

В.Д. Данович, М.Л. Коротенко, Л.А. Недужая (ДИИТ)

СОПОСТАВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЭЛЕКТРОВОЗА ДЭ1

Наведені деякі результати теоретичних й експериментальних досліджень динамічних якостей дослідного зразка магістрального електровоза ДЕ1. Виконано зіставлення цих результатів розрахунку та даних експериментальних досліджень

Some results of theoretical and experimental studies of dynamic qualities of pilot model main locomotive DE1 brought. Collation of these results of the calculation and given experimental studies executed.

В 1993 - 95 г.г. в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории динамики и прочности подвижного состава Днепропетровского государственного технического университета железнодорожного транспорта (ОНИЛ ДППС ДИИТа) были проведены теоретические исследования динамических качеств электровоза ДЭ1 [1]. При помощи математического моделирования были получены значения величин, характеризующих безопасность движения электровоза и его динамические показатели. При этом рассматривали движение электровоза по инерционному упруго-вязкому пути с вертикальными и горизонтальными неровностями. В качестве исходных были приняты инерционные, геометрические, жесткостные и диссипативные параметры электровоза, заложенные в проекте УЭлНИИ. После изготовления опытного образца фактические значения ряда параметров отличались от проектных значений. Поэтому был осуществлен перерасчет динамических показателей с использованием некоторых значений параметров, известных к моменту проведения исследований. В том числе было учтено изменение инерционных параметров электровоза за счет увеличения массы кузова (вместо 46 т принято 54 т). В исходных данных жесткостные параметры буксового подвешивания приняты такими, какими получились по результатам горизонтальной тарировки ($K_{\text{Бу}} = 7500$ кН/м) и по расчетным данным ($K_{\text{БЗ}} = 1960$ кН/м).

При этих данных были выполнены теоретические расчеты для случаев движения электровоза на прямых участках пути, кривых с радиусами 600 и 300 м. Из всех динамических показателей, полученных в теоретических расчетах, наиболее важное значение имеют коэффициент запаса устойчивости колеса от вкатывания на головку рельса $K_{\text{У}}$, коэффициент $K_{\text{дв}}^{\text{Б}}$ динамиче-

ских добавок вертикальных сил в буксовом подвешивании и коэффициент $K_{дг}$ горизонтальной динамики (по рамным силам). Вычисления производились при скоростях 50, 70, 90, 110 км/ч на прямых, 50, 60, 70, 80 км/ч на кривых с радиусом $R = 600$ м и 40, 50, 60, 70, 80 км/ч на кривых с радиусом $R = 300$ м.

Для определения условий обращения электровозов ДЭ1 на железных дорогах Украины ОНИЛ ДППС и путеиспытательной лабораторией ДИИТа в 1997 году были проведены комплексные динамические (ходовые и прочностные) и по воздействию на путь испытания электровозов ДЭ1-001 и ДЭ1-002. В процессе испытаний в качестве эталона использовался электровоз ВЛ82^м как электровоз с близкой осевой нагрузкой. Таким образом, в состав опытного сцепа входили электровозы ДЭ1-001, ДЭ1-002, ВЛ82^м и вагон-лаборатория ОНИЛ ДППС. Испытания производились при автономном движении опытного сцепа по опытным участкам пути, на которых производились записи, и в составе графиковых грузовых поездов с массой 5000 т на участке Верховцево – Нижнеднепровск-Узел. Записи регистрируемых процессов производились на прямых участках пути, на кривых с радиусами 600 м при возвышении наружного рельса $h = 80$ мм, на кривых с радиусами 300 м при $h = 100$ мм и на стрелочных переводах Р50 марки 1/9 и Р65 марки 1/11.

Движение по прямым участкам пути производилось в диапазоне скоростей 50 – 120 км/ч на бесстыковом пути на участке Новомосковск – Баловка. Движение по кривым среднего и малого радиуса, а также по стрелочным переводам производилось на стыковом пути в районе ст. Войцехово. На всех опытных участках пути одновременно производились записи регистрируемых процессов на электровозах и записи динамических процессов в пути.

На электровозах регистрировались процессы изменения тех величин, которые необходимы для определения динамических характеристик и условий безопасности движения, в их числе на каждой измерительной колесной паре горизонтальные поперечные силы, передающиеся от колесных пар рамам тележек (рамные силы) и динамические добавки вертикальных сил, передающиеся от буксового рессорного подвешивания каждой из букс колесной пары. Измерительными были направляющие (первые колесные пары) каждого электровоза при принятом рабочем направлении движения сцепа. Кроме этого у электровоза ДЭ1-002 измерительной была также четвертая колесная пара. Также измерялись динамические добавки вертикальных сил в упругих элементах кузовного подвешивания первой тележки электровоза.

Для определения горизонтальных (рамных) сил соответствующие измерительные схемы тарировались при приложении к раме тележки ступенями известных по величине горизонтальных поперечных сил.

Для оценки виброзащитных свойств рессорного подвешивания измерялись вертикальные и горизонтальные поперечные ускорения пола кабины и кресла машиниста. В процессе испытаний также производилась регистрация

ряда взаимных перемещений элементов экипажной части электровоза и напряжений в несущих элементах кузова, рам тележек и связей между ними.

Процессы изменения регистрируемых величин записывались на магнитной ленте. Обработка магнитограмм динамических процессов производилась при помощи ЭВМ и 12-разрядного 16-канального АЦП. Частота квантования принималась равной $f_{кв} = 100$ Гц, длительность одной реализации соответствовала времени прохождения сцепом 1 км пути на прямых и длине криволинейного участка пути на кривых.

В результате обработки данных испытаний были получены прежде всего величины, характеризующие запас устойчивости от вкатывания колеса на головку рельса K_y и коэффициенты вертикальной $K_{дв}^B$ и горизонтальной $K_{др}$ динамики.

Величина коэффициента запаса K_y определялась по известной методике [2, 3, 4]. По вычисленным значениям K_y в каждый момент времени определялись в каждом опыте их минимальные значения и сравнивались с допускаемой величиной $[K_y] = 1,6$ [3]. Результаты обработки показали, что во всех случаях наименьшие наблюдаемые значения коэффициента K_y существенно больше допускаемой величины (во всех случаях опытные данные приведены для электровоза ДЭ1-002). Так при движении по прямым участкам пути наименьшее значение $K_{y\min}$, полученное при скорости 120 км/ч, равно 3,1, в кривой с радиусом 600 м $K_{y\min} = 3,2$ (при скорости $V = 90$ км/ч) и в кривой с радиусом 300 м - $K_{y\min} = 3,0$ при скорости $V = 50$ км/ч. Эти данные вполне согласуются с результатами теоретических расчетов, в которых также получены достаточно большие значения коэффициента K_y .

На рис. 1 приведена точечная диаграмма наибольших значений коэффициентов горизонтальной динамики $K_{др}$, полученных при движении электровоза по прямолинейным участкам пути в диапазоне скоростей 50 – 130 км/ч. Из рис. 1 видно, что значения $K_{др}$ в диапазоне скоростей от 50 до 100 км/ч незначительно увеличиваются с увеличением скорости, не превышая значения $K_{др} = 0,15$. При скорости, превышающей 100 км/ч, значения $K_{др}$ более интенсивно возрастают и достигают величины $K_{др} = 0,23$ при скорости 120 км/ч. Во всех случаях значения коэффициента $K_{др}$ существенно ниже допускаемой величины, которая равна 0,4 [3]. На том же рисунке приведен график изменения коэффициента $K_{др}$, полученный расчетным путем для диапазона скоростей от 50 до 110 км/ч. Из рис. 1 видно, что расчетная кривая находится внутри поля экспериментальных значений коэффициента $K_{др}$.

Графики средних из максимальных значений полученных экспериментально коэффициента $K_{др}$ в зависимости от скорости движения электровоза приведены на рис. 2 (линия 1) для случаев его движения по кривой с радиусом 600 м и на рис. 3 – для движения по кривой 300 м. На тех же рисунках приведены графики изменения значений коэффициентов $K_{др}$, полученные

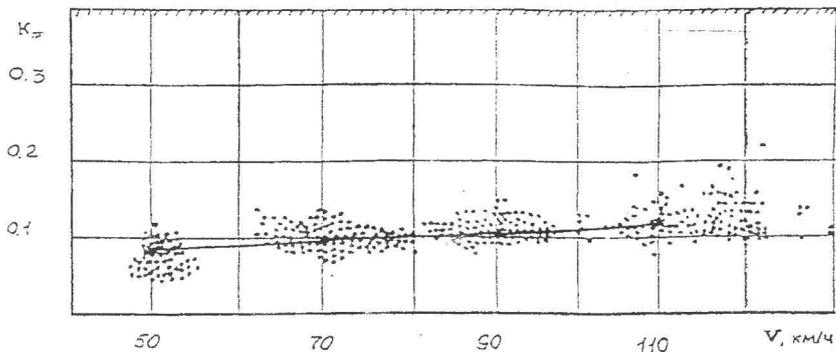


Рис.1. Значения $K_{гр}$.

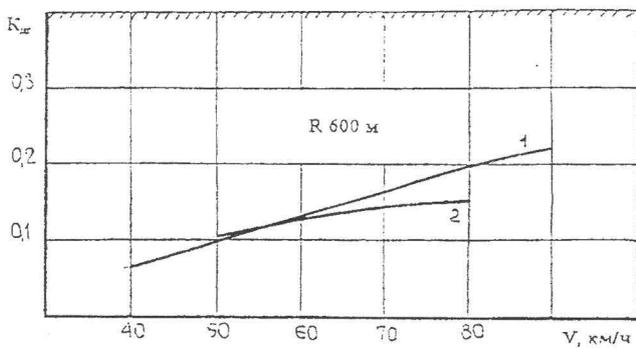


Рис.2. Значения $K_{гр}$.

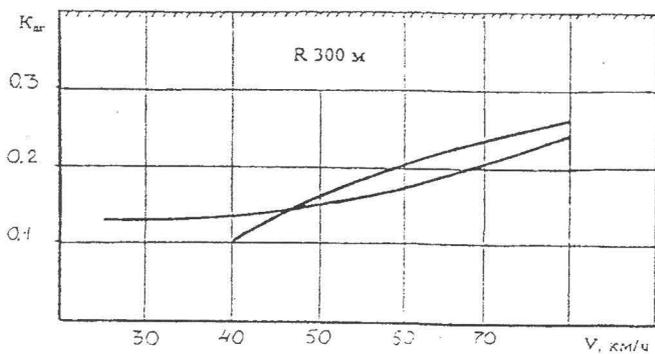


Рис.3. Значения $K_{гр}$.

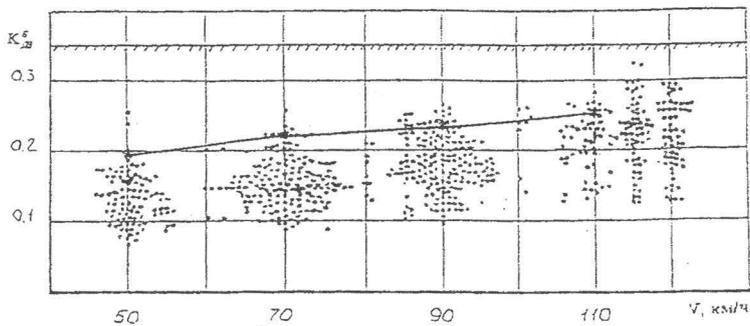


Рис.4. Значения $K_{ДВ}^{\epsilon}$

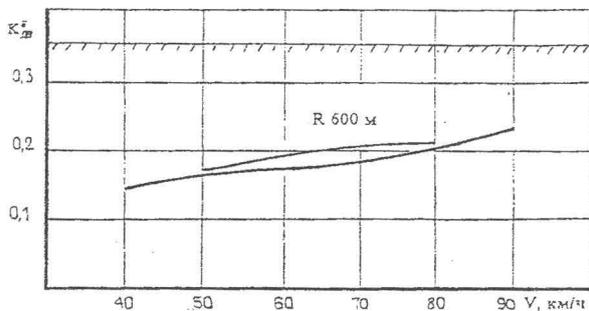


Рис.5. Значения $K_{ДВ}^{\epsilon}$

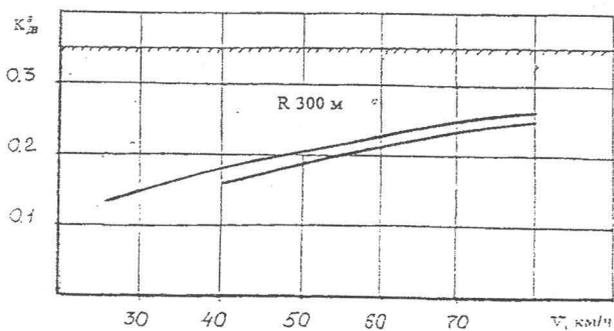


Рис.6. Значения $K_{ДВ}^{\epsilon}$

расчетным путем (линия 2). Из рис. 2 и 3 видно, что расчетные значения $K_{дв}$ в рассмотренных случаях достаточно хорошо соответствуют данным эксперимента.

На рис.4 приведена точечная диаграмма наибольших значений коэффициентов вертикальной динамики в буксовом подвешивании $K_{дв}^B$ (коэффициент динамических добавок вертикальных сил), полученных при движении электровоза по прямолинейным участкам пути в диапазоне скоростей 50 – 120 км/ч. Из рис.4 видно, что значения $K_{дв}^B$ в диапазоне скоростей от 50 до 100 км/ч возрастают с увеличением скорости и при $V = 100$ км/ч принимают значение 0,27. При скорости большей, чем 100 км/ч, значения $K_{дв}^B$ резко возрастают и достигают величины $K_{дв}^B = 0,33$ при $V = 115$ км/ч. Во всех случаях значения коэффициента $K_{дв}^B$ ниже допускаемой величины, которая равна 0,35[3]. На том же рисунке приведен график изменения коэффициента $K_{дв}^B$, полученный расчетным путем для диапазона скоростей от 50 до 110 км/ч. Из рис. 4 видно, что данные теоретических расчетов находятся в поле точек экспериментальных данных.

Графики средних из максимальных значений полученных экспериментально коэффициента $K_{дв}^B$ в зависимости от скорости движения электровоза приведены на рис. 5 (линия 1) для случаев его движения по кривой с радиусом 600 м и на рис. 6 – для движения по кривой 300 м. На тех же рисунках приведены значения коэффициентов $K_{дв}^B$, полученные расчетным путем (линия 2). Из рис. 2 и 3 видно, что расчетные значения $K_{дв}^B$ в рассмотренных случаях достаточно хорошо соответствуют данным эксперимента.

Как видно из сравнения этих результатов, по обоим динамическим показателям при всех скоростях движения на всех рассматриваемых участках пути значения показателей, полученные теоретическим путем, находятся внутри поля экспериментальных значений. Это свидетельствует о хорошем согласовании результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Математическая модель пространственных колебаний магистрального грузового электровоза Блохин Е.П., Данович В.Д., Недужая Л.А. Киев, 1996. 12 с. Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 09.01.96, №229 - Ук 96.
2. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава. - М.: Транспорт, 1986. – 560 с.

3. Типовая методика испытаний подвижного состава по воздействию на путь после изготовления или перед вводом в эксплуатацию // Испытательный центр железнодорожной техники ВНИИЖТ МПС, 1990.
4. РД 24.050.37-92. Вагоны грузовые и пассажирские. Метод испытаний на прочность и ходовые качества.