведені експериментальні дослідження із різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М на сучасному універсальному випробувальному стенді ИГК-90.1. Порівняльний аналіз протоколів показав, що в режимі «стиснення» характер залежностей сили і параметра опору із зростанням швидкості переміщення поршня змінюється при зменшенні об'єму демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника. Автори вважають, що випробування гасників на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність деформацій напрямного штока і нестачу демпфуючої рідини (наявність повітря) в робочому циліндрі гасника.

Ключові слова: гідравлічний гасник коливань, демпфуюча рідина, сила опору гасника, параметр опору гасника, робочий хід поршня, випробувальний стенд, стендові випробування гасників.

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. А. Манзарук**ОСОБЕННОСТИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ
КОЛЕБАНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА**

Исследования посвящены изучению научной проблемы, которая заключается в значительной разнице значений рабочего хода поршня при испытании однотипного гидравлического гасителя колебаний на различных по конструкции стендах и примененных в них методах испытаний гасителя. Целью исследований является подтвердить или опровергнуть наличие влияния величины хода поршня на экспертную оценку технического состояния гидравлического гасителя колебаний. Проведены экспериментальные исследования с различным объемом демпфирующей жидкости в рабочем цилиндре гасителя типа КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М на современном универсальном испытательном стенде ИГК-90.1. Сравнительный анализ протоколов показал, что в режиме «сжатия» характер зависимостей силы и параметра сопротивления с ростом скорости перемещения поршня меняется при уменьшении объема демпфирующей жидкости в рабочем цилиндре гасителя. Авторы считают, что проведение испытаний гасителей на ходе поршня не менее 80 % от максимального рабочего хода поршня позволяют выявить наличие деформаций направляющего штока и недостаточное количество демпфирующей жидкости (наличие воздуха) в рабочем цилиндре гасителя.

Ключевые слова: гидравлический гаситель колебаний, демпфирующая жидкость, сила сопротивления гасителя, параметр сопротивления гасителя, рабочий ход поршня, испытательный стенд, стендовые испытания гасителей.

К. Boriak, DSc, M. Manzaruk**PECULIARITIES OF BENCH TESTS OF HYDRAULIC DAMPER
OF RAILWAY PASSENGER CAR**

The studies are devoted to the scientific problem connected with the significant differences in the piston stroke values during testing of the same type of hydraulic damper by the use of different test benches and methods. The damper manufacturer uses the mechanical test bench ЛІИЖТ, the design of which was created back in Soviet times. This test bench has certain design limitations regarding the amplitude of harmonic vibrations of the drive mechanism, and therefore the dampers are tested at short piston strokes, which are

4 %; 8 %; 16 %, respectively, as a percentage of the maximum stroke of the piston. The passenger car depot, as a consumer of absorbers, conducts their tests at the more modern universal stand ИГК-90.1, which differs from the mechanical stand of the manufacturer of absorbers, both in design and in the method of testing absorbers.

The purpose of the research is to confirm or deny the presence of influence of the value of the piston stroke on the expert assessment of the technical condition of the hydraulic damper.

To solve this problem, the modern universal test bench ИГК-90.1 carried out experimental studies with different volumes of damping fluid in the slave cylinder of the KB3-ЛНИИЖТ 45.30.045M type. A comparative analysis of the protocols showed that in the "compression" mode, the nature of the obtained dependences of the force and resistance parameters with an increase in the piston's moving speed changes depending on the volume of the damping fluid in the damper's working cylinder.

The authors believe that testing the absorbers during the piston stroke of at least 80% of the maximum piston stroke allows the presence of deformations of the guide rod and the insufficient amount of damping fluid (the presence of air) in the absorber's working cylinder. Deformation of the stem can lead to jamming in operation. The presence of air in the working cylinder of the damper is generally unacceptable since such damper is not able to absorb the vertical and horizontal vibrations of the car body in a curved section of the railway track with the height difference of the railheads 150 mm.

Keywords: hydraulic damper, damping fluid, damper resistance force, damper resistance parameter, piston stroke, test bench, damper bench tests.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-28-34

Вступ

Недосконалість законодавчої бази в Україні, недостатня кількість технічних регламентів, які охоплюють важливі конструкційні елементи пасажирського залізничного транспорту, відкривають легкий доступ на український ринок продукції, виготовленої за технічними умовами різних виробників. Не всі виробники ставляться прискіпливо до підтримання високої якості своєї продукції і в погоні за отриманням максимуму прибутку вдаються до комерційних хитрощів – зазначають в експлуатаційній документації на свої вироби технічні параметри із великим допуском відхилення геометричних розмірів чи зменшують кількість критеріїв з оцінювання якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій
Наприклад, один виробник в паспорті на виріб вказує дискретне значення нормованого параметра опору гідравлічного гасника коливань без прив'язування його до величини швидкості переміщення поршня, від якого воно залежить (рис. 1). Це робить неможливим здійснювати в подальшому контроль за випробуванням цього типу гасника на випробувальному стенді [1], оскільки заявлений виробником найважливіший для цього виробу критерій оцінювання працездатності [2] визначений некоректно.

Другий виробник на такий самий за технічними характеристиками виріб вказує діапазон нормованого параметра опору (110 ± 10 кН·с/м) тільки для однієї контрольної величини швидкості переміщення поршня 0,075 м/с (рис. 2) замість застосування декількох (2-3) контрольних діапазонів нормованого параметра опору у

відповідності до величин швидкості, наприклад, 1 – для дросельного і 1-2 – для клапанного режиму демпфування рідини у гаснику. Величина швидкості 0,075 м/с притаманне тільки до дросельного режиму, а контроль працездатності гасника у клапанному режимі цим виробником гасників ніяк не регламентується.

Рисунок 1 – Паспорт на гідравлічний гасник коливань типу НЦ1100

Третій виробник на виріб з такими ж технічними характеристиками вказує діапазон нормованого параметра опору для трьох контрольних діапазонів величини швидкості переміщення

поршня (рис. 3).

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ
Гасник коливань ГГК-ЦП 190-11/11 УХЛ1 А
ТУ У 30.2-25536693-004-2012
Виробник: ТОВ «ІПТ „ПРОК“» м. Дніпропетровськ
т/ф (056) 791-1737

2. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
Тип гасника - ЦП, телескопічно-поршневий, гідралічний
Довжина при повному стисненні, мм 360⁺⁵
Діаметр поршня, мм 67,5
Хід поршня, мм 190^{±5}
Опір гасника коливань, кН·с/м 110^{±10}
Робоча рідина - олима ММГ ГОСТ 1805-76 (не менше), см³ 900
Маса гасника (не більше), кг 19,5
Тиск спрацювання клапанів, МПа 4,5^{±0,5}

3. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ
Гасник коливань ГГК-ЦП 190-11/11 УХЛ1 А - 1 шт.
Паспорт виробу № 1180 - 1 шт.
Картина ідентифікації тира - 1 шт.

4. СВИДІЦТВО ПРО ПРИЙМАННЯ
Гасник коливань № 1252, виготовлений та прийнятий згідно вимог ТУ У 30.2-25536693-004-2012, мовою конструкторської документації та визначено предмети до експлуатації.

5. ВІДОМОСТІ ПРО КОНСЕРВАЦІЮ ТА ПАКУВАННЯ
Гасник коливань ГГК-ЦП 190-11/11 УХЛ1 А консервовано та упаковано згідно ТУ У 30.2-25536693-004-2012 та комплексу конструкторської документації.

6. ВІДОМОСТІ ПРО СЕРТИФІКАЦІЮ
Гасник коливань сертифікований в системі УкрСЕПРО, сертифікат відповідності № UA1.099.01.20903-14 від 03 листопада 2014р., дійсний до 02 листопада 2016 р.

7. ГАРАНТІЯ ВИРОБНИКА
Строк служби гасника не менше 25 років від дня виготовлення. Гарантійний термін експлуатації - 3 роки з дня відпалювання або пробігу рухомого складу не менше ніж 1 млн. км, при умові виконання підприємством інструкції з експлуатації ЦП - 0061, ЦП - 0226.

Рисунок 2 – Гідравлічний гасник коливань типу ГГК-ЦП 190 11/11 УХЛ1А

1. Общие сведения об изделии
1.1 Гаситель колебаний (демпфер) 45.30.045М заводской номер 047 изготовлен на ОАО «Петуховский литейно-механический завод».

1.2 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М применяются в центральном подвешивании пассажирских, почтовых, багажных вагон вагонов-ресторанов, вагонов-электростанций, электро- и дизель-поездов.

1.3 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М изготавливают в соответствии с ГОСТом Р 52279-2004 «Демпферы гидравлические рельсового подвижного состава. Общие технические условия и ТУ 31 8383-001-00083262-06 «Гаситель колебаний (демпфер) 45.30.045 Технические условия».

1.4 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М соответствуют требованиям безопасности, установленным НБ ЖТ ЦТ-ЦЛ-ЦВ 012-99, и име сертификат соответствия № ССФЖТ RU.ЦТ03.Б.03996, выданный Регистр сертификации на федеральном железнодорожном транспорте Российской Федерации (РС ФЖТ) 30.05.2007 г.

Срок действия сертификата до 30.05.2010 г.

2. Основные технические данные и характеристики
2.1 Конструктивное исполнение демпфера телескопический
2.2 Ход поршня, мм 190^{±5}
2.3 Длина в сжатом состоянии, мм 365^{±5}
2.4 Диаметр поршня, мм 67,5
2.5 Втулка крепления демпфера:
- внутренний диаметр, мм 32^{+0,25}
- длина, мм 92^{-0,87}
2.6 Рабочая жидкость – масло ВМГЗ ТУ 38.101.479-86
или масло приборное МВП ГОСТ 1805-76
2.7 Объём рабочей жидкости, см³ 900...1000
2.8 Масса демпфера, заполненного рабочей жидкостью, кг 19
2.9 Давление срабатывания предохранительных клапанов, кг/см² 52^{±5}
2.10 Значения параметра сопротивления β, кН·с/м:
- при испытании на скорости 0,075 ± 5 % м/с 100...120
- при испытании на скорости 0,15 ± 5 % м/с 58 ± 20 %
- при испытании на скорости 0,3 ± 5 % м/с 32 ± 20 %

Рисунок 3 – Паспорт на гідравлічний гасник коливань типу 45.30.045М

У діючій відомчій «Інструкції з експлуатації і ремонту гідравлічних гасників коливань візків пасажирських вагонів» (№ ЦЛ-0061) відсутні єдині критерії оцінювання технічного стану гідравлічного гасника коливань одного типу від різних виробників [3]. Не упорядковані між со-

бою вимоги щодо застосування різних методів випробування гасників на різних за конструкцією випробувальних стендів [4]. Не має єдності в значеннях параметрів опору і швидкості переміщення поршня гасника [5]. Все це створює підґрунтя для виникнення суперечок між споживачем (працівниками експлуатаційних депо залізничного транспорту) та виробниками гасників.

В 2019 році вагонне депо «Київ-Пасажирський» придбало сучасний універсальний стенд ИГК-90.1 (рис. 4) для випробування гідравлічних гасників коливань локомотивів, моторвагонного і пасажирського рухомого складу різних типів (ТЕ1-10А; № 677.000-01; № 678-000-02; № 679.000; № 168.75.000; ТЕП70.31.08.003; ЕП200.31.08.000-02(03); КВЗ-ЛИИЖТ 45.30.045М; КВЗ-ЛИИЖТ 4065.33.000; НЦ1100; ГГК-ЦП 190 11/11 УХЛ1 А; ЦПВ2 (ГКЦ 667640.012.00-01.6); БПВ1 (ГКЦ 667640.012.00-01.7); Т-70/28Х190SH (SV.42 1300 000 1109); KONI 90-2704; KONI 96V-1991; KONI 02Н-1932-011). Під час здійснення на стенді ИГК-90.1 працівниками вагонного депо вхідного контролю працездатності партії нових гідравлічних гасників коливань із 40 одиниць одного типу ГГК-ЦП 190 11/11 УХЛ1А частина гасників була забракована, причому в одному із гасників під час випробування заклинило поршень.

Рисунок 4 – Універсальний стенд ИГК-90.1 для випробування гідравлічних гасників коливань (виробник ПМП «КОМПРО», Україна)

Це спонукало дослідити метод випробування гасників, який виробник застосував в конструкції стенду, на відповідність його вимогам розділу «8 Випробування гасників коливань на стендах» діючої відомчої інструкції № ЦЛ-0061

та ГОСТ 30635-99 «Амортизаторы телескопические гидравлические и гидропневматические механических транспортных средств и прицепов. Общие технические условия».

В паспорті (рис. 2) виробником гасника типу ГКГ-ЦП 190 11/11 УХЛ1А заявлено нормоване значення максимального робочого ходу поршня 190 ± 5 мм. Виробник проводить випробування своєї продукції методом гармонічних коливань на механічному стенді конструкції ЛІИЖТ (Росія, м. Санкт-Петербург) з регульованою частотою $n=0,5 - 5$ Гц та амплітудою 7 мм; 14 мм; 28 мм. Таким чином, можливості випробувального стенду ЛІИЖТ суттєво обмежені амплітудою гармонічних коливань приводного механізму (7 мм; 14 мм; 28 мм). Тому випробування гасників виробник проводить на малих ходах поршня, що дорівнює 4 %; 8 %; 16 % відповідно у відсотковому порівнянні з максимальним робочим ходом поршня (190 мм = 100 %).

В експлуатаційній документації виробника універсального випробувального стенду ИГК-90.1 передбачено до початку випробування проводити вимірювання максимального робочого ходу поршня під час циклу прокачування гасника. Виміряне значення робочого ходу для конкретного типу гасника порівнюється із нормованим і відображається на екрані монітора. В разі перевищення допустимої різниці між вимірним і нормованим значеннями оператор може припинити подальше випробування гасника або продовжити його на свій розсуд. Випробування гасників проводиться методом затухаючої частоти переміщення поршня на реальному максимальному робочому ході поршня, який попередньо вимірюється і зберігається в пам'яті комп'ютера для формування протоколу випробування.

Протиріччя, яке створило проблему, полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах із застосуванням різних методів випробувань [6, 7].

В розділі 8 «Випробування гасників коливань на стендах» діючої відомчої інструкції №ЦЛ-0061 зазначено наступне: «Об'єктивний контроль роботоздатності гасників коливань проводять на стендах методами гармонічних або затухаючих коливань із записом діаграми або віброграми. По діаграмі (віброграмі) визначають параметр опору, його відповідність нормативним значенням і можливі дефекти гасника коливань».

8.1 Випробування гасників коливань методом гармонічних коливань

Випробування проводять на стендах типу

ПКБ ЦВ, ЛІИЖТ, ОЭВРЗ-ЛІИЖТ, СВД15-1М, СВД-11-0,047П або аналогічних, що відтворюють гармонічний рух поршня відносно циліндра. **Випробування проводяться згідно з методиками заводів-виробників стендів**».

В розділі «8.6 Контроль характеристик амортизатора» міждержавного стандарту ГОСТ 30635-99 зазначені наступні вимоги щодо контролю характеристик гідравлічного гасника під час стендових випробувань: «8.6.1 Запис робочих діаграм при роботі амортизаторов с открывающимися клапанами отбоя и сжатия следует проводить в диапазоне максимальных скоростей от 0,20 до 1,00 м/с; с закрытыми клапанами – в пределах от 0,08 до 0,20 м/с. **При этом величина хода поршня должна быть не менее 80 % его полного хода** (с округлением до целых десятков миллиметров), но не более 100 мм.

Температура амортизатора перед испытанием должна быть в пределах от 15 до 30 °С.

В начале испытаний и в случае наличия перерывов запись диаграмм следует проводить после выполнения прокачки (не менее 4 циклов).

8.6.2 Рабочую характеристику амортизатора строят по рабочим диаграммам на основании ходов поршня и частот колебаний, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах от 0,08 до 1,00 м/с. В этом диапазоне максимальных скоростей поршня должно быть записано не менее десяти рабочих диаграмм в соответствии с п. 8.6.1. По записанным рабочим диаграммам определяют максимальные значения силы сопротивления отбоя и сжатия, а по величине хода и значениям частот колебаний поршня – максимальные скорости последнего. По этим данным строят рабочую характеристику».

Небезпека виникнення аварійної ситуації з пасажирськими вагонами, до яких можуть призвести перевищення горизонтальних і вертикальних прискорень кузова, що викликані несправністю гідравлічних гасників коливань, докладно висвітлена в роботах [9, 10].

Мета та основні завдання досліджень

Метою досліджень є визначення наявності впливу величини ходу переміщення поршня на експертну оцінку технічного стану гідравлічного гасника коливань.

Завдання досліджень присвячені вивченню проблеми, яка полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах і застосуванні в них різних методів випробування гасника та порівнянні їх між собою. На підставі цих до-

сліджень потрібно підтвердити або спростувати наявність впливу на визначальні характеристики та працездатність гасника з різними ходами переміщення поршня при стендових випробуваннях гасників.

Виклад основного матеріалу

Для вирішення цієї проблеми були проведені експериментальні дослідження із різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М, який є аналогічним за технічними характеристиками до інших типів: КВЗ-ЛІИЖТ 4065.33.000; НЦ1100; ГКГ-ЦП 190 11/11 УХЛ1А; ЦПВ2 (ГКЦ 667640.012.00-01.6). В паспорті виробника нормований обсяг демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М повинен бути в межах $900 \div 1000 \text{ см}^3$. Об'єм демпфуючої рідини в робочому циліндрі змінювався відповідно: 950 см^3 ($\approx 100 \%$); 850 см^3 ($\approx 90 \%$); 450 см^3 ($\approx 50 \%$). Отримані результати випробувань на універсальному стенді ИГК-90.1 представлені на рис. 5.

б)

а)

в)

Рисунок 5 – Протоколы випробування гасників типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М з різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі:
а) 950 см^3 ($\approx 100 \%$); б) 850 см^3 ($\approx 90 \%$); в) 450 см^3 ($\approx 50 \%$)

На графіках (рис. 5) видно як в режимі «стиснення» змінюється характер залежностей сили і параметра опору із зростанням швидкості переміщення поршня в залежності від зменшення об'єму демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника. Порівняльний аналіз протоколів на рис. 5а, 5б, 5в показує, що гасник із заповненням на 50 % демпфуючою рідиною і наявністю повітря у робочому циліндрі (рис. 5в) не в змозі загасити вертикальні і горизонтальні коливання кузова вагону в криволінійній ділянці залізничного шляху із різницею в 150 мм по висоті між протилежними головками залізничних рейок (рис. 6).

Рисунок 6 – Траєкторія руху колісної пари в криволінійних ділянках шляху з перепадом головок рейок до 150 мм

Висновки. Ми вважаємо, що відсутність у діючій відомчій інструкції № ЦЛ-0061 вимоги міждержавного стандарту ГОСТ 30635-99 щодо проведення випробувань гасників на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу є суттєвим недоліком. Для обґрунтування необхідності введення цієї вимоги, на наш погляд, потрібно врахувати дві вагомі причини.

По-перше. Випробування на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність деформацій напрямного штока, які можуть мати місце в експлуатації внаслідок гідроударів. Останні можуть бути викликані нерівністю дорожнього полотна, неправильним демонтажем із транспортного засобу, результатами хибного з'єднання (зварювання) штока із захисним кожухом при ремонті, тощо. Деформація штоку може призвести до його заклинювання в експлуатації.

По-друге. Випробування на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність повітря в робочому циліндрі, як наслідок недостатнього обсягу демпфуючої рідини, яка через деформацію (або знос) ущільнюючого гумового манжета штока може витікати під час експлуатації.

Виявити це при випробуваннях гасника на менших 80 % значеннях робочого ходу поршня неможливо, і це є суттєвим конструкційним недоліком тих випробувальних стендів, на яких більшість російських і українських виробників гідравлічних гасників коливань проводить випробування у себе на виробництві.

Це питання декілька разів обговорювалося [3, 8], але розробники відомчої інструкції № ЦЛ-0061 так і не внесли відповідні зміни в розділ 8 «Випробування гасників коливань на стендах». Тому в подальшому всі суперечки між поставальниками та споживачами продукції треба вирішувати на підставі верховенства вимог у міждержавному стандарті ГОСТ 30635-99 над відомчою інструкцією № ЦЛ-0061.

Список використаних джерел

1. Боряк К. Ф., Манзарук М. А., Романюк А. Н. Недостатки ведомственной нормативной документации в отношении единства требований к конструкции гидродемпферов, нормированию усилий демпфирования и к методам испытаний. Інформаційний науково-технічний журнал «Залізничний транспорт України». Київ, 2014. № 3. С. 21–31.
2. Tarmaev A., Petrov G., Filippov V. N. Rationalization of parameters of hydraulic dampers of a carriage. February 2020. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 760:012057 Follow journal. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012057.
3. Боряк К. Ф., Манзарук М. А. К чему приводит отсутствие единства измерений при испытаниях гидродемпферов на стендах. Друга міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2013), 29-31 жовтня, 2013 р. Збірник тез доповідей. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і Л», 2013. С. 220–224.
4. Боряк К.Ф., Манзарук М.О. Порівняння випробувальних стендів різних виробників, які використовуються для технічного діагностування гідравлічних гасників коливань тягового рухомого складу. Международный информационный научно-технический журнал «Локомотив-информ». Харьков, № 5-6 (травень-червень), 2016. С. 4–7.
5. Titurus, B., du Bois, J., Lieven, N., and Hansford, R. E., "A method for the identification of hydraulic damper characteristics from steady velocity inputs," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 24, Issue 8, November 2010, pp. 2868–2887. DOI:10.1016/j.ymssp.2010.05.021(2).
6. Marian Witalis Dobry, Artur Krajewski. The

diagnostics of the technical state of hydraulic dampers using the energy method. December 2014. Conference: IV International Conference on "Manufacturing-2014" At: Poznan University of Technology. Volume: Abstracts, pp. 21–22.

7. Zeyao Hu, Dongli Song, Yuanchen Zeng, Weihua Zhang. Analysis of the service life of railway hydraulic dampers considering temperature and loading. January 2020 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail and Rapid Transit. DOI: 10.1177/0954409719898079.

8. Демин Ю. В., Черняк А. Ю. Оценка динамических показателей безопасности движения, плавности хода и взаимодействия с путем скоростного подвижного состава. «Перспективы внедрения технических средств безопасности на железных дорогах Украины»: XIII Научн.-практ. конф., 10-12 сентября 2013 г. : тезисы докл. Одесса: Одесская ж.д. С. 20–26.

9. Hwan-Choong Kim, Yu-Jeong Shin, Wonhee You, Kyu Chul Jung, Jong-Seok Oh, Seung-Bok Choi. A ride quality evaluation of a semi-active railway vehicle suspension system with MR damper: Railway field tests. Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 3, pages 306–316. Article first published online: February 3, 2016; Issue published: March 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409716629706.

10. Wenlin Wang, Dingsong Yu, Rui Xu. Prediction of the in-service performance of a railway hydraulic damper. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 1, pages 19–32. Article first published online: November 29, 2015; Issue published: January 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409715618685.

References

1. Boryak K. F., Manzaruk M. A., Romanyuk A. N. Nedostatki vedomstvennoj normativnoj dokumentacii v otnoshenii edinstva trebovanij k konstrukcii gidrodempferov, normirovaniyu usilij dempfirovaniya i k metodam ispytaniy. Informatsiyni naukovo-tehnichniy zhurnal "Zaliznychnyi transport Ukrainy". Kyiv, 2014. # 3. S. 21–31.

2. Tarmaev A., Petrov G., Filippov V. N. Rationalization of parameters of hydraulic dampers of a carriage. February 2020. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 760:012057 Follow journal. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012057.

3. Boryak K. F., Manzaruk M. A. K chemu privodit otsutstvie edinstva izmerenij pri ispytaniyax gidrodempferov na stendax. Druha mizhnarodna naukova konferentsiia "Vymiriuvannia, kontrol ta diahnozyka v tekhnichnykh systemakh" (VKDTS-

2013), 29-31 zhovtnia, 2013 r. Zbirnyk tez dopovidei. Vinnytsia: PP "TD "Edelveis i L", 2013. S. 220–224.

4. Borjak K.F., Manzaruk M.O. Porivnannja vyprobuvalnykh stendiv riznykh vyrobnykiv, jaki vykorystovujutsja dlja tekhnichnogho diahnozu-vannja ghidravlitchnykh ghasnykiv kolyvanj tjahovogho rukhomogho skladu. Mezhdunarodnyj informacionnyj nauchno-texnicheskij zhurnal "Lokomotiv-inform". Xar'kov, № 5-6 (travencherven), 2016. S. 4-7.

5. Titurus, B., du Bois, J., Lieven, N., and Hansford, R. E., "A method for the identification of hydraulic damper characteristics from steady velocity inputs," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 24, Issue 8, November 2010, pp. 2868-2887. DOI:10.1016/j.ymssp.2010.05.021(2).

6. Marian Witalis Dobry, Artur Krajewski. The diagnostics of the technical state of hydraulic dampers using the energy method. December 2014. Conference: IV International Conference on "Manufacturing-2014" At: Poznan University of Technology. Volume: Abstracts, pp. 21–22.

7. Zeyao Hu, Dongli Song, Yuanchen Zeng, Weihua Zhang. Analysis of the service life of railway hydraulic dampers considering temperature and loading. January 2020 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail and Rapid Transit. DOI: 10.1177/0954409719898079.

8. Demin Yu. V., Chernyak A. Yu. Ocenka dinamiceskix pokazatelej bezopasnosti dvizheniya, plavnosti xoda i vzaimodejstviya s putem skorostnogo podvizhnogo sostava. "Perspektivy vprovadzhennia tekhnichnykh zasobiv bezpeky rukhu na zaliznytsiakh Ukrainy": XIII Nauchn.-prakt. konf., 10-12 sentyabrya 2013 g. : tezis dokl. Odessa: Odesskaya zh.d. S. 20-26.

9. Hwan-Choong Kim, Yu-Jeong Shin, Wonhee You, Kyu Chul Jung, Jong-Seok Oh, Seung-Bok Choi. A ride quality evaluation of a semi-active railway vehicle suspension system with MR damper: Railway field tests. Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 3, pages 306–316. Article first published online: February 3, 2016; Issue published: March 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409716629706.

11. Wenlin Wang, Dingsong Yu, Rui Xu. Prediction of the in-service performance of a railway hydraulic damper. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 1, pages 19–32. Article first published online: November 29, 2015; Issue published: January 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409715618685.

Надійшла до редакції 12.05.2020 р.