

С. В. ПИЛИПЕНКО (Укрзалізниця), О. М. БОНДАРЄВ, В. Л. ГОРОБЕЦЬ,
О. І. ГІЛЕВИЧ, В. В. ГЛУХОВ, К. І. ЖЕЛЕЗНОВ, В. П. ЛІТВІНОВ, Є. Ф. ФЕДОРОВ,
О. М. ЗАБОЛОТНИЙ, Д. О. ЯГОДА (ДІПТ)

ПОКАЗНИКИ ДИНАМІКИ ТА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРОВОЗА ВЛ40^У

В статті наведено результати експериментального визначення показників динаміки та тягово-енергетичних показників електровоза ВЛ40^У. Встановлена придатність щодо експлуатації вказаних електровозів в пасажирському русі з пасажирськими поїздами до 15 вагонів включно.

В статье приведены результаты экспериментально установленных показателей динамики и тягово-энергетических показателей электровоза ВЛ40^У. На основании полученных результатов определена пригодность электровозов подобного типа для эксплуатации в пассажирском движении с поездами до 15 пассажирских вагонов включительно.

In the article the results of dynamic running and traction-energy tests of the electric locomotive VL40^U are presented. In accordance with the test results a conclusion about the suitability of electric locomotive of such a type for operation with trains containing up to 15 passenger coaches inclusive is made.

З економічної точки зору нераціонально використовувати ведіння пасажирських поїздів, які складаються з 10...15 вагонів електровозами ВЛ80^Т, бо при цьому підвищуються затрати електроенергії та затрати праці на одиницю корисної роботи. В Росії розробником електровозів ВЛ80 ВЕЛНДІ була проведена конструкторська робота щодо визначення можливості створення на базі секції вказаного електровоза чотирьохосного односекційного електровоза змінного струму.

Для забезпечення ведіння пасажирських поїздів, які складаються з невеликої кількості вагонів (до 15 вагонів), за завданням Укрзалізниці на Запорізькому ЕРЗ та на Львівському ЛРЗ на початку 2003 року почали виготовляти електровози ВЛ40^У. Ці електровози виготовляються з одної секції електровозу ВЛ80 шляхом проведення певної кількості переробок із створенням двох кабін.

Під час переробок та модернізації щодо двох кабін, що створюються, додатково вводиться на тяговому трансформаторі обмотка опалення, при цьому на 20 % знижується потужність тягових обмоток та у 1,5 рази потужність і напруга обмоток власних потреб. Змінено компонування повітряно-масляних теплообмінників. Внаслідок цього знижується у 3 рази затрати повітря на охолодження трансформатора. Під час модернізації згладжуючих реакторів у 2 рази зменшуються затрати охолоджуючого повітря. За рахунок цього виникає можливість

зменшити у 1,5 рази потужність вентиляторів. На електровозі встановлено два головних компресори типу ВУ-3,5 загального виробництва 4 м³/хв. Сумарний об'єм головних повітряних резервуарів не менше 900 літрів. В кабінах управління встановлено калорифери та електроплитки загальною потужністю 8 кВт та два кондиціонери. Модернізовані тягові двигуни дозволять знизити затрати охолоджуючого повітря зі 105 до 70 м³/хв. Суттєво перероблені тягові двигуни. Попередньо проведені теоретичні тягові розрахунки показали, що електровоз ВЛ40^У має бути спроможним щодо ведіння поїздів масою до 720 тс (12 вагонів пасажирського поїзду). Але керівництво Головного управління локомотивного господарства України запропонувало низку пропозицій, спрямованих на забезпечення ведіння пасажирських поїздів вагою до 900 тс включно (15 вагонів). Тому в цій роботі і було розглянуто питання з визначення надійності роботи усіх пристроїв електровозу ВЛ40^У під час ведіння пасажирських поїздів із складом до 15 вагонів відповідно до встановленого графіку руху пасажирських поїздів на основних напрямках Одеської залізниці зі швидкостями до 120 км/год включно. До речі, при проведенні конструктивних переробок передбачалась можливість використання цих електровозів у рухові зі складом вагонів пасажирських поїздів до 140 км/год включно.

Нижче наведено основні технічні характеристики електровоза ВЛ40^У.

Таблиця 1

**Основні технічні характеристики електровоза
ВЛ40^у 1851-1**

№ з/п	Назва характеристики	Значення
1	Габарит за ГОСТ 9238-83	1-Т
2	Номінальне навантаження від колісної пари на рейки, кН (Тс)	235,4 (24,0)
3	Конструкційна швидкість, км/год.	110
4	Частота напруги живлення, Гц	50
5	Сила тяги годинного режиму, кН	160
6	Швидкість годинного режиму, км/год.	71,5
7	Ширина колії, мм	1520
8	Діаметр колеса по колу кочення при нових бандажах, мм	1250
9	Передаточне відношення тягового редуктора	3,04
10	Система підвищування тягових двигунів	Опірно-осьова
11	Жорстка база візка	3000 мм
12	Тип тягового двигуна	НБ-418 К6
13	Колісні пари згідно ГОСТ 11018-87	Профіль бандажа – креслення №3 ГОСТ 11018-87
14	Потужність системи опалення поїзда при температурі навколишнього середовища нижче 10 °С, кВт	750
15	Вага електровоза, кН (Тс)	941,8 (96,0)

З метою визначення показників динамічності, запасу стійкості і плавності руху та тягово-енергетичних характеристик електровоза ВЛ40^у і встановленню їх відповідності вимогам Норм та Технічному завданню були проведені комплексні динамічні ходові та тягово-енергетичні випробування вказаного електровоза на Одеській залізниці.

Під час проведення випробувань дослідні поїздки були здійснено: зчепом, який складався з дослідного електровозу, вагона-лабораторії ДНУЗТу, тягово-енергетичної лабораторії Оде-

ської залізниці та допоміжного електровоза ВЛ80Т; у складі поїздів № 605 Христинівка – Одеса, № 94 Одеса – Мінськ, № 21 Львів – Донецьк. У складі поїздів дослідні поїздки виконувалися дослідним електровозом, до якого були причеплені вагон-лабораторія ДНУЗТу та тягово-енергетична лабораторія Одеської залізниці. В результаті проведених випробувань були зареєстровані величини, за якими визначалися коефіцієнти вертикальної та горизонтальної динаміки, визначено коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки і показники плавності руху, а також тягово-енергетичні показники.

Загальний вигляд цього електровозу наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вигляд електровоза ВЛ40^у (виробництва ЗЕРЗ) та дослідний зчеп під час проведення випробувань

При випробуваннях на всьому маршруті безперервно реєструвалися всі процеси, а при обробці зареєстрованих процесів виділялися такі, коли поїзд, або дослідний зчеп рухався по прямим, а також кривих ділянках колії радіусів $350 < R \leq 650$ м, $R > 650$ м.

Найбільшою допустимою швидкістю переважно була швидкість 100 км/год та на деяких ділянках допустимою була швидкість 120 км/год. Різні швидкості руху, при яких про-

водилась реєстрація вимірюваних процесів, практично визначалися графіком руху швидкісних, вантажних та поїздів міжміського сполучення.

Під час проведення динамічних ходових випробувань вимірювалися: переміщення за допомогою реохордних датчиків; прискорення за допомогою акселерометрів; горизонтальні поперечні рамні сили за спеціальною схемою з'єднання тензорезисторів. По виміряних: переміщеннях визначалися динамічні добавки вертикальних сил, які виникають у першому та другому ступенях підвішування; вертикальних та горизонтальних поперечних прискореннях, що виникають у кабіні машиністів, визначалися показники плавності руху; вертикальних прискореннях на редукторі контролювався стан редукторів та колісно-моторних блоків при можливих зриву колісних пар на буксування; деформаціях за відповідним з'єднанням тензорезисторів визначалися горизонтальні поперечні рамні сили. За визначеними динамічними добавками вертикальних сил визначалися коефіцієнти динаміки, а за динамічними добавками сил, що виникають у першому ступені підвішування та горизонтальними поперечними рамними силами визначався коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки. За величинами прискорень визначалися коефіцієнти плавності руху у горизонтальній та у вертикальній площинах.

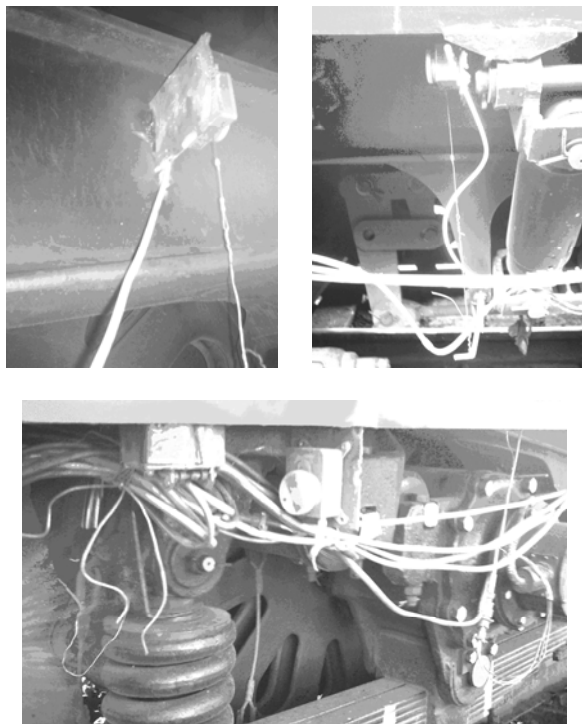


Рис. 2. Датчики та місця їх встановлення на дослідному електровозі

Для вимірювання вертикальних $\ddot{Z}$ та горизонтальних поперечних $\ddot{Y}$ прискорень на підлозі у кабіні машиністів встановлювалося два датчики (акселерометри), за якими визначалися показники плавності руху. На корпусі тягового редуктора першого в напрямку руху візка встановлено датчик вимірювання вертикальних прискорень для контролювання моментів зриву першої колісної пари на буксування.

Для визначення динамічних складових вертикальних сил у першому та другому ступенях підвішування перших візків у буксових вузлах встановлені реохордні датчики $R11, R12, R21, R22, R13, R14$.

Виявлення першого візка відносно кузова електровоза визначалося за допомогою реохордного датчика переміщень $R1Y$, який встановлено у місці розташування першої колісної пари.

Для визначення горизонтальних поперечних рамних сил на бічних поверхнях повздовжніх балок рам візків на рівні нейтрального шару в перерізах, розташованих навколо шкворневих балок з двох сторін, встановлено чотири тензорезистори, які попарно з'єднувалися і далі за їх показаннями визначалися горизонтальні поперечні рамні сили $H1, H2$.

Сила тяги локомотива вимірювалася за допомогою динамометричної автозчепки, що була встановлена на вагоні-лабораторії.

Таким чином, при проведенні динамічних ходових випробувань реєструвалося 13 процесів.

Середні значення стискань пружинних комплектів, які визначено під час проведення підйомів кузова складали: у першому ступені підвішування – 49,3 мм; у другому ступені підвішування – 78,5 мм. Значення вертикальних жорсткостей ресорних комплектів першого та другого ступенів підвішування відповідно складали: 1,54 кН/мм, 0,97 кН/мм (1,94 кН/мм – на один бік візку).

Для визначення коефіцієнтів динаміки, необхідна інформація про статичні навантаження, що створюються у відповідних пружинних комплектах. Величини статичного навантаження мають такі значення: (вага електровозу ВЛ40^У складає 929 кН, вага візків – 320 кН, вага кузова – 609 кН) статичне навантаження, яке припадає на кожний буксовий вузол, дорівнює 87,7 кН; величина статичного навантаження, яка приходить на одну сторону кожного візка від ваги кузова, дорівнює 152 кН.

На рис. 3...5 наведено значення коефіцієнтів вертикальної динаміки динамічних складових

зусиль у першому та другому ступенях підвищення першого за напрямком руху електро-воза візка.

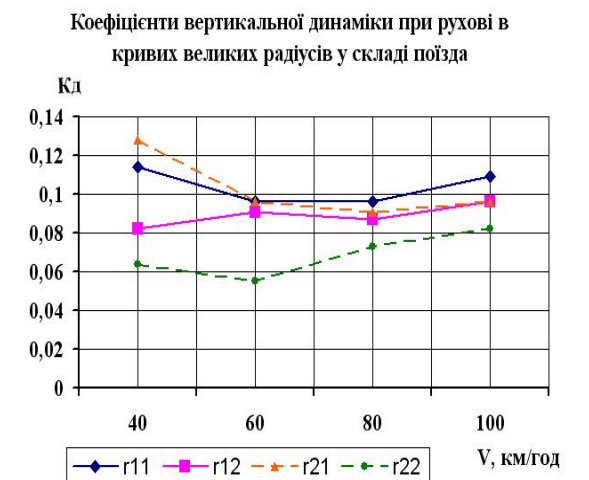
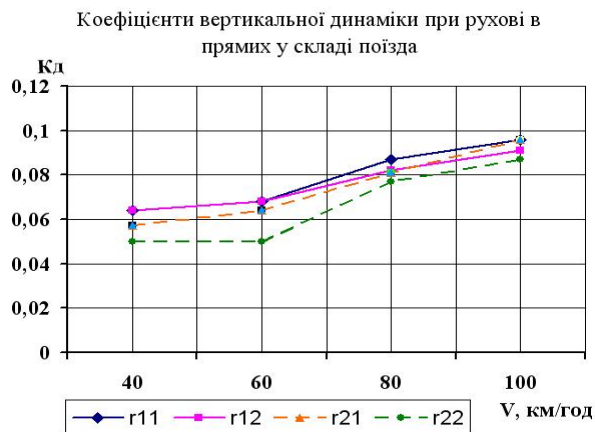


Рис. 3. Коефіцієнти вертикальної динаміки у першому ступені підвищення при русові в прямих та кривих радіусів $R > 650$ м у складі поїзда

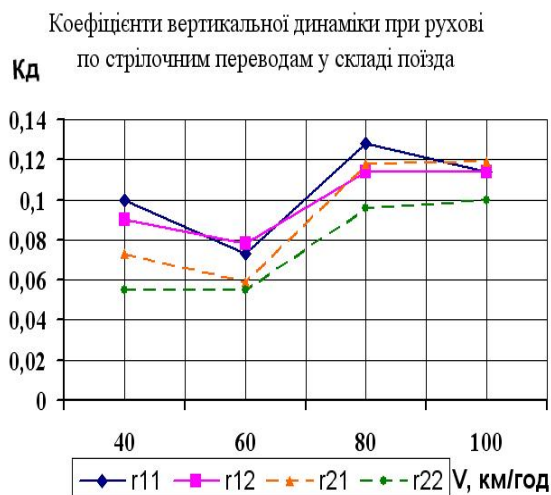


Рис. 4. Коефіцієнти вертикальної динаміки у першому ступені підвищення при русові по стрілочним переходам у складі поїзда

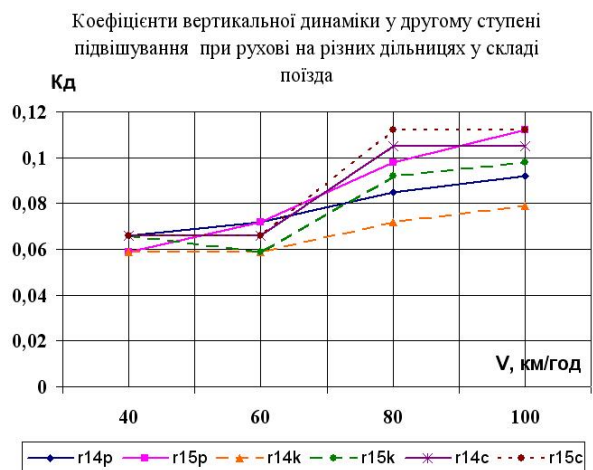


Рис. 5. Коефіцієнти вертикальної динаміки у другому ступені підвищення при русові на різних дільницях колії у складі поїзда

На наведених рисунках введені такі позначення: $r11, r12, r21, r22$ – графіки зміни коефіцієнтів динамічності у першому ступені підвищення, а $r14$ та $r15$ – у другому ступені підвищення. Додатковими літерами «р», «к», «с» позначено види колії: пряма, крива середніх та великих радіусів, стрілочні переводи.

З наведених результатів виходить, що дослідний електро-воз має хороші показники динаміки при русові на всіх дільницях експлуатації Одеської залізниці. Для пасажирських локомотивів найбільші значення показників динаміки відповідно до вимог Норм складають 0,3 для першої та 0,2 для другої ступенів підвищення.

На рис. 6 наведено залежності сили тяги від швидкості руху. Ці результати отримані шляхом статистичної обробки значень сил тяги на відповідних рівнях швидкості руху.

Тут, як і на попередніх рисунках введені подібні додаткові літери, які відображають вид колії.

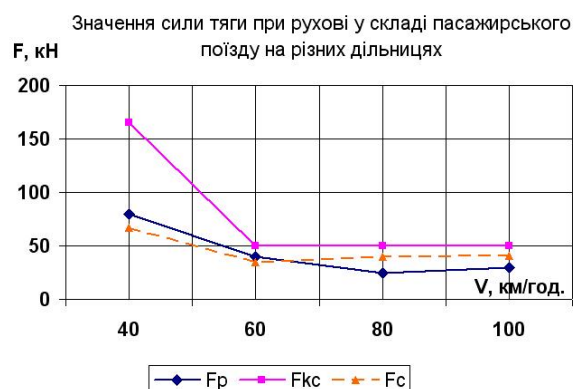


Рис. 6. Залежності сили тяги від швидкості при русові у складі пасажирського поїзда на різних дільницях колії

На рис. 7 наведені залежності горизонтальних поперечних рамних сил при русі дослідного електровозу у складі пасажирського поїзду.

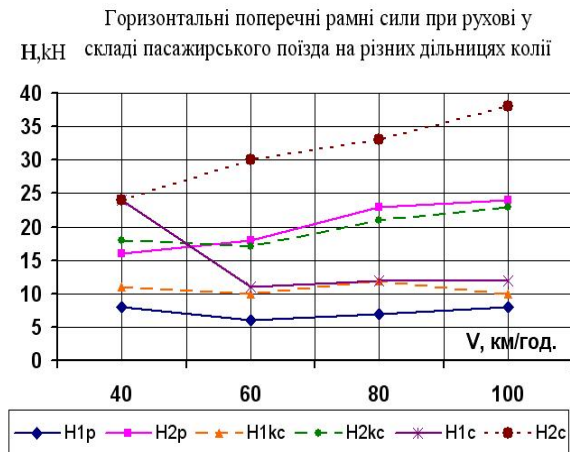


Рис. 7. Залежності горизонтальних поперечних рамних сил при русі у складі пасажирського поїзда на різних ділянках колії

З рис. 7 видно, що найбільші значення горизонтальних поперечних рамних сил H не перевищують Нормативних значень.

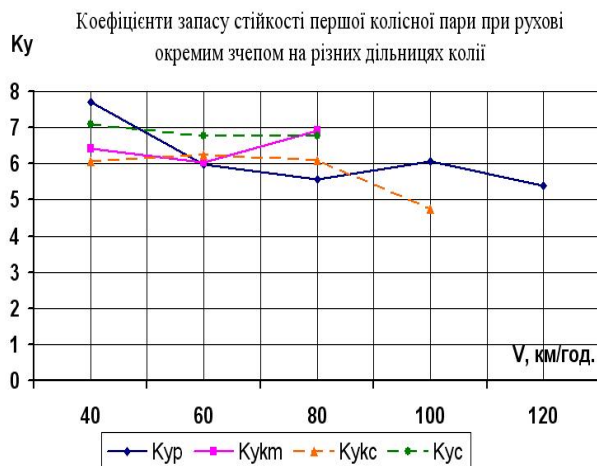


Рис. 8. Значення коефіцієнтів запасу стійкості першої колісної пари при русі окремого зчепу на різних ділянках колії

Використовуючи спеціальну програму, були проведені розрахунки по визначенню коефіцієнтів запасу стійкості від сходу колісних пар з рейок. Результати цих розрахунків наведено на рис. 8...9. Найменше значення коефіцієнту запасу стійкості за Нормами дорівнює 1,4. За отриманими результатами вимірювань та відповідної обробки найменше значення було отримано близько 4,5. Таким чином, по показнику запасу стійкості при швидкостях руху до 120 км/год. включно дослідний електровоз має також суттєвий запас.

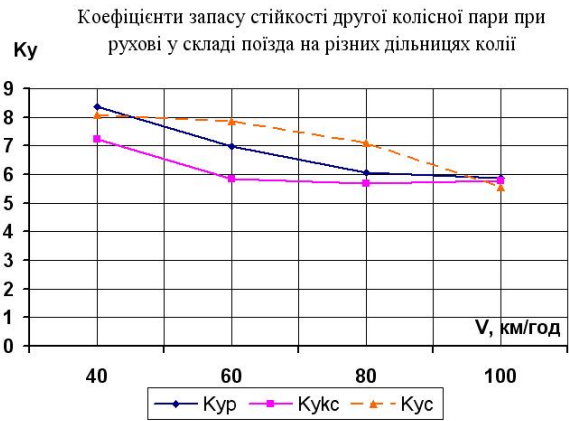


Рис. 9. Значення коефіцієнтів запасу стійкості другої колісної пари при русі у складі пасажирського поїзда на різних ділянках колії

При русі в кривих різних радіусів для електровоза ВЛ40^у показники динаміки знаходяться в межах, які не перевищують Нормативних значень для пасажирських локомотивів.

Далі, за спеціальною програмою та співвідношеннями, наведеними у Нормках, за величинами прискорень, які вимірювалися на підлозі в кабіні машиністів, були визначені показники плавності руху.

В табл. 2 наведено значення показників плавності руху дослідного електровоза ВЛ40^у, визначених при різних швидкостях.

Таблиця 2

Показники плавності руху

V, км/год	Показники плавності руху W1, W2	Електровоз ВЛ40 ^у	
		Вертикальний напрямок	Горизонтальний напрямок
40	W1	2,64	2,43
	W2	2,64	2,43
60	W1	3,08	2,51
	W2	3,08	2,51
80	W1	3,27	2,72
	W2	3,27	2,72
100	W1	3,41	2,81
	W2	3,41	2,81

В цій таблиці: W1 – плавність руху, яка визначалася за середніми значеннями прискорень; W2 – плавність руху, яка осереднена за усіма реалізаціями. При цьому повний час вимірювань у вказаних діапазонах швидкості складав: 40 – 767 с; 60 – 1879 с; 80 – 1859 с; 100 – 894 с. Найбільше нормативне значення показника

плавності руху за Нормами складає 3,75. За цим показником електровоз відповідає вимогам Норм [1-3].

На підставі вимірних прискорень також за спеціальною програмою і співвідношеннями Норм [6-8] та вимог ГОСТ 12.2.056-81 були знайдені значення віброприскорень при кожному значенні швидкості руху. Порівнювання із пороговими значеннями прискорень за Нормами, показують відповідність вимогам Норм виготовленого електровозу за вимогами ГОСТ 12.2.056-81.

На рис. 10 наведено тягові характеристики електровозу ВЛ40^У у відповідності з технічною документацією ЗТС.001.011.РЭ1.

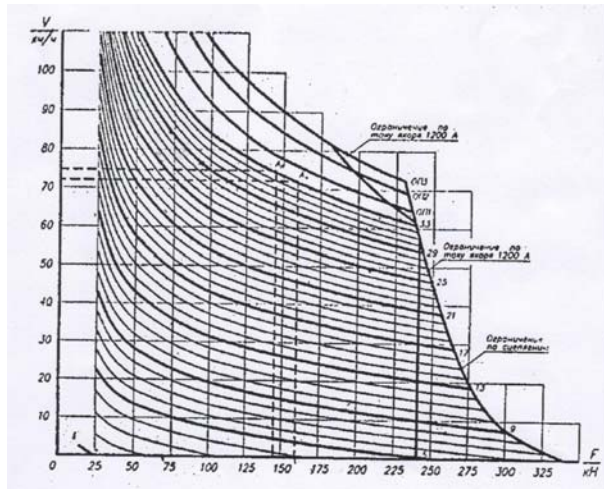


Рис. 10. Тягові характеристики електровоза (ЗТС.001.011.РЭ1)

На рис. 11 наведено пускові характеристики електровозу ВЛ40^У у відповідності з технічною документацією ЗТС.001.011.РЭ1.

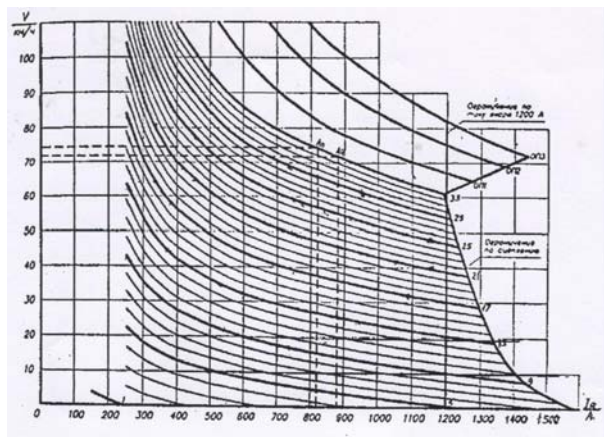


Рис. 11. Пускові характеристики електровоза (ЗТС.001.011.РЭ1)

Пускові характеристики електровоза ВЛ40^У-1851-1, виготовленого відповідно до ТЗ [1] та паспорту [2] згідно з програмою-

методикою [9] визначалися у процесі руху дослідного зчепу, який складався з дослідного електровозу ВЛ40^У-1815-1, вагона-лабораторії ГНДЛ ДМРС ДНУЗТу, тягово-енергетичної лабораторії Одеської залізниці та допоміжного електровоза ВЛ80^Т-2348. Тягове навантаження дослідного електровозу забезпечувалося за рахунок реостатного гальмування електровоза ВЛ80^Т-2348. Під час цих випробувань дослідний електровоз рухався у перед другою кабіною. В такому разі четверта колісна пара була першою в напрямку руху.

При цьому у тягово-енергетичній лабораторії вимірювалися напруга контактної мережі, струми тягових двигунів першої та четвертої колісних пар, напруга живлення першого тягового двигуна. Швидкість руху реєструвалася за показниками швидковимірювача дослідного електровоза, та швидковимірювачів двох вагонів-лабораторій. Номер позиції головного контролера (ЕКГ) реєструвалася показниками сельсина-повторювача, підключеного до сельсина-датчика ЕКГ, який має шкалу з номерами позицій, відповідній шкалі сельсина-приймача на пульті управління електровозом ВЛ40^У-1815.

Значення швидкостей руху, які вимірювалися під час випробувань, перераховувалися до умовних, що відповідають пусковим характеристикам електровоза ВЛ40^У-1815-1 (рис.11) та відповідають параметрам:

Напруга контактної мережі – $U_{км} = 25$ кВ;

Діаметр бандажів колісних пар 1210 мм.

Підрахунки проводилися за формулами:

$$V_{роз} = V_{вим} \frac{U_{дв.н} - I_{дв} \sum r_{дв}}{U_{дв.вим} - I_{дв} \sum r_{дв}}, \quad (1)$$

$$V_n = V_{роз} \frac{1210}{D_{к.вим}}, \quad (2),$$

де $V_{роз}, V_{вим}$ – відповідно розрахункові та виміряні значення швидкості руху, км/год;

V_n – нормалізоване (приведене до $D_k = 1210$ мм) значення швидкості, км/год;

$I_{дв}$ – значення струму, що вимірюється, А (для побудови пускових характеристик використовувалися величини струму першого тягового двигуна, як найбільш навантаженого);

$\sum r_{дв} = 0,03$ Ом – величина опору ланцюга живлення тягового двигуна;

$D_{к.вим}$ – діаметр коліс електровоза по колу кочення, мм (використовувалися значення за

даними вимірювань спеціалістами локомотивного депо Котовськ).

Далі виміряні значення напруг, струмів та швидкостей вводилися у ПЕОМ, яка виконувала перерахунок значень швидкостей за формулами (1)-(2) і розбудовувалися пускові характеристики на підставі використання стандартних програм Excel.

Для оцінки параметрів тягової характеристики додатково вимірювалася величина сили тяги за допомогою динамометричного автозчепного пристрою, який встановлено на вагоні-лабораторії ГНДЛ ДМРС. На підставі вимірних значень зусиль проводилася статистична обробка при фіксованому значенні швидкості руху. Одночасно реєструвалися позиції контролера ЕКГ. Для реєстрації номера позиції головного контролера було зібрано логічну схему, яка реагувала на зміну стану блок-контактів ЕКГ. При цьому значення параметрів, що вимірюються (швидкість руху та сила тяги) перераховувалися згідно параметрів тягової характеристики (рис. 10) за співвідношеннями (1), (2), а сила тяги – за наступною формулою

$$F_{ACH} = F_{ACВИМ} \frac{D_{К.ВИМ}}{1210}, \quad (3),$$

де F_{ACH} – нормалізоване (приведене до $D_K = 1210$ мм) значення сили тяги у автозчепці, кН;

$F_{ACВИМ}$ – виміряне за допомогою динамометричного автозчепного пристрою значення сили тяги, кН;

$D_{К.ВИМ}$ – вимірний (фактичний) діаметр колеса електровоза, мм.

Визначення фактичних діаметрів бандажів по колу катання $D_{К.ВИМ}$ проводилася на основі вимірювань в локомотивному депо Котовськ. Для перерахування величин швидкостей та сили тяги до приведених (нормалізованих) значень прийнято середній діаметр бандажу $D_{К.ВИМ} = 1236$ мм.

Досліди по визначенню параметрів пускових (струмових) характеристик проводилися при поїздках дослідного зчепу на дільницях Котовськ – Вапнярка, Котовськ – Одеса.

В процесі поїздок попередньо здійснювалось порівняння значень контрольованих параметрів, що вимірювалися апаратурою тягово-енергетичної лабораторії (ТЕВЛ) та вагону-лабораторії ГНДЛ ДМРС (ДВЛ) при їх одночасній реєстрації. Результати для декількох до-

слідів наведено в табл. 3. Різниця результатів вимірювань не перевищувала 5 %. Подальші дослідження проводилися на основі даних реєстрації значень параметрів апаратурою ДВЛ, яка здійснювалась з інтервалом у одну секунду.

На протязі дослідів на дільниці Вапнярка – Котовськ загальною тривалістю 3 год 29 хв 04 с було виконано 12544 реєстрації, а на дільниці Котовськ – Одеса загальною тривалістю 2 год 57 хв 01 с, було зроблено 10621 реєстрацію, крім того, на дільниці Одеса – Бугаз загальною тривалістю 2 год 17 хв 01 с було виконано 8241 реєстрацію, результати обробки яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Параметри, які реєструвалися на дільниці Одеса – Бугаз

Поїздка Одеса – Бугаз								
№ з/п	Час, с	Поз	ОП	I _{д1} , А	I _{д4} , А	U _д , В	V, км/год	U _{кс} , В
1	206	5	0	260	257	195	21	24,8
2	408	0	0	13	10	3	26	24,9
3	1244	0	0	12	10	4	50	25,6
4	1665	14	0	343	329	436	48	25,2
5	1942	0	0	26	24	11	24	26,1
6	2832	0	0	14	9	12	44	18,2
7	2955	5	0	148	163	203	39	26,5
8	3195	1	0	41	61	60	23	26,5
9	5579	0	0	15	10	2	13	26,6
10	7739	21	3	601	614	660	75	25,1
11	8754	0	0	14	10	3	50	25,6

З табл. 3 виходить, що величина струму ТЕД четвертої колісної пари значно нижче (до 105 А), ніж струм ТЕД першої колісної пари. Це може бути пояснено проковзуваннями четвертої колісної пари.

При струмах 930...1000 А відзначалось проковзування першої колісної пари, яке супроводжувалось різким зменшенням струму ТЕД1. Подібні явища в умовах експлуатації не спостерігаються, оскільки при веденні пасажирських поїздів, які можуть мати до 18 вагонів включно вище вказані значення струмів у тягових двигунах не досягаються.

На підставі зазначених реєстрацій після їх нормалізації випробувально-обчислювальним комплексом побудовані пускові характеристики електровозу ВЛ40У-1851-1. Деякі з них наведено на рис. 12...15.

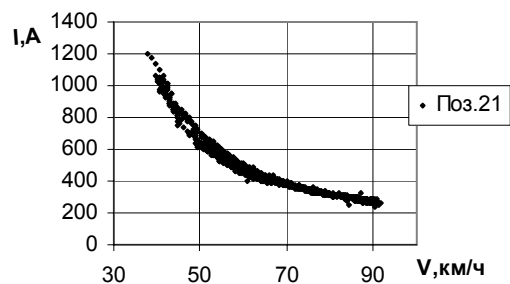
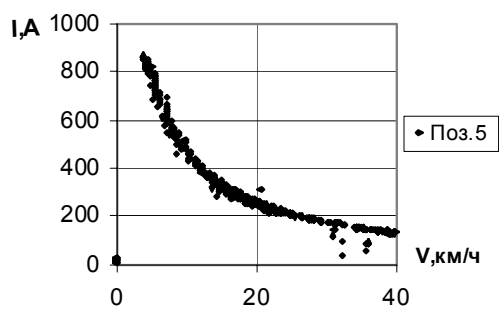
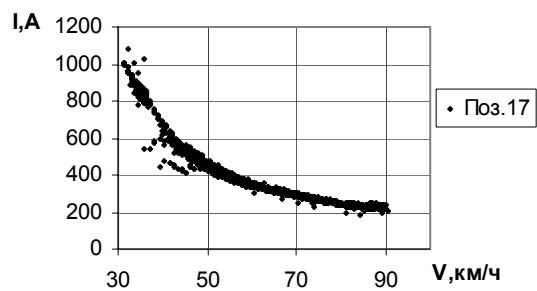
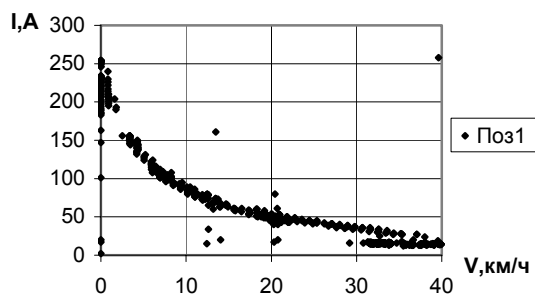


Рис. 14. Контролер у позиції 17, 21

Рис. 12. Контролер у позиціях 1, 5

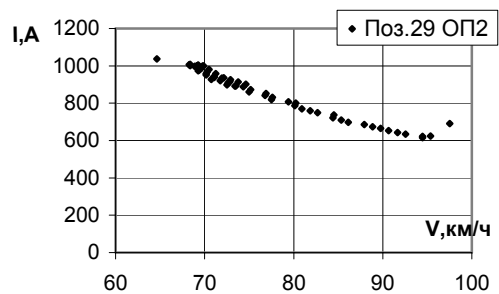
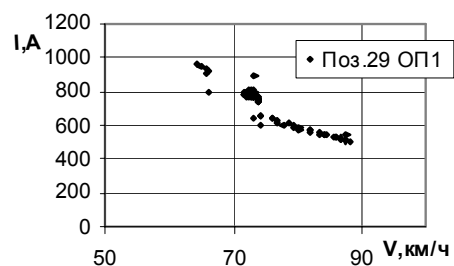
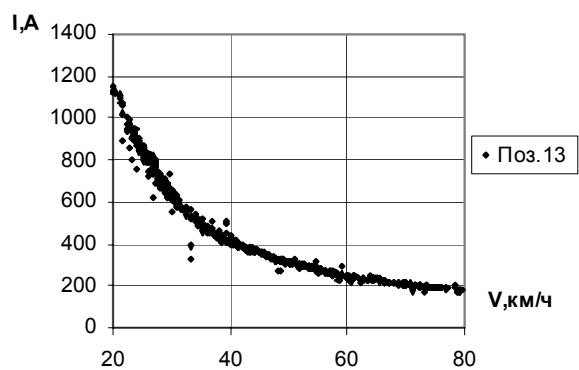
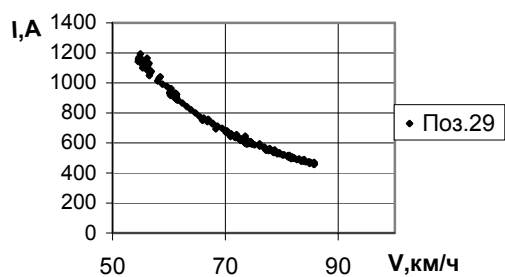
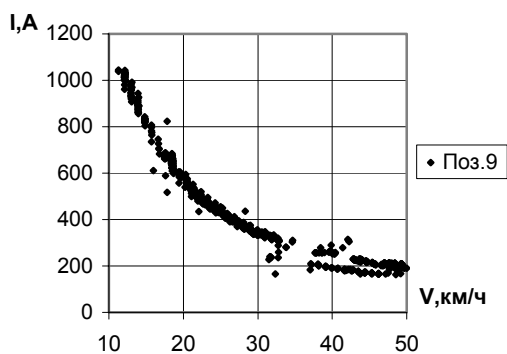


Рис. 13 Контролер у позиції 9, 13

Рис. 15. Контролер у позиції 29, 29 ОП1, 29 ОП2

Вище було наведено пускові характеристики електровозу ВЛ40^у у відповідності з технічною документацією ЗТС.001.011.РЭ1 (рис.11) для коефіцієнту зубчатої передачі

$$\mu = \frac{81}{28} = 2.89, \text{ діаметру бандажу } D_k = 1210 \text{ мм.}$$

при $U_{\text{км}} = 25 \text{ кВ}$ (розрахункові характеристики). Порівняння результатів вимірювання після їх нормалізації з рис. 11 показує, що розрахункові характеристики та нормалізовані пускові характеристики, що отримано в процесі дослідження, відрізняються не більш 5 % по усіх перевірених позиціях (від поз. 1 до поз. 19).

Визначення параметрів тягової характеристики здійснювалось на підставі даних дослідних поїздок. Значення дотичної сили тяги встановлювалось на основі вимірювань величин струму ТЕД на різних позиціях електромеханічних характеристик ТЕД НБ418К6 (Н.169.211)

$$\text{при } \mu = \frac{81}{28} = 2.89 \text{ та } D_k = 1210 \text{ мм. В процесі}$$

дослідів встановлено значення дотичної сили тяги, які отримано на основі вимірювань $F_{\text{д.вим}}$ та розрахункові нормовані значення дотичної сили тяги $F_{\text{др}}$, які відповідають тяговій характеристиці електровозу ВЛ40^у (ЗТС.001.011.РЭ1), яку наведено на рис. 10.

З порівняння тягових характеристик виходить, що значення $F_{\text{д.вим}}$ та $F_{\text{др}}$ відрізняються не більше 10 %. В процесі руху спостерігалися випадки буксування при струмах першого ТЕД від 950 А до 1090 А.

З метою оцінки навантаження на тягові двигуни електровозу при виконанні поїздок з графіковими поїздами за пропозицією Одеської залізниці було обрано найбільш напружений напрямок Одеса – Котовськ – Жмеринка зі складним планом та профілем шляху. Електровоз ВЛ40^у-1851-1 було встановлено в поїзд № 94 Одеса – Мінськ, який складався з 12 пасажирських вагонів та двох вагонів-лабораторій.

В процесі руху поїзда на апаратурі ДВЛ реєструвались величини швидкості та ефективні значення струмів тягових двигунів першої та четвертої колісних пар. Оцінка нагрівання тягових двигунів здійснювалась методом еквівалентного струму з умови $I_{\text{екв}} \leq I_{\text{ном}}$,

де $I_{\text{екв}}$ – еквівалентний струм ТЕД за годину або за поїздку, А;

$I_{\text{ном}}$ – номінальний струм ТЕД годинного (тривалого) режиму, А.

$$I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum I_i^2 \cdot t_i}{T}} \quad (4)$$

Інтервал часу реєстрації $t_i = 1 \text{ с}$, T – період часу, за який здійснюється оцінка еквівалентного струму, с.

Враховуючи, що $T = N \cdot t_i$, де N – кількість реєстрацій за час T , то

$$I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum I_i^2}{N}} \quad (5)$$

Обчислення значень $I_{\text{екв}}$ здійснювалось для інтервалів часу $T = 1 \text{ хв}$ ($I_{\text{хв}}$) та за всю поїздку ($I_{\text{эф}}$).

У відповідності з технічною документацією [1, 2], електровоз ВЛ40^у-1851-1, обладнаний тяговими двигунами НБ-418-К6, зав. № 3301, 3073, 2368, 7630, піддавався комплексу випробувань, подібним приймально-здавальним випробуванням та випробуванням на нагрівання струмом годинного режиму, що дорівнює $I_{\text{год}} = 880 \text{ А}$ (струм тривалого режиму $I_{\text{тр}} = 820 \text{ А}$).

В табл. 4 наведено результати обчислень максимальних значень еквівалентного струму ТЕД у процесі поїздки в напрямку Одеса – Жмеринка по дільницях наведених станцій, починаючи від ст. Одеса.

Таблиця 4

Значення еквівалентних струмів на протязі слідування

Поїздка Одеса – Жмеринка						
Станція	Час	Хв	/эф1	/эф4	/хв1	/хв4
Одеса Гол.	14:36	0	0	0	0	0
Одеса Заст.	14:51	15	445	420	373	368
Усатово	14:57	21	441	423	315	318
Дачна	15:01	25	428	413	284	278
Єремівка	15:21	45	407	393	507	491
Роздільна 1	15:36	60	361	349	503	496
Роздільна Сорт.	15:46	70	381	367	430	421
В. Кут	16:00	84	372	358	802	760
Мардарівка	16:38	122	360	348	0	0
Котовськ	17:03	147	332	318	0	0
Слобідка	17:46	190	324	311	487	458
Вапнярка	19:12	276	318	305	533	485
Жмеринка	20:16	340	310	298	0	0

Як виходить з табл. 4, еквівалентні струми за 1 год не перевищували значень $I_{\text{год}} = 880 \text{ А}$, а за час усієї поїздки – значення $I_{\text{тр}} = 820 \text{ А}$.

Оцінка нагрівання тягового трансформатора ОДЦЭ-5000 (25-БМ-02 (зав. № 2259)) здійснювалась шляхом реєстрації показань термометру ТКП-160С, який входить у комплект трансформатора (1ВП.712.259РЭ). В процесі поїздки з графіковим поїздом № 94 (14 вагонів) на напрямку Одеса – Котовськ реєстрація проводилась на станціях. При температурі навколиш-

нього повітря на ст. Одеса +280 °С та на ст. Жмеринка +23 °С, було зареєстровано наступні показання термометру:

ст. Одеса–Застава І +550 °С, ст. Раздельная І +50 °С, ст. Котовськ +47,5 °С, ст. Жмеринка +40,5 °С.

У відповідності до технічної документації [1, 2] максимальна температура нагрівання трансформаторного масла не повинна перевищувати +85 °С.

Основні висновки

В процесі проведення динамічних ходових випробувань отримані значення коефіцієнтів вертикальної динаміки як у першому, так і у другому ступенях підвищення, що були визначені з імовірністю 0,95, значно менші за допустимі Нормативні значення. Найбільші значення цих величин не перевищували значень 0,13 як у першому так і у другому ступенях підвищення. Нормами передбачено, що найбільші значення цих величин складають 0,3 для першого ступеня та 0,2 для другого ступеня, якщо відповідний локомотив призначено для пасажирського руху. Коефіцієнти запасу стійкості проти сходу коліс колісних пар з рейок не менше значень 4,5, в той час за Нормами встановлено, що найменша величина цього показника дорівнює 1,4. Найбільші значення показників плавності руху дорівнюють 3,41, а за відповідними Нормативними показниками найбільше значення вказаних величин може досягати 3,7. Найбільше значення горизонтальних поперечних рамних сил було зафіксовано на рівні 75 кН при проїзді по стрілочних переводах, де спостерігалися бічні кидки за рахунок неякісного утримання стрілочних переводів. Але ж і це значення знаходиться в межах припустимих величин. При рухові у складі пасажирського поїзда горизонтальні поперечні рамні сили не перевищували 40 кН. З точки зору віброприскорень дослідний локомотив також відповідає Нормативним вимогам.

1. На підставі результатів, отриманих у дослідній поїздки дослідного зчепу на прямолінійній дільниці безстикової колії зі швидкістю 120 км/год, а також візуального контролю за коливаннями електровозу ВЛ40^У з вагона-лабораторії ДНУЗТу доцільно розглянути пропозицію щодо виявлення можливості підвищення конструкційної швидкості електровоза до 140 км/год включно.

2. Пускові (струмові) характеристики електровозу ВЛ40^У-1851-1 відповідають розрахунковим, які приведено у керівництві з експлуатації (ЗТС.001.011РЭ1).

3. Значення струму тягових двигунів при русі зі складом із 14 вагонів на протязі години не

перевищує струму годинного режиму. Температура масла тягового трансформатора не перевищувала +550 °С при температурі навколишнього повітря +280 °С. Таким чином, теплові режими основного обладнання в поїздах з графіковими поїздами у напрямку ст. Одеса – Жмеринка не накладають обмежень на графік руху.

4. В процесі розгону та під час руху відзначається значне (до 150 А) перевищення струму ТЕД першою колісною парою над струмом ТЕД четвертої (першої по ходу) колісної пари.

5. Доцільно в обох кабінах встановити амперметри ТЕД першої та четвертої колісних пар.

6. З метою зниження кількості відмов ТЕД доцільно ввести заборону набору позицій при включеному послабленні поля та при напрузі на колекторах ТЕД вище 950 В.

7. На підставі обмеження за зчепленням та обмеження за граничною величиною струму при реалізації тяги у 1200 А встановити розрахункові значення сили тяги у 230 кН, та швидкості руху 60 км/год.

Результати, які отримані під час проведення випробувань, дозволяють внести пропозицію про введення в експлуатацію електровозів серії ВЛ40^У виробництва ВАТ «Запорізький електровагонобудівний завод» з встановленими швидкостями руху до 120 км/год включно.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Техническое задание на разработку рабочей конструкторской документации электровоза ВЛ40 (модернизация секции электровоза типа ВЛ80^Т), утв. директором ПКТБ - главным конструктором ТГТС Укрзалізнички 06.06.2003.
2. Модернизация секции грузового электровоза ВЛ80^Т для вождения пассажирских поездов на железных дорогах Украины. Паспорт ЭЗ.340.00.00.000ПС.
3. Электровоз ВЛ40. Программа-методика приемосдаточных испытаний. ЗТС.001.011ПМ. Утверждено директором ПКТБЛ – Главным конструктором ТПС железных дорог Украины, 2004.
4. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М: МПС РФ, ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.
5. СТ ССФЖТ ЦТ 15-98 Тяговый подвижной состав. Типовая методика динамико-прочностных испытаний локомотивов.
6. Санитарные нормы. Вибрации в кабине машиниста тягового подвижного состава железнодорожного транспорта.

Надійшла до редколегії 27.03.2008.