

УДК 629.4.077 – 597.7

Инженеры С. В. ТУЛУЗИН, Д. В. ГОРСКИЙ

Оценка работоспособности тормозной рычажной передачи тележки грузового вагона на различных стадиях износа колодок и колес

Аннотация. Целью данной работы является оценка соответствия контрольных параметров тормозной рычажной передачи (ТРП) тележки нормативным значениям во всем диапазоне возможного износа колодок и колес, допускаемых в эксплуатации.

В статье рассмотрено влияние параметров ТРП тележки на тормозную систему вагона в целом. Представлены результаты исследования положения элементов механизма тормозной рычажной передачи стандартной двухосной тележки, применяющейся в настоящее время на отечественных грузовых вагонах. В процессе исследования путем математического моделирования, по координатному методу, определялись контрольные параметры рычажной передачи тележки на всех стадиях эксплуатации, при различных комбинациях ее монтажных размеров, а также различной степени износа колес тележки и тормозных колодок.

Результаты исследования представлены в табличном виде для каждого регулировочного диапазона, регламентированного нормативными документами.

Определено, что применяемая в настоящее время конфигурация тормозной рычажной передачи двухосной тележки грузового вагона при установке на нее тормозных колодок максимальной толщины не обеспечивает их износ до минимально допустимой в эксплуатации величины без дополнительной ручной регулировки в процессе эксплуатации.

Обоснована актуальность дальнейших исследований в области рационализации параметров механизма тормозной рычажной передачи тележки при использовании тормозных колодок толщиной 65+5 мм.

Ключевые слова: грузовые вагоны; двухосная тележка; тормозная рычажная передача; регулирование; угол наклона рычага

Одно из основных требований, предъявляемых к тормозной рычажной передаче (ТРП), заключается в том, что она должна обеспечивать стабильную величину максимального тормозного усилия на колодки независимо от величины их износа во время эксплуатации. Иными словами, величины максимальных усилий на колодках в пределах установленных значений [1] практически не должны зависеть от:

- а) углов наклона вертикальных и горизонтальных рычагов;
- б) величины выхода штока тормозного цилиндра (ТЦ);
- в) износа тормозных колодок и колес.

Детальное исследование процессов торможения объективно показывает, что отклонение рычагов ТРП от своих нормативных положений сверх предельно допустимых (вследствие износа колодок) вызывает

изменение величины усилия (в том числе и максимального), передаваемого на тормозные колодки. Это обусловлено тем, что при изменении углов между рычагами и тягами ТРП изменяется и угол приложения силы, передаваемой с одного элемента на другой. Падение же величины максимальной силы, передаваемой на колодки, увеличивает длину тормозных путей и, как следствие, приводит к снижению тормозной эффективности подвижного состава.

Кроме того, значительные отклонения положения элементов ТРП от нормативных в процессе эксплуатации могут приводить к прямым механическим взаимодействиям продольных тяг ТРП вагона с предохранительными устройствами, а также к касанию внутренних вертикальных рычагов осей колесных пар, что также является недопустимым с точки зрения безопасности движения. Для предотвращения возникновения в эксплуатации этих явлений и обеспечения эффективного функционирования тормоза механизм ТРП периодически регулируется по мере износа фрикционных поверхностей колодок и колес.

Для компенсации величины износа тормозных колодок в эксплуатации предусмотрена автоматическая регулировка ТРП с помощью автоматических регуляторов выхода штока ТЦ [2]. Автоматическая регулировка предназначена в первую очередь для поддержания постоянной величины выхода штока ТЦ при износе всех колодок до минимально допустимой в эксплуатации толщины без ручной регулировки ТРП [3]. Типовая схема тормозной рычажной передачи грузового вагона приведена в [4].

С целью компенсации износа поверхностей катания колес тележки применяется ручная регулировка, осуществляемая путем изменения длины распорки вертикальных рычагов и длины серьги «мертвой точки» за счет перестановки осей в шарнирных узлах соответствующих элементов. Монтажные размеры ТРП типовой двухосной тележки грузового вагона устанавливаются в зависимости от толщины колодок и среднего диаметра колес тележки в соответствии с таблицами, приведенными в руководстве [5]. Контроль правильности ручной регулировки ТРП тележки осуществляется путем проверки соответствия контрольного размера n (расстояния от центра шкворневого отверстия подпятника до оси верхнего отверстия

внутреннего вертикального рычага при прижатых колодках) установленным в таблицах нормативам.

Для контроля угла отклонения внутреннего вертикального рычага тележки в эксплуатации был введен еще ряд критериев, по которым проверяется правильность регулировки ТРП:

1. Максимальный наклон внутреннего вертикального рычага тележки при колодках минимальной толщины допускается не более 30° для состояния отпуска [6] и не более 35° при полном служебном торможении [5].

2. При тормозных колодках толщиной 40 мм и более этот рычаг должен иметь незначительный наклон своим верхним плечом в сторону шкворневой балки или занимать вертикальное положение [6].

Целью данной работы является оценка соответствия контрольных параметров ТРП тележки нормативным значениям во всем диапазоне возможного износа колодок и колес, допускаемых в эксплуатации. Решение поставленной задачи осуществлено путем математического моделирования механизма ТРП двухосной тележки.

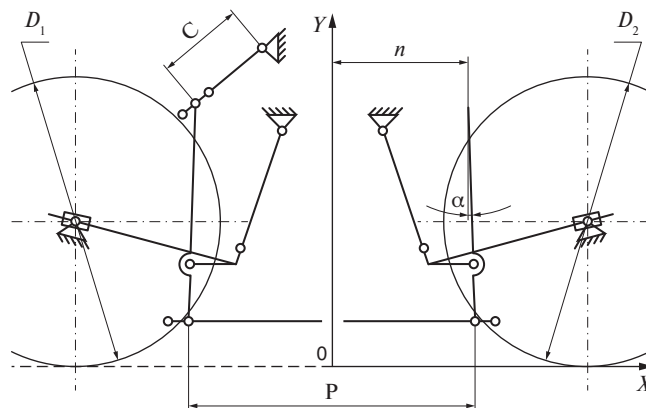
В общем виде кинематический анализ тормозной рычажной передачи тележки грузового вагона приведен в [7]. В данном случае положения звеньев ТРП определялись с использованием координатного метода [8] на заданной плоскости, ось X которой проходит по уровню головок рельсов, а ось Y — через центр шкворневого отверстия подпятника (рисунок).

При таком расположении системы координат кронштейны подвесок триангелей и центры осей колесных пар располагаются симметрично друг другу относительно оси Y , что существенно упрощает задание их координат при вводе исходных данных и проверку полученных результатов. Кроме того, координата X верхнего шарнира внутреннего вертикального рычага тележки в этой координатной системе соответствует контрольному размеру n , что позволяет сократить количество математических операций при его вычислении.

Исходные данные для расчета ТРП типовой двухосной тележки грузового вагона модели 18-100 [9] включают в себя следующие стандартные элементы:

- вертикальные рычаги длиной 560 мм с верхним и нижним плечами 400 и 160 мм соответственно;
- подвески триангелей длиной 305 мм;
- серьгу «мертвой точки» с тремя регулировочными отверстиями, позволяющими устанавливать ее длину 127, 177 или 227 мм (размер C);
- распорку вертикальных рычагов с регулировочными отверстиями для установки ее длины 950, 1030 или 1110 мм (размер P);
- стандартные триангели.

Координаты центров осей колесных пар и кронштейнов подвески ТРП являются конструктивными



Расчетная схема ТРП двухосной тележки грузового вагона:
 D_1 — диаметр колес внешней колесной пары; D_2 — диаметр колес внутренней колесной пары; C — длина серьги «мертвой точки»;
 P — длина распорки вертикальных рычагов; n — расстояние от центра шкворневого отверстия подпятника до оси верхнего отверстия внутреннего вертикального рычага; α — угол отклонения внутреннего вертикального рычага от вертикали

размерами тележки. Поскольку координаты Y центров осей колесных пар и кронштейнов подвески ТРП зависят от диаметров колес тележки, то для их определения в программу были введены значения по корректировке координат ТРП в зависимости от заданных диаметров колес и величины статического прогиба ресурсного комплекта тележки.

В расчетном блоке программы определялась величина контрольного размера n и угол α (угол наклона внутреннего вертикального рычага тележки к вертикали) при различных диаметрах колес и толщинах колодок. Диаметр колес тележки и толщины колодок задавались автоматически посредством цикла с условием. В качестве исходных данных задавались границы диапазона изменения диаметра колес и толщин колодок с шагом изменения. Расчет производился для максимального ($D_{\max}$) и минимального ($D_{\min}$) значения диаметров колес в рамках одного регулировочного диапазона каждой из таблиц, приведенных в руководстве по ремонту тормозного оборудования [5]. Толщина колодок изменялась от полномерных ($T_{\max}$) до минимально допустимой в эксплуатации толщины (10 мм) с шагом 10 мм.

Корректность данных, полученных в результате расчета, проверялась путем графического построения планов положений рассматриваемого рычажного механизма, а также непосредственными измерениями контрольных параметров ТРП двухосных тележек на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ».

Согласно руководству [5] правильность выставления ручных регулировок ТРП тележки проверяется при прижатых вручную колодках. По этой причине расчет проводился для заторможенного состояния (величина зазора между колодками и колесами задавалась равной 0) без учета упругих деформаций элементов передачи. Угол α , приведенный в таблицах результатов расчета, имеет положительное значение, если рычаг

Таблица 1

Отклонение вертикального рычага при колодках 50 + 5 мм

№ п/п	Средний диа- метр колес, мм	Монтажные размеры ТРП		Нормативный диапазон n , мм	Толщина колодок, мм	при $D_{\max}$		при $D_{\min}$	
		С, мм	Р, мм			n , мм	Угол α°	n , мм	Угол α°
1	Более 959	227	950	350 – 450	55	390	10	404	9
					45	460	2	474	0
					35	530	–7	544	–9
					25	600	–16	614	–17
					15	670	–25	683	–27
					10	704	–30	718	–32
2	959 – 943	127	1030	350 – 400	55	307	23	363	16
					45	377	14	433	7
					35	447	5	503	–1
					25	516	–3	572	–10
					15	586	–12	641	–19
					10	620	–16	675	–23
3	942 – 928	177		350 – 400	55	317	23	366	17
					45	387	14	436	8
					35	457	5	505	–1
					25	526	–3	574	–9
					15	595	–12	642	–18
					10	629	–16	677	–22
4	927 – 904	227		350 – 450	55	320	24	400	13
					45	390	15	469	5
					35	459	6	538	–4
					25	528	–2	607	–12
					15	597	–11	675	–21
					10	631	–15	709	–26
5	903 – 886	127	1110	350 – 400	55	303	28	361	20
					45	372	19	430	12
					35	441	10	499	3
					25	509	2	567	–5
					15	577	–6	635	–14
					10	611	–11	668	–18
6	885 – 870	177		350 – 400	55	316	28	367	21
					45	384	19	436	12
					35	453	10	504	4
					25	521	1	572	–5
					15	588	–7	639	–13
					10	622	–11	672	–17
7	Менее 870	227		350 – 450	55	321	28	386	19
					45	390	19	455	11
					35	458	10	522	2
					25	526	2	590	–6
					15	593	–6	657	–14
					10	627	–11	690	–19

наклонен в сторону шкворневой балки. Если же рычаг имеет наклон в сторону тормозного цилиндра, то значение угла α отрицательное.

В табл. 1 приведены данные, полученные для ТРП тележки, оборудованной колодками толщиной 55 мм. Как видно из табл. 1, на первой регулировке при минимальном диаметре колес и изношенных до минимальной толщины колодках вертикальный рычаг имеет большее, чем на других регулировках, отклонение в

сторону ТЦ. На остальных шести регулировочных диапазонах наблюдается выход контрольного размера n за пределы нормативного диапазона в меньшую сторону при максимальном диаметре колес и полномерных колодках. При этом угол отклонения внутреннего вертикального рычага не выходит за пределы установленных нормативов.

Следует заметить, что ситуации, при которых размер n имеет величину менее 350 мм, весьма благоприятны

Таблица 2

Отклонение вертикального рычага при колодках 60 + 4 мм

№ п/п	Средний диа- метр колес, мм	Монтажные размеры ТРП		Нормативный диа- пазон n , мм	Толщина колодок, мм	при $D_{\max}$		при $D_{\min}$	
		C, мм	P, мм			n , мм	Угол α°	n , мм	Угол α°
1	Более 939	227	950	350 – 450	60	354	15	439	4
					50	425	6	509	–4
					40	495	–3	579	–13
					30	565	–11	649	–22
					20	635	–20	718	–32
					10	704	–30	788	–42
2	939 – 923	127	1030	350 – 400	60	342	19	398	12
					50	412	10	468	3
					40	482	1	537	–6
					30	551	–7	606	–14
					20	620	–16	675	–23
					10	689	–25	743	–33
3	922 – 908	177		350 – 400	60	352	18	401	12
					50	422	10	470	4
					40	491	1	540	–5
					30	560	–7	608	–13
					20	629	–16	677	–22
					10	697	–25	745	–32
4	907 – 884	227		350 – 450	60	355	19	435	9
					50	424	10	504	0
					40	493	2	573	–8
					30	562	–7	641	–17
					20	631	–15	709	–26
					10	699	–24	777	–35
5	883 – 866	127	1110	350 – 400	60	337	24	396	16
					50	406	15	465	7
					40	475	6	533	–1
					30	543	–2	601	–9
					20	611	–11	668	–18
					10	679	–19	736	–27
6	Менее 866	177		350 – 400	60	350	23	401	16
					50	419	14	470	8
					40	487	6	538	–1
					30	555	–3	605	–9
					20	622	–11	672	–17
					10	689	–20	739	–26

ятны с точки зрения перемещения внутреннего вертикального рычага в процессе эксплуатации, если при этом длины продольных тяг вагона позволяют обеспечить требуемый зазор между колодками и колесами, а верхнее плечо рычага не взаимодействует с балкой авторежима.

В целом при толщине новых колодок 55 мм и соответствующих ручных регулировках ситуация с соблюдением нормативов на отклонение вертикального

рычага тележки наиболее благоприятная по сравнению с колодками большей толщины.

Данные для колодок толщиной 60 мм приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, наиболее неблагоприятная ситуация складывается на первом регулировочном диапазоне, где отклонение внутреннего вертикального рычага от вертикали в сторону ТЦ достигает 42°. На остальных регулировках (см. табл. 2) угол отклонения рычага не выходит за пределы установленных нормативов.

Таблица 3

Отклонение вертикального рычага при колодках 65 + 5 мм

№ п/п	Средний диа- метр колес, мм	Монтажные размеры ТРП		Нормативный диа- пазон <i>п</i> , мм	Толщина ко- лодок, мм	при <i>D</i> _{max}		при <i>D</i> _{min}	
		С, мм	Р, мм			<i>п</i> , мм	Угол α°	<i>п</i> , мм	Угол α°
1	Более 954	177	950	350 – 400	70	333	17	365	12
					60	404	8	436	4
					50	475	–1	507	–5
					40	545	–10	577	–14
					30	615	–19	646	–23
					20	685	–28	716	–32
					10	755	–38	786	–43
2	954 – 930	227		350 – 450	70	319	19	404	9
					60	390	10	474	0
					50	460	2	544	–9
					40	530	–7	614	–17
					30	600	–16	683	–27
					20	670	–25	753	–37
					10	739	–35	824	–49
3	929 – 913	127	1030	350 – 400	70	307	23	363	16
					60	377	14	433	7
					50	447	5	503	–1
					40	516	–3	572	–10
					30	586	–12	641	–19
					20	654	–20	709	–28
					10	723	–30	778	–38
4	912 – 898	177		350 – 400	70	317	23	366	17
					60	387	14	436	8
					50	457	5	505	–1
					40	526	–3	574	–9
					30	595	–12	642	–18
					20	663	–20	711	–27
					10	731	–30	779	–37
5	897 – 874	227		350 – 450	70	320	24	400	13
					60	390	15	469	5
					50	459	6	538	–4
					40	528	–2	607	–12
					30	597	–11	675	–21
					20	665	–20	743	–30
					10	733	–29	812	–41
6	873 – 856	127	1110	350 – 400	70	303	28	361	20
					60	372	19	430	12
					50	441	10	499	3
					40	509	2	567	–5
					30	577	–6	635	–14
					20	645	–15	702	–22
					10	712	–24	769	–32
7	Менее 856	177		350 – 400	70	316	28	333	25
					60	384	19	401	16
					50	453	10	470	8
					40	521	1	538	–1
					30	588	–7	605	–9
					20	656	–15	672	–17
					10	723	–24	739	–26

В табл. 3 приведены данные исследования для колодок, имеющих толщину $65 + 5$ мм. Эти колодки в настоящее время поставляются для вагонов без дополнительной ручной регулировки ТРП [10].

В данном случае толщина колодок задавалась максимально возможной (70 мм), поскольку максимальная толщина колодки наименее благоприятна с точки зрения возможности отклонения рычагов ТРП в эксплуатации. Как можно видеть из табл. 3, при износе колес и колодок угол наклона вертикального рычага превышает установленный норматив на первых пяти регулировках. Наименее благоприятная ситуация при этом складывается на двух первых регулировочных диапазонах, где угол наклона вертикального рычага в сторону ТЦ превышает норматив не только при минимальных, но и при максимальных диаметрах колес в одном диапазоне. При этом на второй регулировке при изношенных колесах этот угол приближается к величине 50° . Это обусловлено тем, что на данной регулировке допускается уменьшение среднего диаметра колес на 24 мм.

Кроме того, необходимо заметить, что при выставлении монтажных размеров ТРП тележки, в случае если диаметры колес соответствуют максимальному в рамках регулировочного диапазона значению, контрольный размер n меньше нижней границы нормативного диапазона на всех семи регулировках. Согласно руководству [5], при несоответствии размера n значениям, приведенным в таблицах, ТРП тележки допускается регулировать за счет изменения размеров C и P . Однако и при этом очевидно, что регулировка ТРП до состояния, когда размер n будет соответствовать нормативу, при максимальном среднем диаметре колес будет приводить к еще большему отклонению внутреннего вертикального рычага в процессе износа фрикционных поверхностей.

Следует учитывать то обстоятельство, что данная оценка проводилась для состояния ТРП, когда колодки прижаты к колесам вручную, и поэтому механизм рассматривался как абсолютно жесткий без зазоров в шарнирных соединениях. Однако в эксплуатационных условиях, когда на ТРП действуют тормозные усилия, ее элементы будут отклоняться на большие величины вследствие возникновения упругих деформаций элементов передачи и выборки зазоров в шарнирных соединениях элементов.

Проведенная оценка положения звеньев рычажной передачи в эксплуатации показывает, что существующая конфигурация ТРП двухосной тележки наиболее оптимально подходит для применения тормозных колодок толщиной $50 + 5$ мм. Это обусловлено тем, что выбор размеров элементов ТРП осуществлялся в то время, когда на отечественных грузовых вагонах применялись только эти колодки. Применение при этой конфигурации ТРП тормозных колодок увеличенной

толщины приводит к отклонениям внутренних вертикальных рычагов тележек в процессе эксплуатации сверх установленных нормативов. Поскольку отклонение внутреннего вертикального рычага на величину более 35° в сторону ТЦ недопустимо, возникает необходимость дополнительной ручной регулировки механизма ТРП в эксплуатации при не полностью изношенных тормозных колодках.

На основании полученных результатов определены следующие задачи дальнейшей исследовательской деятельности:

1. Пересмотр действующих таблиц выставления монтажных размеров ТРП тележки с учетом дополнительной ручной регулировки при не полностью изношенных колодках в эксплуатации. При этом по причине повышенной трудоемкости регулировки ТРП путем перестановки осей в распорке вертикальных рычагов тележки (изменение размера P) целесообразно минимизировать выполнение этой операции на ПТО. Для этого при установке на вагон новых тормозных колодок желательно использовать комбинации монтажных размеров с длиной серьги «мертвой точки» только 127 или 177 мм. Крайнее регулировочное отверстие в серьге целесообразно оставлять как запасное для дополнительной ручной регулировки в эксплуатации.

2. Пересмотр конфигурации ТРП двухосной тележки и выбор рациональных параметров для ее использования с тормозными колодками толщиной $65 + 5$ мм.

Выводы. В работе показано, что:

1. Применяемая в настоящее время конфигурация тормозной рычажной передачи двухосной тележки грузового вагона при установке на нее тормозных колодок толщиной $65 + 5$ мм не позволяет изнашивать их до минимально допустимой в эксплуатации величины без дополнительной ручной регулировки в процессе эксплуатации.

2. Актуальными задачами в настоящее время являются определение рациональных параметров механизма ТРП и разработка методики его регулировки при использовании тормозных колодок толщиной $65 + 5$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет и проектирование пневматической и механической частей тормозов вагонов / П.С. Анисимов [и др.]. М.: Маршрут, 2005. 248 с.
2. Глушко М.И., Погребинский М.Г. Автоматические регуляторы рычажных передач одностороннего действия. М.: Транспорт, 1980. 42 с.
3. Карпычев В.А., Юдин В.А., Тулузин С.В. ТРП: регулирование и оценка // Мир транспорта. 2011. № 2. С. 60–65.
4. Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза: учебник. М.: Транспорт, 1981. 464 с.
5. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ. М.: ТРАНСИНФО, 2011. 216 с.
6. Руководство по регулированию тормозной рычажной передачи грузовых вагонов на ПТО № 683-2005 ПКБ ЦВ: утв. нач. Де-

партамента вагонного хозяйства ОАО «РЖД» А. И. Фурцевым 30 июня 2005 г. / ОАО «Российские железные дороги». М., 2005. 11 с.

7. Назаров И. В., Горский Д. В. Структурный анализ исполнительных механизмов тормозной системы грузовых вагонов // Проблемы железнодорожного транспорта: сб. тр. ВНИИЖТ/ под ред. Г. В. Гогричиани. М.: Интекст, 2010. С. 123–130.

8. Соломатин В. В. Совершенствование механической части тормозной системы большегрузных вагонов: дис.... канд. техн. наук. М.: МИИТ, 1992.

9. Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава / В. И. Крылов [и др.]. М.: Транспорт, 1989. 487 с.

10. Юдин В. А., Смагин Б. В., Соломатин В. В. Особенности автоматической регулировки тормозной системы вагонов // Вагоны и вагонное хозяйство. 2008. № 2. С. 20–23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ТУЛУЗИН Сергей Викторович,

инженер I категории отделения «Автотормозные системы», ОАО «ВНИИЖТ».

129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.

Тел.: (495) 602-81-54.

E-mail: Tuluzin.sergey@vniizht.ru

ГОРСКИЙ Дмитрий Вячеславович,

научный сотрудник, ОАО «ВНИИЖТ».

129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.

Тел.: (495) 602-82-21.

E-mail: tormoza@vniizht.ru

Performance evaluation of bogie brake rigging in a freight car at various stages of brake blocks and wheels wear

Sergey V. Tuluzin, First Category Engineer, Division for Automatic Brake Systems, JSC VNIIZhT. 10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (495) 6028154. E-mail: Tuluzin.sergey@vniizht.ru

Dmitry V. Gorskiy, Research Worker, JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT). 10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (495) 6028221. E-mail: tormoza@vniizht.ru

Abstract. This research aims to evaluate compliance of reference parameters in a bogie brake rigging with guideline values throughout the whole range of possible brake blocks and wheels wear values permissible for operation.

The work includes a detailed analysis of the impact produced by reference parameters in a bogie brake rigging on the freight car braking system as a whole. Research results relate to a variety of positions taken by brake rigging components of a standard two-axle bogie presently employed with freight cars built in Russia. The research included a math modeling job employing coordinate methods when reference parameters were defined for a bogie brake rigging at various service life periods, various combinations of installation dimensions, and also for various wear degrees in bogie wheels and brake blocks.

Research outputs are delivered as separate tables for each adjustment range limits predetermined by Regulations.

It has been found that the contemporary design of brake rigging for a two-axle freight car bogie equipped with brake blocks of a maximum thickness does not guarantee their wear-out to reach the minimum admissible thickness without an extra manual adjustment during the service life.

It has been reaffirmed that further researches will be needed in the field of development engineering related to the bogie brake rigging mechanism when employing brake blocks 65+5 mm in thickness.

Keywords: freight car; two-axle bogie; brake rigging; adjustment; brake lever angle

References

1. Anisimov P. S. et al. *Raschet i proektirovanie pnevmaticheskoy i mekhanicheskoy chastey tormozov vagonov* [Calculation and design of pneumatic and mechanical brake parts of the cars]. Moscow, Marshrut Publ., 2005. 248 p.

2. Glushko M. I., Pogrebinskiy M. G. *Avtomaticheskie regulatory rykhazhnykh peredach odnostoronnnego deystviya* [Unilateral action automatic controllers of lever transmissions]. Moscow, Transport Publ., 1980. 42 p.

3. Karpichev V. A., Yudin V. A., Tuluzin S. V. *TRP: regulirovanie i otsenka* [Truck rigging: Regulation and evaluation]. Mir transporta, 2011, no. 2, pp. 60–65.

4. Inozemtsev V. G., Kazarinov V. M., Yasentsev V. F. *Avtomaticheskie tormoza* [Automatic brakes]. Moscow, Transport Publ., 1981. 464 p.

5. *General repair manual of brake equipment of 732 CV–CL cars*. Moscow, Transinfo Publ., 2011. 216 p. (in Russ.).

6. *Guidelines for regulating brake rigging of freight cars on the PTO № 683–2005 PKB CV*. Approved by the head of the rolling stock Department of JSC «Russian Railways»: A. I. Furtsev on June 30, 2005. Moscow, JSC «Russian Railways», 2005. 11 p. (in Russ.).

7. Nazarov I. V., Gorskiy D. V. *Strukturnyy analiz ispolnitel'nykh mekhanizmov tormoznoy sistemy gruzovykh vagonov* [Structural analysis of the actuators of the braking system of freight cars]. Problemy zheleznodorozhnogo transporta. Sb. tr. uchenykh OAO «VNIIZhT» [Problems of rail transport. Coll. works of JSC «VNIIZhT» (Railway Research Institute) scientists]. Moscow, Intext Publ., 2010, pp. 123–130.

8. Solomatin V. V. *Sovershenstvovanie mekhanicheskoy chasty tormoznoy sistemy bol'shegruznykh vagonov*. Kand. tekhn. nauk diss. [Improvement of the mechanical part of the brake system of heavy cars. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, MIIT Publ., 1992.

9. Krylov V. I. et al. *Tormoznoye oborudovanie zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Braking equipment of railway rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1989. 487 p.

10. Yudin V. A., Smagin B. V., Solomatin V. *Osobennosti avtomaticheskoy regulirovki tormoznoy sistemy vagonov* [Automatic adjustment features of the brake system of cars]. Vagony i vagonnoe khozaystvo, 2008, no. 2, pp. 20–23.