

## Транспорт

УДК 625.280

DOI: 10.30987/1999-8775-2020-2020-1-28-33

Е.В. Сливинский, С.Ю. Радин

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ  
ТЕПЛОВОЗА ТЭ109

С целью модернизации ходовых частей тепловозов, снабжённых трёхосными тележками, разработана перспективная конструкция челюстной тепловозной тележки. Разработка рекомендована научно-исследовательским и промышленным структурам в области тяжёлого машиностроения

как в нашей стране, так и за рубежом с целью ее дальнейшего изучения и возможного внедрения в практику.

**Ключевые слова:** ходовая часть тепловоза, ТЭ109, модернизация, челюстная тепловозная тележка.

E. V. Slivinsky, S. Yu. Radin

## UNDERCARRIAGE UPDATING OF DIESEL LOCOMOTIVE TE 109

In the design of modern diesel locomotives equipped with three-axial bogies both in our country and abroad there is widely used a spring hanger made as cylindrical spiral springs of compression with the use of hydraulic shock absorbers. At that the boxes of wheel pairs are connected with frames with the aid of carriers.

A considerable drawback of such bogies is that these designs do not allow obtaining the angular turn of wheel pairs during their motion along curvilinear areas of a railway. That is why in practice an increased wear of wheel flanges of wheel pairs takes place. In Bunin

SU of Yelets at the level of the invention (RU2604924) there is developed a promising design of a spring hanger excluding such a drawback and a series of computations for substantiation of its efficient design parameters. The investigation results are recommended by research and industrial companies in the field of heavy engineering both in our country, and abroad with the purpose of the further study of the design developed and its possible introduction in practice.

**Key words:** undercarriage of diesel locomotive TE109, updating, jaw diesel truck.

## Введение

В настоящее время на отечественных и зарубежных железнодорожных магистралях продолжается эксплуатация тепловоза ТЭ109. Это магистральный грузо-пассажирский тепловоз широкой колеи с

электрической передачей производства Луганского тепловозостроительного завода, односекционный (существовал и экспериментальный двухсекционный вариант 2ТЭ109) (рис. 1).

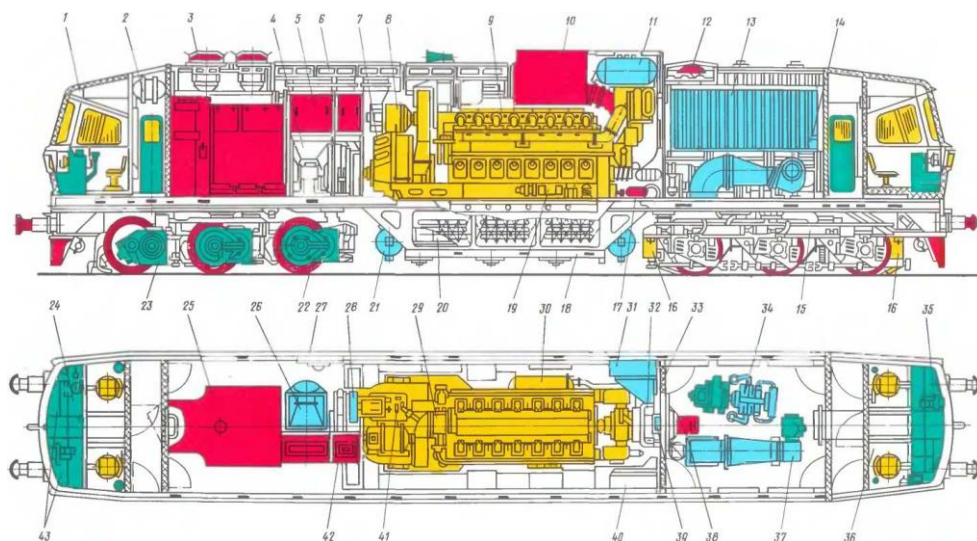


Рис. 1. Схема тепловоза ТЭ109

Кузов тепловоза - вагонного типа, выполнен в габарите 02-Т (габарит европейских железных дорог). Технические характеристики тепловоза ТЭ109: длина - 20620 мм, колея - 1435 и 1520 мм, конструкционная скорость - 140 км/ч, минимальный радиус прохождения кривых - 120 м, мощность дизеля - 3000 л.с., осевая формула - 3<sub>0</sub>-3<sub>0</sub>, служебная масса - 120 т, тип передачи - электрическая, тип - грузовой, пассажирский. Выпускался на экспорт в ГДР, Болгарию. Несколько единиц эксплуатировались в Советском Союзе на предприятиях промышленного железнодорожного транспорта. Немецкие железнодорожники дали тепловозам семейства ТЭ109 имя Ludmilla (Людмила). На сети железных дорог Германии (Deutsche Bahn) они имеют обозначения: BR230, BR231, BR232, BR233, BR234, BR241. Много тепловозов этих серий [2], принадлежащих как концерну, так и частным компаниям, эксплуатируются в Германии и сегодня.

Несмотря на эффективность использования тележек указанных тепловозов, все они обладают существенным недостатком, заключающимся в том, что при движении локомотива в кривых пути из-за невозможности углового поворота крайних колёсных пар относительно геометрического центра образующей дуги рельсового пути и копирования её последними происходит повышенный износ гребней колёс, а в отдельных случаях возможен и сход их с рельсов [1-6].

Необходимо отметить, что на таком тепловозе могла бы быть использована

бесчелюстная трёхосная тележка, описанная в патенте (RU2553400), полученном нами ранее. На торцевых поверхностях букс крайних колёсных пар такой тележки жёстко закреплены втулки квадратного сечения. В них подвижно (в вертикальной плоскости тепловоза) размещены подобного сечения стержни, связанные со штоками пневмоцилиндров, закреплённых на раме. Каждый из пневмоцилиндров с помощью трубопроводов соединён с воздухораспределителем, установленным в средней части рамы тепловоза, а золотник воздухораспределителя жёстко связан с его кузовом и выполнен с возможностью переключения между соединением пневмоцилиндров с источником сжатого воздуха - на прямых участках пути и с атмосферой - в кривых участках пути. Причём упомянутый воздухораспределитель подключён к источнику сжатого воздуха, расположенному в кузове. Несмотря на эффективность использования такой тележки, которая на прямом участке пути работает как челюстная, а при входе в кривую как бесчелюстная, она не позволяет устанавливать колёсные пары колёсно-моторных блоков, расположенных по торцам тележки, радиально относительно центра кривой пути, поэтому избежать износа гребней колёс в такой ситуации невозможно. В итоге работы, связанные с восстановлением гребней колёс или заменой колёсных пар в целом, требуют значительных трудовых и материальных затрат, а также происходят внеплановые ремонты в условиях локомотивных депо.

### Описание перспективной конструкции челюстной тепловозной тележки

В СКБ ЕГУ им. И.А. Бунина и Агропромышленном институте совместно с кафедрой «Электропоезда и локомотивы» МИИТ по заказу Елецкого участка Белгородского региона ЮВЖД проводится НИР, направленная на совершенствование конструкции трёхосных тележек тепловозов. Одному из ее разделов и посвящена данная статья, в которой содержатся материалы, касающиеся разработки конструкции трёхосной тележки, позволяющей исключить подрез гребней колёс при прохождении ими как прямой, так и кривой

рельсового пути. Такая конструкция тележки признана изобретением (RU2604924).

На рис. 2 показана передняя часть тележки (вид сбоку) и принципиальная схема расположения её колёсных пар при преодолении кривой пути. У такой тележки стержни квадратного сечения 7 имеют упорные кольца. Между ними подвижно размещены вилки, жёстко присоединённые к одним из плеч двуплечих рычагов, шарнирно установленных на раме тележки, другие плечи которых также шарнирно

связаны с буксами. Указанные стержни жёстко присоединены к штокам пневмоцилиндров, снабжённых подпружиненными (относительно пневмоцилиндров) с двух сторон поршнями, а сами пневмоцилиндры жёстко закреплены на раме тележки. Каждый из них с помощью трубопроводов соединён с пневмораспределителем, золотник которого взаимодействует с кузовом тепловоза, а также с источником сжатого воздуха.

Бесчелюстная трёхосная тележка тепловоза состоит из рамы 1, на которой с помощью рессорного подвешивания 2 установлены буксы 3, связанные с ней поводками 4. На буксах 3 крайних колёсных пар 5 тележки жёстко закреплены втулки квадратного сечения 6. В них подвижно размещены подобного сечения стержни 7, жёстко присоединённые к штокам 8 пневмоцилиндров 9, 10, 11, 12, поршни 13 которых подпружинены винтовыми пружинами сжатия 14 и 15. На штоках 8 выполнены упорные кольца 16. Между ними размещены вилки 17 двуплечих рычагов

18, которые также снабжены шарнирами 19, связанными с буксами 3. Пневмоцилиндры 9, 10, 11 и 12 соединены трубопроводами 21 и 22 с пневмораспределителем 23, золотник 24 которого связан с кузовом 25 тепловоза. Пневмораспределитель 23 соединён трубопроводом 26 с источником сжатого воздуха 27, расположенным в кузове 25 тепловоза. Тележка тепловоза перемещается по рельсовому пути 28.

Работает бесчелюстная трёхосная тележка тепловоза следующим образом. При движении тепловоза по прямому участку рельсового пути 28, например по стрелке А, все детали его тележки находятся в состоянии, показанном на рис. 2. За счёт расположения стержней 7 во втулках квадратного сечения 6, жёстко закреплённых на буксах 3, тележка представляет собой конструкцию челюстной тележки, исключая тем самым колебания виляния колёсных пар 5, что снижает износ гребней колёс последних.

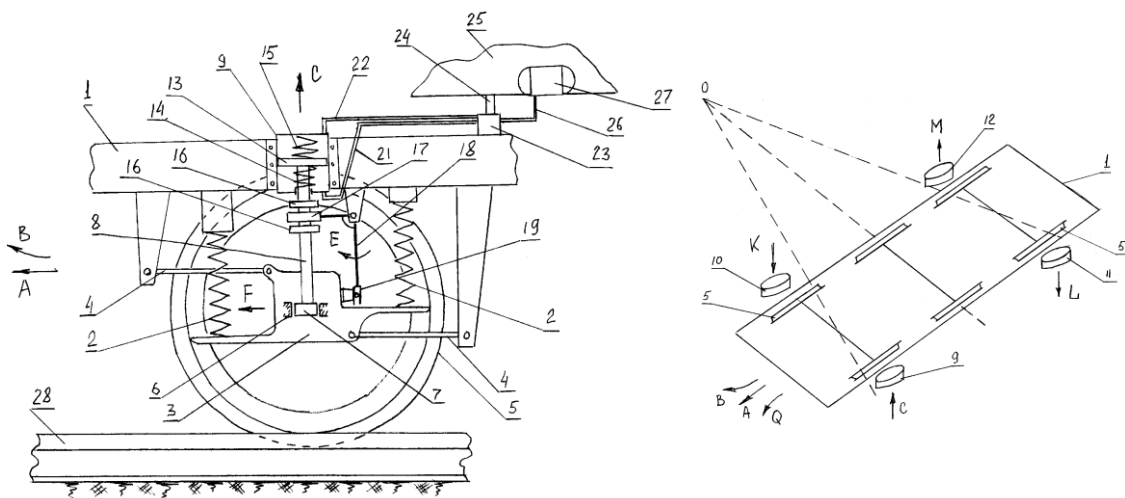


Рис. 2. Часть перспективной конструкции тележки (пат. RU2604924)

Следует отметить, что в таком положении сжатый воздух из источника сжатого воздуха 27 по трубопроводам 26, 22 и 21 в пневмоцилиндры 9, 10, 11 и 12 не поступает, а их поршни 13 удерживаются винтовыми пружинами сжатия 14 и 15 (рис. 2). Предположим теперь, что тепловоз вошёл в кривую рельсового пути 28, двигаясь по стрелке В (рис. 2). В этом случае за счёт

кузова 25 тепловоза (такие перемещения широко известны в практике) золотник 24, повернувшись, соединит источник сжатого воздуха 27 с трубопроводом 21, через который сжатый воздух под давлением поступит в подпоршневую полость пневмоцилиндра 9. Его поршень 13 переместится по стрелке С, сжав свою винтовую пружину сжатия 15. При этом его трубопровод 22 пневмораспределитель 23 соединит с

атмосферой. Такое движение поршня 13 позволит его штоку 8 и стержню 7 также переместиться по стрелке С. Последний выйдет из втулки квадратного сечения, а двуплечий рычаг 18 повернётся по стрелке Е, что позволит буксе 3 получить перемещение по стрелке F, упруго деформируя рессорное подвешивание 2 в этом же направлении. Подобным образом сработают все остальные пневмоцилиндры - 10, 11 и 12, с той лишь разницей, что их штоки 8 получат перемещение соответственно по стрелкам К, L и М (рис. 2), а подача и удаление сжатого воздуха в них будет осуществляться через примыкающие к ним трубопроводы 21 и 22 (на рис. 2 трубопроводы подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндры 10, 11 и 12 не показаны, но работа их при освобождении букс 3 каждой из колёсных пар 5 подобна той, что описана выше). В итоге колёсные пары 5 разместятся радиально (пунктирные линии на рис. 2) относительно центра О образующей траектории кривой рельсового пути 28. После прохода кривой золотник 24 пневмораспределителя 23 возвратится в исходное положение. Тогда колёсные пары 5 вновь возвратятся на место, а их буксы 3 будут зафиксированы стержнями 7 так, как это изображено на рис. 2. Вход тепловоза в кривую пути по стрелке Q также позволит колёсным парам 5 получить угловой поворот, причём работа их устройств поворота в целом будет аналогична описанной выше. Далее описанные процессы будут повторяться неоднократно.

Рассмотрим возможность применения предложенного технического решения в серийной конструкции тележки, например, тепловоза ТЭП75, где используются цилиндрические винтовые пружины сжатия, установленные в первой ступени его рессорного подвешивания. В такой трёхосной тележке тепловоза, выполненной по предложенному техническому решению, также использованы буксовые поводки, но в отличие от серийных они за счёт своих упругих свойств имеют возможность работать на поперечный изгиб, который в практике возможен вследствие наличия поперечной нагрузки, вызванной кривыми участками пути, и при наличии моментов,

действующих в плоскостях, проходящих через ось пружины, и сил, перпендикулярных оси пружины, вызванных условием закрепления. На рис. 3 показана принципиальная схема упругой деформации буксовой пружины при комбинированном её нагружении. Для расчёта её на прочность используем известную методику [9; 10].

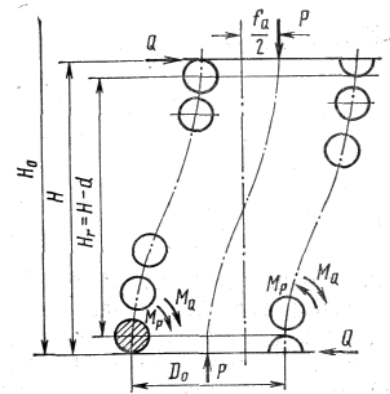


Рис. 3. Расчётная схема пружины сжатия

Так, известно [9], что под действием поперечных сил  $Q$  и продольных сил  $P$  по высоте пружины  $H$  изменяется распределение касательных и нормальных напряжений. Наиболее нагруженными являются оба крайних витка, в которых приложены изгибающий момент  $M_Q$  от силы  $Q$  и изгибающий момент  $M_P$  от силы  $P$ . Геометрические характеристики такой пружины: диаметр прутка  $d = 38$  мм, число рабочих витков  $n = 5,5$ , средний диаметр  $D_0 = 185$  мм, высота пружины  $H = 307$  мм, продольная жёсткость пружины  $C_{np} = 1656$  Н/мм, рабочая нагрузка  $P = 99320$  Н, статический прогиб  $\delta_{ст} = 60$  мм, материал пружины - сталь 60С2 по ГОСТ 14959-79 с  $\sigma_B = 1670$  МПа и  $\sigma_T = 1470$  МПа; рамная (осевая или поперечная) сила  $Q_p$ , приложенная от буксы к торцу оси колёсной пары через скользящий упор, а следовательно, и к четырём буксовым пружинам, в зависимости от характера возмущения и скорости движения тепловоза составляет 50 кН, тогда поперечная нагрузка на одну буксовую пружину  $Q = 50/4 = 12,5$  кН; коэффициент вертикальной динамики  $K_D = 0,2$ , вертикальная статическая нагрузка на одну буксовую пружину  $P_{ст} = 225/4 = 56,25$  кН

(225 кН - нагрузка на одну колёсную пару тепловоза) [2].

Произведём расчёт рациональных геометрических параметров пневмоцилиндров 9, 10, 11 и 12 (рис. 2), используемых на тележке и приводящих в движение двухплечие рычаги 18, которые, упруго деформируя буксовые пружины, вызывают угловой поворот КМБ тепловоза при входе его в кривую пути. Примем внутренний диаметр каждого пневмоцилиндра 250 мм (при давлении сжатого воздуха 0,6 МПа он создаст усилие в 18,0 кН), а в качестве пружин 14 и 15 - винтовые цилиндрические пружины сжатия и растяжения II

класса, разряда 1, из стали круглого сечения [10], выполняющие возврат поршня в исходное положение. Согласно ГОСТ 13770-86, выберем пружину с рабочим усилием в 500 Н.

В то же время примем двухплечий рычаг 18 с соотношением длин плеч 1:2. Следовательно, к буксе, имеющей рессорное подвешивание 2 и состоящей из пары пружин, будет приложено усилие вдвое больше, т.е. 36,0 кН. Видно, что это усилие больше поперечной нагрузки, приходящейся на две буксовые пружины ( $2Q = 25$  кН), в 1,44 раза, поэтому угловой поворот КМБ будет обеспечен.

### Заключение

Результаты исследования рекомендуются отечественным и зарубежным научным и производственным структурам, проектирующим, изготавливающим и модернизирующим различные по назначению

тепловозы с трёхосными бесчелюстными тележками, для возможного внедрения разработанной перспективной конструкции в практику.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.С. Михальченко, А.С. Юршин. Оценка износа колёс грузового тепловоза с радиальной установкой колёсных пар // Вестник Брянского государственного технического университета. 2007. № 214.
2. Конструкция и динамика тепловозов / под ред. В.Н. Иванова. Изд. 2-е, доп. М.: Транспорт, 1974. 336 с.
3. Каменев Н.Н., Коралёв С.М., Авраменко В.С., Яшина Л.В. Повышение надёжности тяговых передач тепловозов // Железнодорожный транспорт. 1981. № 5. С. 43-46.
4. Голубятников С.М., Добрин Л.К., Кокорев Л.И. [и др.]. Исследование динамики локомотивов // Тр. ВНИТИ. 1967. Вып. 30. С. 281-322.
5. Голубятников С.М., Пузанов В.А. Усовершенствование ходовой части электровоза ВЛ8 // Электрическая и тепловозная тяга. 1987. № 5. С. 13-14.
6. Lunys O., Neduzha L., Tatarinova V. Stability research of the main-line locomotive movement // Transport Means: Proceedings of the International Conference. 2019. P. 1341-1345.
7. Antipin D.Y., Vorobiev V.I. Design and dynamic problems of traction drive of electric locomotive 2ES10 and proposals on its modernization // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (3). 032001.
8. Романов В.И., Рогожкина А.Е., Гречищев В.С. Исследование прочности пружин второй ступени рессорного подвешивания // Тр. ВНИТИ. 1974. Вып. 39. С. 66-75.
9. Феодосьев В.И. Сопrotивление материалов. М.: Наука, 1970. 544 с.
10. Методы расчёта деталей машин на выносливость в вероятностном аспекте: метод. указания. М.: Изд-во стандартов, 1980. 32 с.
11. Пономарев С.Д., Андреева Л.Е. Расчёт упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение, 1980. 326 с.
1. G.S. Mikhalchenko, A.S. Yurshin. Wheel wear estimate of freight locomotive with radial location of wheel pairs // Bulletin of Bryansk State Technical University. 2007. No.214.
2. Structure and Dynamics of Locomotives / under the editorship of V.N. Ivanov. 2-d Edition supplemented. M.: Transport, 1974. pp. 336.
3. Kamenev N.N., Koralyov S.M., Avramenko V.S., Yashina L.V. Reliability increase in locomotive traction gears // Railway Transport. 1981. No.5. pp. 43-46.
4. Golubyatnikov S.M., Dobrin L.K., Kokorev L.I. [et al.]. Investigation of locomotive dynamics // Proceedings of ARRIT. 1967. Issue 30. pp. 281-322.
5. Golubyatnikov S.M., Puzanov V.A. Undercarriage updating of electric locomotive VL8. // Electric and Diesel Locomotive Traction. 1987. No.5. pp. 13-14.
6. Lunys O., Neduzha L., Tatarinova V. Stability research of the main-line locomotive movement //

- Transport Means: Proceedings of the International Conference. 2019. P. 1341-1345.
7. Antipin D.Y., Vorobiev V.I. Design and dynamic problems of traction drive of electric locomotive 2ES10 and proposals on its modernization // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2018. 194 (3). 032001.
  8. Romanov V.I., Rogozhkina A.E., Grechishchev V.S. Durability investigation of 2 stage springs of spring suspension // Proceedings of ARRIT. 1974. Issue 39. pp. 66-75.
  9. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов. М.: Наука, 1970. 544 с.
  10. Methods for Machinery Computation for Durability in Probable Aspect: methodical instructions. М.: Publishing House of Standards, 1980. pp. 32.
  11. Ponomaryov S.D., Andreev L.E. Elastic Element Computation of Machinery and Devices. М.: Mechanical Engineering, 1980. pp. 326.

*Ссылка для цитирования:*

*Сливинский Е.В., Радин С.Ю. Модернизация ходовых частей тепловоза ТЭ109 // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. № 1. С. 28–33. DOI: 10.30987/1999-8775-2020-2020-1-28-33.*

*Статья поступила в редакцию 24.11.19.*

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета*

*Кобищанов В.В.*

*член редсовета журнала «Вестник БГТУ».*

*Статья принята к публикации 09. 01. 20.*

#### **Сведения об авторах:**

**Сливинский Евгений Васильевич**, д.т.н., профессор кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, e-mail: [evgeni\\_sl@mailo.ru](mailto:evgeni_sl@mailo.ru).

**Slivinsky Evgeny Vasilievch**, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. “Engineering Processes in Mechanical Engineering and Agri-engineering”, Bunin State University of Yelets, e-mail: [evgeni\\_sl@mailo.ru](mailto:evgeni_sl@mailo.ru).

**Радин Сергей Юрьевич**, к.т.н., доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина, e-mail: [radin81@mail.ru](mailto:radin81@mail.ru).

**Radin Sergey Yurievich**, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Engineering Processes in Mechanical Engineering and Agri-engineering”, Bunin State University of Yelets, e-mail: [radin81@mail.ru](mailto:radin81@mail.ru).