

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОКОМОТИВА НА ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТА КОЛЕСА С РЕЛЬСОМ

Kravchenko E.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Luhansk, Ukraine (kkatherina@ukr.net)

IMPACT PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF LOCOMOTIVE WHEELS IN CONTACT WITH THE RAILS

В статье рассмотрены основные факторы, от которых зависит реализуемая сила тяги. Представлены результаты исследования параметров пятна контакта колеса с рельсом в зависимости от эксплуатационных факторов и применения догружающих устройств в связи кузова с тележками. Предложено усовершенствование конструкции догружающего устройства, которое позволяет повысить тягово-тормозные качества локомотивов. Представлены результаты изменения коэффициента использования сцепного веса при реализации тягового усилия

Ключевые слова: сила тяги, коэффициент использования сцепного веса, пятно контакта колеса с рельсом, догружающее устройство, эксплуатационные факторы.

Достижение высоких тяговых качеств при проектировании и эксплуатации современного локомотива остается актуальной задачей. Перераспределение статических нагрузок от колесных пар на рельсы в процессе эксплуатации является основной причиной ухудшения тяговых качеств локомотива, их ускоренного износа, повышенного воздействия на путь и, как следствие, вызывает снижение провозной и пропускной способности железных дорог и расстройство рельсового пути.

При проектировании локомотивов полагают [1], что статические нагрузки от колесных пар на рельсы одинаковые. В действительности они имеют отклонения от расчетных значений [2]. Это связано с разными конструктивными и эксплуатационными факторами, основные из которых приведены на рис. 1 [3]. В режиме реализации силы тяги наиболее неблагоприятные условия для перехода в боксование создаются у той колесной пары, которая имеет наименьшую нагрузку на рельсы при прочих равных условиях. При уменьшении действительной нагрузки колесной пары, по сравнению с расчетной (номинальной), происходит пропорциональное снижение ее максимальной силы тяги и экономической эффективности локомотива в целом.

Перераспределение нагрузок от колесных пар на рельсы приводит к изменению площади пятна контакта и распределения по нему нормальных напряжений. Представляет особый интерес выявление влияния эксплуатационных факторов и догружающих устройств на параметры контакта.

Для этой цели использовались разработанные на кафедре железнодорожного транспорта Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля программы POISK и NZD, составленные на языке Fortran 2008.

С помощью программы POISK определялись координаты точек начального касания колесной пары с рельсовой колеёй. Полученные координаты стали исходными данными для программы NZD, предназначенной для построения функции начального зазора и итерационного решения нормальной контактной задачи.

В программах приняты следующие условные обозначения: P – вертикальная нагрузка от колеса на рельс; YR, YK – координаты точек начального касания; TT – угол, величина которого определяется при решении задачи поиска точек начального касания; YN, FI – поперечное смещение и угол поворота колесной пары относительно рельсовой колеи; $N1, N2$ – размерность поверхности сетки; DX, DY – шаг поверхностной сетки O_{Ai} и O_{Aj} соответственно; E – задаваемая точность решения; NR, NK – коды формы контактирующих поверхностей; $D4$ – точность с которой решено уравнение точек начального касания; ddy – смещение начала координат системы O_{Aijk} вдоль оси O_{Aj} ; $A1$ – значение коэффициента a_{11} ; $ITER$ – количество циклов итераций, для достижения заданной точности решения; FK – площадь пятна контакта; PSI – среднее удельное давление в контакте.

Все расчеты производились для неизношенного профиля колеса маневрового тепловоза ТЕМ103 согласно ГОСТ52366-2005.

В таблице 1 и на рисунке 2 представлены результаты расчета нормальной задачи для первой колесной пары маневрового тепловоза ТЭМ103 с учетом изменения вертикальной нагрузки от действия догружающих устройств [4]. Угол поворота колесной пары относительно рельсовой колеи - 0°, поперечное смещение – 0 мм, вертикальная нагрузка от первого по ходу движения колеса на рельс – 103 кН. Из рис. 2,а видно распределение удельных давлений по ячейкам контакта, максимальное из которых для данного контакта составляет 650 МПа. Форма пятна контакта изображена на рис. 2,б. Результаты расчета сведены в таблицу 2.



Рис. 1. Факторы, влияющие на реализуемую силу тяги

Таблица 1

Исходные данные и результаты решения нормальной задачи

Исходные данные							
P , кГ	YR , мм	YK , мм		TT , рад	YN , мм		FI , град
10292	.04	-797.63		.0000E+00	.00		.0
$N1$	$N2$	DX , мм	DY , мм	E	NR	NK	$D4$, мм
16	22	1.0	1.0	10.560	0	0	.1941E+00
Результаты расчетов							
ddy	AI			$ITER$	FK , мм**2		PSI , кГ/мм**2
-	.1890E-03			22	239.0		43.1

Анализ данных таблицы 2 показывает, что с увеличением вертикальной нагрузки с 88 кН до 132 кН площадь пятна контакта увеличивается с 211 мм² до 281 мм², при этом среднее удельное давление увеличивается с 426 МПа до 478 МПа, максимальное давление с – 620 МПа до 680 МПа.

Отмечено негативное влияние эксплуатационных факторов на параметры контакта. Для первой колесной пары наблюдается снижение площади пятна контакта на 9%. В свою очередь применение догружающих устройств для первой колесной пары позволяет повысить площадь контакта на 7 %.

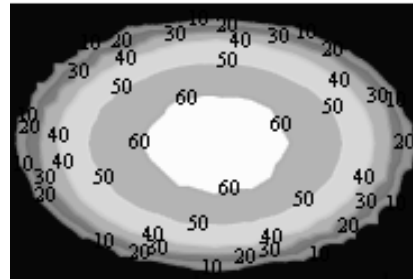
Для увеличения вертикальной нагрузки при реализации тягового усилия усовершенствовано догружающее устройство (рис. 3), которое было внедрено на маневровом тепловозе ТЭМ103 ПАТ «Лугансктепловоз» [5].

Догружающее устройство крепится на раме 1 тележки локомотива (рис. 3). При трогании локомотива с места с помощью кнопки "Повышение сцепления", расположенной на одном из пультов управления, включается догружающее устройство. При этом в полость А цилиндра 2 с крышкой 14 под давлением 0,4 МПа подается воздух, поршень 15 со штоком 3 перемещаются вверх, отпуская пружину 16 сжимается. Рычаг 5, вращаясь относительно оси 12, через тягу 13 и ролики 8, 9 опирается на ползунки 10, приваренные к раме 11 локомотива. При дальнейшем перемещении поршня 15 усилие от штока 3 через вилку 4, рычаг 5, ось 12 и кронштейн 6 с подвеской 7 передается на поперечную балку рамы 1 тележки, увеличивая нагрузку на колесную пару, расположенную со стороны поперечной балки.

Применение догружающего устройства позволяет повысить коэффициент использования сцепного веса (КИСВ), однако при достижении 11 км/ч его эффективность падает (рис. 4). Поэтому при скорости 11 км/ч срабатывает блок управления 18, соединенный со скоростемером 17. Из полости А цилиндра 2 через электромагнитный клапан 19 стравливается воздух, и, под действием отпусковой пружины 16, поршень 15 возвращается в исходное положение.

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 6 17 20 17 4 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 21 31 33 34 33 30 17 0 0 0 0 0
0 0 0 0 22 33 38 41 43 42 39 34 20 0 0 0 0
0 0 0 16 35 42 46 48 49 48 45 41 34 13 0 0 0
0 0 0 32 41 47 50 53 54 53 51 46 40 30 0 0 0
0 0 17 38 45 51 55 57 58 57 55 51 45 37 14 0 0
0 0 28 42 49 54 57 59 60 59 57 54 48 40 25 0 0
0 0 34 44 51 57 59 61 62 61 59 56 51 44 33 0 0
0 8 37 47 54 59 61 63 64 63 62 58 53 46 37 4 0
0 12 38 48 54 59 62 64 65 64 62 59 54 47 38 9 0
0 13 39 48 55 60 62 64 65 65 63 59 54 47 39 10 0
0 12 38 48 54 59 62 64 65 64 62 59 54 47 38 8 0
0 8 38 47 54 59 62 63 64 63 62 58 53 46 37 4 0
0 0 34 44 52 57 60 61 62 61 60 56 51 44 33 0 0
0 0 28 42 49 54 57 59 60 59 58 54 48 41 25 0 0
0 0 17 38 45 51 55 57 58 57 55 51 45 37 14 0 0
0 0 0 32 41 47 51 53 54 53 51 46 40 30 0 0 0
0 0 0 16 35 42 46 48 49 48 46 41 34 13 0 0 0
0 0 0 0 23 34 39 42 43 42 39 34 21 0 0 0 0
0 0 0 0 0 20 31 34 35 34 31 18 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 5 16 19 16 4 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
    
```



a

б

Рис. 2. Распределение контактных давлений, кГ/мм²: *a* – в численном виде (по результатам расчета в программа NZD); *б* – в контурном виде (обработка результатов вычислений в программной среде MadCad)

Таблица 2

Моделирование пятна контакта *i* – *й* колесной пары маневрового тепловоза ТЕМ103

№ колесной пары	Нагрузка от колеса на рельс, кН			Площадь пятна контакта, мм ²			Контактное давление, МПа			Максимальное контактное давление, МПа		
	Без догружателя	С учетом эксплуатационных факторов	С догружателем	Без догружателя	С учетом эксплуатационных факторов	С догружателем	Без догружателя	С учетом эксплуатационных факторов	С догружателем	Без догружателя	С учетом эксплуатационных факторов	С догружателем
1	96	88	103	231	211	239	423	426	440	630	620	650
2	110	112	103	249	253	243	449	451	436	660	650	650
3	111	110	116	253	251	262	449	447	450	660	650	670
4	125	132	119	271	281	265	469	478	457	700	680	680

Разность вертикальных нагрузок по осям тележки имеет значительную величину. Для устранения такого явления предложена комплексная управляемая система (КУС) перераспределения вертикальных нагрузок от колесных пар на рельсы [6], которая представляет собой систему догружающих устройств, установленных на раме тележки и систему управления. В зависимости от режима движения и условий эксплуатации, системой управления изменяется функциональность работы догружающих устройств. В режиме тяги в работу включаются догружатели второй и четверной оси тележек, догружая при этом первую и третью оси. Для

повышения тормозной эффективности при торможении срабатывают догрузатели первой и третьей оси тележки, догружая при этом обезгруженную вторую и четвертую колесные пары. На выбеге КУС работает в режиме гасителя колебаний [7], а в кривых перераспределяет нагрузку по сторонам тележки, тем самым, повышая тяговые, тормозные, динамические качества маневрового тепловоза и эффективность вписывания в кривые участки пути.

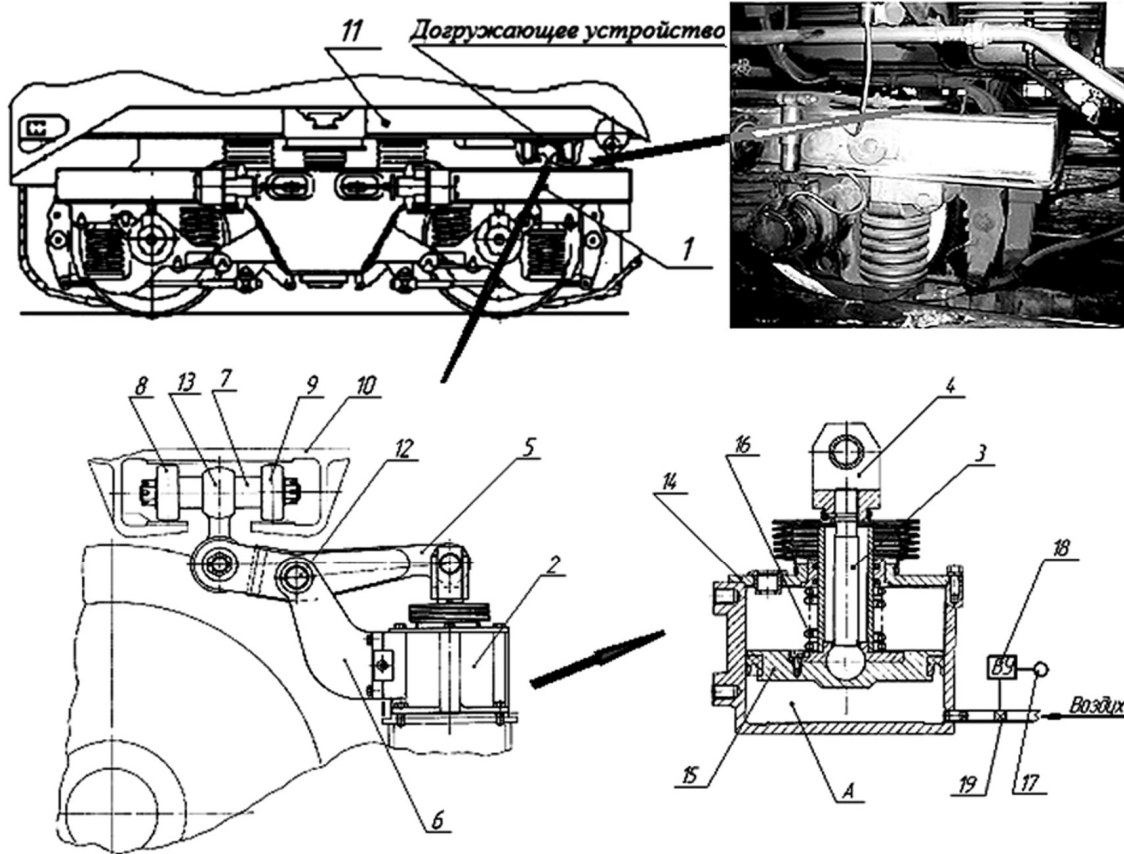


Рис. 3. Установка догружающего устройства на тележке маневрового тепловоза ТЭМ103

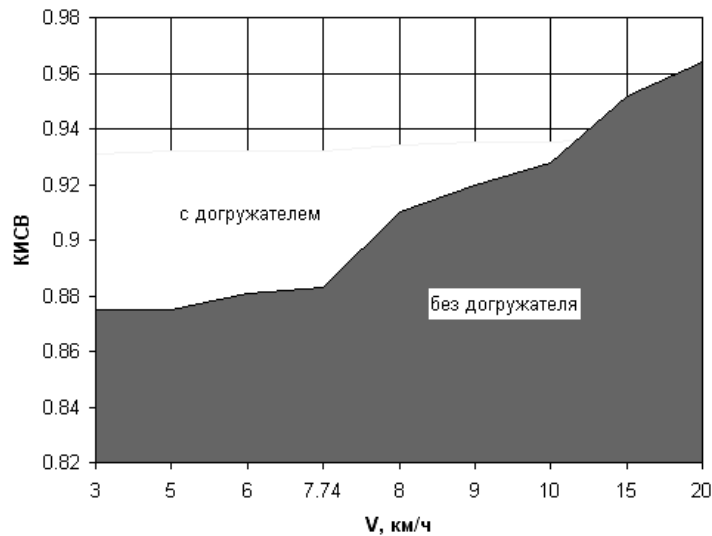


Рис. 4. Изменение коэффициента использования сцепного веса первых колесных пар от скорости

Выводы

В результате исследований установлено негативное влияние эксплуатационных факторов на параметры контакта. Для первой колесной пары наблюдается снижение площади пятна контакта на 9%. В свою очередь применение догружающих устройств для первой колесной пары позволяет повысить площадь контакта на 7%. Для повышения тягово-тормозных качеств предлагается усовершенствование конструкции и расположения догружающих устройств на тележках тепловоза, за счет расширения их функциональных возможностей.

Анотація. У статті розглянуті основні фактори, від яких залежить реалізована сила тяги. Представлено результати дослідження параметрів плями контакту колеса з рейкою в залежності від експлуатаційних факторів та застосування довантажуючих пристроїв у зв'язку кузова з візками. Запропоновано удосконалення конструкції довантажуючого пристрою, який дозволяє підвищити тягово-гальмівні якості локомотивів. Представлено результати зміни коефіцієнта використання зчпного ваги при реалізації тягового зусилля.

Ключові слова: сила тяги, коефіцієнт використання зчпного ваги, пляма контакту колеса з рейкою, довантажуючий пристрій, експлуатаційні фактори.

Abstract.

Purpose. Determination of the effect of the finish loading devices and operational factors on the parameters of the contact wheel and rail. Improve the designs add to the load device.

Results. The article describes the main factors that determine the realizable thrust. The results of the investigation of the parameters of the contact wheel and rail, depending on operational factors and add to the load of devices due to the body with a cart. The improved design add to the load device, which improves traction and braking as the engine. The results of changes in the coefficient of adhesion weight in the implementation of traction

Range of applications. Traction rolling stock of railways.

Conclusions. The studies found a negative impact of operational factors on the parameters of the contact. For the first wheel set decrease contact area by 9%. In turn, the use of devices to add to the load first wheel set can increase the contact area by 7%. To improve traction and braking qualities proposed design improvement and the location add to the load of devices on trucks of the locomotive, by extending their functionality.

Keywords: The thrust coefficient of adhesion weight, Spot wheels in contact with the rail, Add to the load device, Operational factors

1. Коняев А.Н. Пути улучшения тяговых качеств тепловозов 2ТЭ10Л / А.Н. Коняев, И.К. Спиригин // Сб. «Локомотивостроение», – 1971. – Вып. 3. – С. 19 – 24.
2. Горбунов Н.И. Результаты исследований тяговых качеств маневрового тепловоза / Н.И. Горбунов, Е.А. Кравченко, С.В. Попов // Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса: образование, наук, производство: труды международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2009. – С. 42 – 43.
3. Горбунов Н.И. Пути решения проблемы повышения тяговых качеств локомотивов / Н.И. Горбунов, А.Л. Кашура, С.В. Попов, Е.А. Кравченко, А.И. Фесенко // Международный информационный научно-технический журнал «Локомотивинформ». – 2008, №5. – С. 8 – 11.
4. Кравченко К.О. Обгрунтування резервів підвищення тягових якостей локомотива та їх реалізація керуванням ковзання в системі колеса з рейкою: дис. ... к. т. н.: 05.22.07 – Луганск: – 2010. – 215 с.
5. Патент на винахід, №87915, МКИ В61С 15/00. Довантажуючий пристрій / Горбунов М.І., Кашура О.Л., Кравченко К.О., Попов С.В., Догадін В.О., Богопольський Є.М., Осенін Ю.Ю. / Заявл. 06.12.2007, Опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16. – 4 с.
6. Декларативний патент на корисну модель, № 37890, МКИ В61С 15/00. Візок локомотива / Горбунов М.І., Кашура О.Л., Кравченко К.О., Попов С.В., Ковтанець М.В., Голембієвський К.В. / Заявл. 21.07.08, Опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23. – 4 с.
7. Декларативний патент на корисну модель № 41434, МКИ В61С 15/00. Довантажуючий пристрій / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Попов С.В., Фесенко А.І., Грищенко С.Г., Нестеренко В.І., Левандовський В.О. / Заявл. 05.12.2008, Опубл. 25.05.2009, Бюл. № 10 – 6 с.

REFERENCES

1. Konjaev A.N., Spirjagin I.K. Journal «Lokomotivostroenie», 1971, no 3. pp. 19 – 24.
2. Gorbunov N.I., Kravchenko E.A., Popov S.V. Problemy i perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa: obrazovanie, nauk, proizvodstvo: trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rostov-na-Donu, 2009, pp 42 – 43.
3. Gorbunov N.I., Kashura A.L., Popov S.V., Kravchenko E.A., Fesenko A.I. Mezhdunarodnyj informacionnyj nauchno-technicheskij zhurnal «Lokomotivinform», 2008, no 5. pp. 8 – 11.
4. Kravchenko K.O. Obruntuvannja rezerviv pidviennja tjavovih jakostej lokomotiva ta ih realizacija keruvannjam kovzannja v sistemi kola z rejkoju: dis. ... k. t. n.: 05.22.07, Lugansk, 2010. 215 p.
5. Gorbunov M.I., Kashura O.L., Kravchenko K.O., Popov S.V., Dogadin V.O., Bogopol's'kij Є.M., Osenin Ju.Ju. Dovantazhujuchij pristirij [Add to the load device] Patent na vinahid, no 87915, 25.08.2009.
6. Gorbunov M.I., Kashura O.L., Kravchenko K.O., Popov S.V., Kovtanec' M.V., Golembiev's'kij K.V. Vizok lokomotiva [Trolley locomotive] Deklaracijnij patent na korisnu model', no 37890, 10.12.2008.
7. Gorbunov M.I., Kravchenko K.O., Popov S.V., Fesenko A.I., Griwenko S.G., Nesterenko V.I., Levandov's'kij V.O. Dovantazhujuchij pristirij [Add to the load device] Deklaracijnij patent na korisnu model' no 41434, 25.05.2009.