

Транспорт

УДК 629.463.077-592-52

DOI: 10.12737/article_5a02f9ff1a8858.67523896

В.В. Синицын, В.В. Кобищанов, В.И. Сакало

ВАРИАНТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИЛИНДРА СО ВСТРОЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ В ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЕ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Оценена возможность применения унифицированной рычажной передачи с расположением на тележке при использовании серийно изготавливаемых цилиндров ТЦР-10-40, ТЦР-10-85 и 670В. С учетом зарубежного и отечественного опыта проектирования таких систем определена оптимальная компоновка рычажной передачи с цилиндрами

670В, позволяющая применять тормозные колодки максимальной толщины, используемой на железнодорожном грузовом подвижном составе РФ.

Ключевые слова: рычажная передача, тормозной цилиндр, тележка, передаточное отношение, тормозная колодка.

V.V. Sinitsyn, V.V. Kobishchanov, V.I. Sakalo

APPLICATION OPTION OF CYLINDER WITH EMBEDDED REGULATOR OF LEVERAGE IN BOGIE BRAKING SYSTEM OF FRIGHT CAR

The application of braking systems with the location of an actuating mechanism directly on a bogie is a promising direction in home braking system production and car production on the whole, as new potentialities appear which are connected with the use of an under-car area, braking system performance increase, and also with the possible unification of equipment.

Such systems are widespread abroad. At present in the Russian Federation there are some design works of similar systems in this connection the problem of optimum parameter choice for the systems mentioned with the development of domestic designs corresponding to the requirements and conditions of Russian railways is urgent.

Taking into account investigations carried out there is fulfilled an assessment of potentialities in use of a unified leverage with the location on a bogie at the use of commercially manufactured cylinders - BCR-10-40, BCR-10-85 and 670V. Foreign braking systems applied for operation and also a home design presented

by an invention patent are considered thoroughly. The analysis of foreign braking systems has shown that they have a number of peculiarities which do not allow their using in domestic freight bogies without changing design of their bearing elements. Braking blocks PDC-8 (Knorr-Bremse) and IBB 10 (Wabtec) are exception, at that similar domestic equipment is not manufactured. It should be pointed out also that all equipment mentioned is covered by patents. The analysis of domestic design revealed the impossibility of its use with the cylinders mentioned above on Russian standard freight bogies.

Taking into account the analysis carried out and computations there is defined an optimum arrangement of a leverage with cylinders 670V allowing the application of braking blocks with maximum thickness used in freight rolling-stock of the Russian Federation. There is obtained an invention application number.

Key words: leverage, brake cylinder, bogie, transmission ratio, brake block.

Применение тормозных систем с размещением исполнительного механизма непосредственно на тележке является перспективным направлением в отечественном тормозостроении и вагоностроении в целом, поскольку появляются новые возможности, связанные с использованием подвагонного пространства, повышением КПД тормоза [1; 2], а также возможной унификацией оборудования.

Рассмотрим возможность применения в качестве силовых органов для таких систем цилиндров ТЦР-10-40, ТЦР-10-85 (ТУ 24.05.382-87) и 670В (ТУ 3184-503-05744521-95), как наиболее соответствующих по своим параметрам.

Практика проектирования показывает определенную сложность применения такого рода оборудования в грузовых

двухосных тележках типов 2 и 3 (ГОСТ 9246-2013).

Конструктивный выход винта регулятора (и поршня) для цилиндров ТЦР-10-40 и ТЦР-10-85 не позволяет использовать толщину тормозной колодки до полного износа [3; 4]. При этом для тормозных систем с цилиндрами ТЦР-10-40 минимальное передаточное отношение $n_m = 5,8$, для систем с цилиндрами ТЦР-10-85 $n_m = 5,55$ (цилиндр ТЦР-10-85 имеет больший сум-

марный ход винта и поршня, чем ТЦР-10-40).

При минимальном передаточном отношении $n_m = 5,55$ [4] для унифицированной системы тормоза на тележке цилиндром ТЦР-10-85 (согласно ТУ 24.05.382-87 имеющим диаметр поршня 254 мм и полный ход винта и поршня $L = 335$ мм) с отдельным торможением получим выход винта

$$L_{факт} = (\Delta t + \delta_k) n_m = (60 + 8) 5,55 = 377,4 \text{ мм},$$

где $\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$ – максимальная величина износа тормозной колодки; $t_{\max} = 65^{+5} = 70$ мм – максимально возможная толщина тормозной колодки [5]; $t_{\min} = 10$ мм – минимально возможная толщина тормозной колодки (композици-

онной с сетчато-проволочным каркасом) в эксплуатации [6]; $\delta_k = 8$ мм – максимальный нормативный зазор между колодкой и колесом.

Максимальная величина износа тормозной колодки

$$\Delta t = \frac{L}{n_m} - \delta_k; \quad \Delta t = 52,4 \approx 52 \text{ мм}.$$

Соответственно толщина колодки – 62 мм. Таким образом, необходимо применять эти цилиндры в паре (по одному на каждый триангель или тормозную балку) или с доработкой по ходу винта, а также использовать меньшую (60 мм) толщину колодки.

В связи с этим рассмотрим возможность применения цилиндра 670В со значительно меньшими массогабаритными характеристиками, чем у ТЦР-10-85. В со-

ответствии с [4] определим возможность применения унифицированного передаточного отношения рычажной передачи для тормозной системы с расположением двух цилиндров 670В на тележке (на каждом триангеле устанавливается один цилиндр). Цилиндр 670В имеет диаметр поршня 203 мм и полный ход поршня 300 мм. Результаты расчета сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Диапазоны передаточных отношений рычажной передачи с цилиндром 670В при нормативных регулировках давлений в цилиндрах для вагонов с массой брутто 94 т

Тара 21-27 т; Р=0,13/0,16 МПа		Тара 27-32 т; Р=0,15/0,19 МПа		Тара 32-36 т; Р=0,18/0,22 МПа		Тара 36-45 т; Р=0,21/0,24 МПа	
Нижний предел	Верхний предел						
4,2/4,88	4,82/6,4	4,2/5,15	4,8 /6,2	4,2/5,15	4,3/5,9	4,2/5,3	4,6/6,8

Примечание. В числителе показано значение для эффективности тормоза, в знаменателе – для юза.

Как видно из табл. 1, для вагонов с тарой от 21 до 45 т и массой брутто 94 т

унифицированный диапазон передаточных отношений составляет 4,82/4,88.

Таблица 2

Диапазоны передаточных отношений рычажной передачи с цилиндром 670В при нормативных регулировках давлений в цилиндрах для вагонов с массой брутто 100 т

Тара 21-27 т; P=0,13/0,16 МПа		Тара 27-32 т; P=0,15/0,19 МПа		Тара 32-36 т; P=0,18/0,22 МПа		Тара 36-45 т; P=0,21/0,24 МПа	
Нижний предел	Верхний предел						
4,55/4,88	4,82/6,4	4,55/5,15	4,8 /6,2	4,55/5,15	4,55/5,9	4,55/5,3	4,6/6,75

Примечание. В числителе показано значение для эффективности тормоза, в знаменателе – для юза.

Как видно из табл. 2, для вагонов с тарой от 21 до 45 т и массой брутто 100 т унифицированный диапазон передаточных отношений – 4,82/4,88. В общем случае для вагонов, имеющих брутто 94-100 т, можно применять указанный диапазон передаточных отношений; также возможны, например, варианты с двумя отверстиями в рычагах.

Практика проектирования показывает невозможность реализации схемы с подсоединением цилиндров ТЦР-10-85 и 670В к вертикальному рычагу тележки и надрессорной балке. Размещение цилиндра между надрессорной балкой и вертикальным рычагом согласно [7] практически невозможно в связи с недостатком места. Размещение цилиндра штоком в сторону надрессорной балки возможно, однако значительное его перемещение в процессе износа колодок, а также значительное перемещение в вертикальной плоскости вследствие поворота при прогибах рессорного комплекта приведут к неизбежным аварийным соприкосновениям с частями вагона.

Расположение цилиндров на триангелях также проблематично в связи с габаритными ограничениями тележки снизу и конфигурацией надрессорной балки сверху при вертикальном перемещении последней на величину, определяемую габаритом для обрессоренных частей тележки. В связи с этим возможное размещение цилиндров в зоне триангелей повлечет существенное изменение их конструкции.

Рассмотрев возможность применения обоих цилиндров, можно сделать вывод, что наилучшее расположение цилиндров

ТЦР-10-85 возможно в зоне тележки с применением промежуточных рычагов и тяг, а также с креплением на грузовой тележке пассажирского типа (с двухступенчатым подвешиванием). Наиболее полноценная возможность размещения на триангелях (балках) без внесения изменений в надрессорную балку представляется для цилиндров 670В. При этом необходимо увеличить длину винта цилиндра (например, использовать вставку или измененную конструкцию головки штока).

Наиболее близким аналогом для такой схемы будет являться система WAB-COPAC производства компании Wabtec (рис. 1) [8; 9].

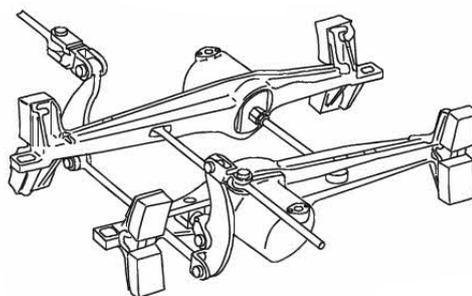


Рис. 1. Тормозная система WAB-COPAC

Особо стоит отметить, что каждый цилиндр воздействует сразу на два триангеля, т. е. используется реакция цилиндра, позволяя уменьшить передаточное отношение рычажной передачи.

Другим близким аналогом будет являться система NYCOPAC ПА производства New York Air Brake Corporation а Knorr Brake Company (NYAB) [10] (рис. 2). Здесь также применяется цилиндр со встроенным регулятором, при этом цилиндр закреплен шарнирно на одной из

тормозных балок с возможностью поворота в горизонтальной плоскости. Цилиндр воздействует на два триангеля.



Рис. 2. Тормозная система NYCORAC IIА

Эта система, как и большинство систем такого типа (WABCORAC, NYCORAC, WABCORAC II, NYCORAC II), а также TMX-Truck-Mounted-Brake-System [11] с малогабаритным цилиндром и UBX-Truck-Mounted-Brake-System [11] с пневмокамерой, предполагает прохождение распорок (или штоков) через отверстия в надрессорной балке. Исключение составляют тормозной блок TMB-60 (NYAB) [12] или его аналог PDC-8 (Knorr-Bremse) [13], а также блок IBV 10 (Wabtec) [14] с расположением тормозных цилиндров вдоль надрессорной балки. Другим отличием конструкции указанных блоков (за исключением PDC-8 и IBV 10) является свободная подвеска, не требующая крепления элементов на балках тележки. Также отсутствуют резьбовой узел крепления и подвески тормозного башмака.

На отечественных тележках применение тормозных балок с такими элементами приведет к изменениям в несущей конструкции боковых рам и надрессорной балки. В связи с этим в возможную конструкцию тормозной системы предлагается внести изменения только в части триангелей и рычажной передачи, сохранив неизменными остальные элементы тележки, включая подвески и башмаки триангелей (тормозных балок). При этом расположение распорок (штоков) не должно препятствовать перемещению надрессорной балки.

Рассмотрим вариант конструкции тормоза с исполнением указанных выше требований с размещением цилиндров 670В на тормозных балках. На рис. 3 показана схема предлагаемой конструкции [15] с тормозными балками, выполненными из двух листов каждая с выштамповкой под установку цилиндров. Корпуса цилиндров закреплены шарнирно между двумя поясами тормозных балок. Расположение рычагов при полномерных и полностью изношенных колодках показано тонкими линиями. Среднее положение рычага показано жирной штриховой линией (рычаг располагается между поясами тормозной балки), при этом перемещение самих балок при износе колодок не показано. Соединение концов рычагов двух рычажных передач по поперечной оси надрессорной балки осуществляется с помощью изогнутой балки распорки. Соединение с рычагами может быть выполнено в виде вилки или плоской головки в зависимости от конструкции рычага. В рассматриваемом варианте на рисунке показаны концы распорок в виде вилок с отверстиями для шарнирного соединения с рычагом. Изогнутая форма обусловлена перемещениями и допусками надрессорной балки в вертикальной плоскости. В средней части рычаги закреплены на тормозных балках. Для такой системы передаточное отношение будет иметь вид $n = 1 + \frac{a+b}{b}$ для каждого цилиндра. Эта схема является унифицированной для двухосной тележки типа 2 и типа 3 (ГОСТ 9246-2013).

Для определения максимальной высоты сечения балки вычислим максимальное усилие на триангель, вызываемое воздействием рычажной передачи. Согласно «Нормам...» [16], максимальное усилие вычисляется по формуле

$$P_{ум} = p_{ц\ max} \frac{\pi d_{ц}^2}{4},$$

где $p_{ц\ max} = 450$ кПа (0,45 МПа) – максимальное расчетное давление воздуха в тормозном цилиндре. КПД рычажной передачи принимается равным единице.

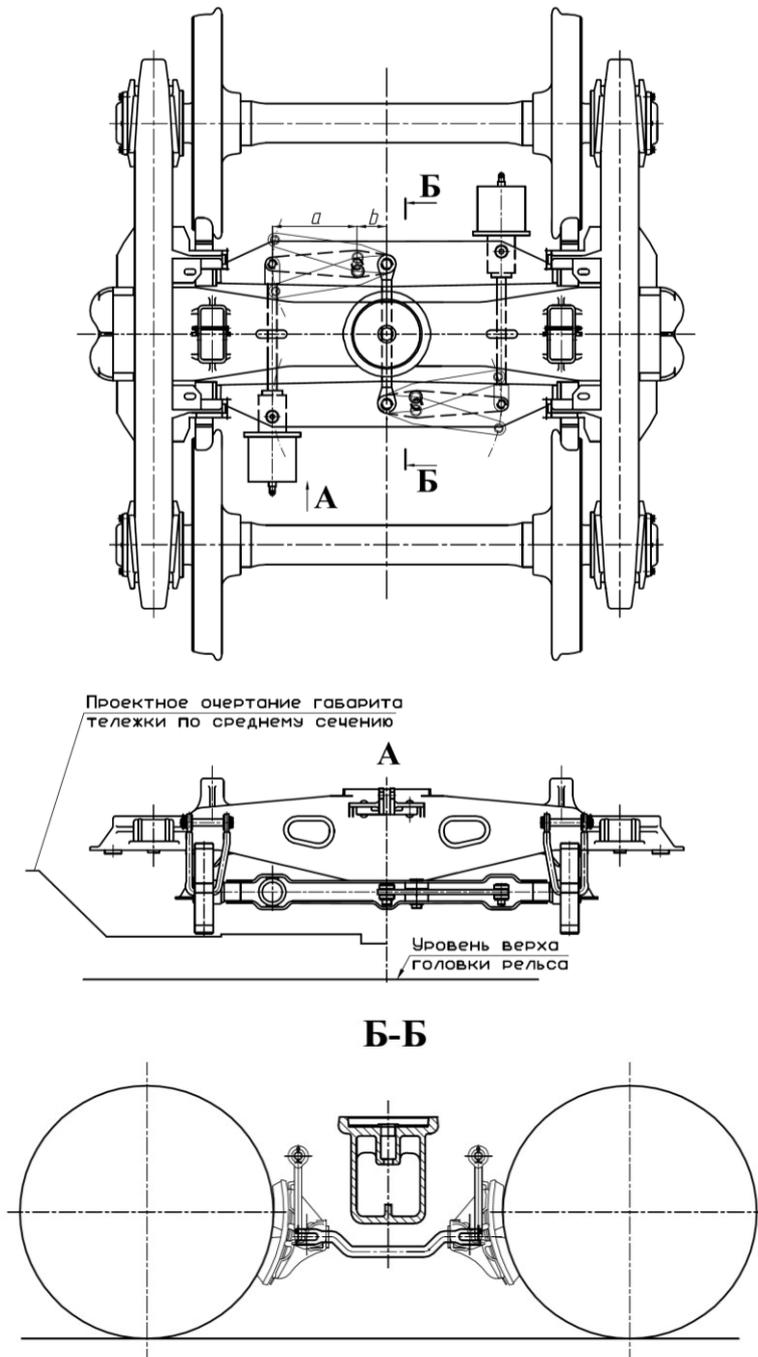


Рис. 3. Вариант тормозной системы с цилиндрами 670В

Для данного случая $P_{умт} = 14,56$ кН. При этом плечи рычага (при максимальном $n_{т max} = 4,88$), воздействующего средней частью на тормозную балку: $a = 371$ мм, $b = 129$ мм. Воздействие на триангель от усилия в средней части рычага

$$P_{тр.р} = P_{умт} \frac{a+b}{b}; \quad P_{тр.р} = 56,4 \text{ кН} \quad (5,6 \text{ тс}).$$

Суммарно $P_{мп} = 71$ кН (7,1 тс). На рис. 3 показана схема с тормозными балками,

имеющими сечения, рассчитанные исходя из полученных усилий.

С целью максимального использования хода винта и штока для компенсации износа колодок необходимо использовать рычаг с минимальным передаточным отношением. Кроме того, минимальное значение позволяет снизить выход штока, как свободный, так и дополнительный.

Согласно ТУ 3184-503-05744521-95 на цилиндр, суммарный выход винта и штока составляет $L = 345$ мм (выход винта

относительно поршня – 245 мм, рабочий ход поршня – 100 мм при нормативном выходе штока 25-65 мм). При максимальном расчетном для унифицированной системы (с цилиндром 670В) с отдельным поосным торможением передаточном отношении $n_{m\max}=4,88$ и максимальном зазоре между колодкой и колесом $\delta_k=8$ мм получим максимально возможную величину износа колодки:

$$\Delta t = \frac{L}{n_{m\max}} - \delta_k; \quad \Delta t = 62,7 \approx 63 \text{ мм.}$$

Таким образом, максимальная толщина полномерной колодки составит 73 мм. Это значение превышает максимально возможную толщину применяемых колодок (65^{+5}).

Выводы:

1. Согласно проведенным исследованиям и конструкторским проработкам, тормозная система с установкой цилиндров 670В представляется наиболее надежной и простой. Разработанная схема

унифицирована для двухосных тележек типа 2 и типа 3 (ГОСТ 9246-2013) и соответствующих им нагрузок вагонов на ось 23,5 и 25 тс. При этом имеется необходимость увеличения нерегулируемой длины винта цилиндра, например с помощью цилиндрической насадки с головкой штока на винт.

2. Максимальная толщина композиционных колодок для такой схемы составляет 73 мм. При этом следует учесть, что расчет толщины колодки, приведенный в статье, является приближенным, поскольку необходимо учитывать реальную упругую составляющую выхода штока, а также оптимальную величину (с учетом допусков) передаточного отношения, вследствие чего ход винта может быть увеличен дополнительно. Также желательно иметь расположение штуцеров на обечайке цилиндра (аналогично, например, цилиндру 670Г (ТУ 3184-503-05744521-95) или рассмотренным зарубежным аналогам).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батенков, В.А. Задача на будущее – создать конкурентоспособную продукцию /В.А. Батенков //Евразия Вести. – 2010. – Вып. 5. – С. 12-13.
2. Никитин, Г.Б. Новое в развитии автотормозной техники/ Г.Б. Никитин, А.В. Казаринов, И.В. Назаров//Железнодорожный транспорт. – 2008. – Вып. 4. – С. 62-64.
3. Sinitsyn, V. V. On potentiality of brake rigging unification for freight cars with separate braking/V. V. Sinitsyn, V. V. Kobishchanov//IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. –2017. – Vol. 177.–P. 1-6.
4. Синицын, В.В. Определение условий применения унифицированной тормозной рычажной передачи с цилиндрами ТЦР в тормозных системах грузовых четырехосных вагонов/В.В. Синицын//Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 2. – С. 85-89.
5. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ, ПКБ ЦВ. – М.: ОАО «РЖД», 2011. – 198 с.
6. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава: утв. заседанием Совета по ж.-д. транспорту государств – участников Содружества, протокол от 6-7 мая 2014 г. № 60.
7. Пат. 2378143 РФ, МПК В61Н 13/24, В61Н 13/34. Тормозная система тележки грузового вагона железнодорожного транспорта/Назаров И.В., Никитин Г.Б.; заявитель и патентообладатель ОАО «РЖД». – № 2008125608/11; заявл. 26.06.08; опубл. 10.01.10, Бюл. № 1. – 6 с.
8. WABCO PAC. Brake Assembly.–Режим доступа: <http://techinfo.wabtec.com/DataFiles/Leaflets/WABCO PAC.pdf> (дата обращения: 11.01.2017).
9. US3499507 A Int. Cl. B61h 13/00; F16D 65/38, 65/52 U.S. Cl. 188-52 Railway car truck brake apparatus and adjusting means/ Daniel G. Scott, Fred Temple; the applicant: Westinghouse Air Brake Co. filed 22.10.1968; patented 10.03.1970.
10. NYCO PAC IIA. Truck Mounted Brake System For Standard and Narrow Gauge Truck Beams. Technical Guide For The Product User. New York Air Brake. – Режим доступа: http://www.nyab.com/media/nyab_1/documents_1/technical/technicalguidetg/TG-010.PDF (дата обращения: 21.11.2016).
11. Каталог тормозного оборудования подвижного состава Wabtec Corporation. – 2012. – 65 с.
12. TMB-60. Overview. Features&Benefits.–Режим доступа: <http://www.nyabproducts.com/tmb-60/>(дата обращения 12.01.2017).
13. Knorr-Bremse . Оборудование тормозной тележки. –Режим доступа: <http://www.knorr-bremse>

- se.ru/ru/railvehicles/products/brakingsystems/bogieequipment/be.jsp (дата обращения: 07.02.2014).
14. Integrated bogie brake. – Режим доступа: <https://www.wabtec.com/products/1308/integrated-bogie-brake> (дата обращения: 12.01.2017).
 15. Заявка 2017125644 РФ, МПК В 61 Н 13/20 13/28. Механическая часть тормоза железнодорожного транспортного средства/В.В. Синицын, В.В. Кобищанов. – Заявл. 17.07.17.
 16. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
 1. Batenkov, V.A. Problem for future – to create competitive products / V.A. Batenkov // *Eurasia News*. – 2010. - Edition 5. – pp. 12-13.
 2. Nikitin, G.B. Novelty in auto-braking engineering development / G.B. Nikitin, A.V. Kazarionov, I.V. Nazarov // *Railway Transport*. – 2008. - Edition 4. – pp. 62-64.
 3. Sinitsyn, V.V. On potentiality of brake rigging unification for freight cars with separate braking / V.V. Sinitsyn, V.V. Kobishchanov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - Vol. 177. - P. 1-6.
 4. Sinitsyn, V.V. Definition of conditions for application of unified braking leverage with cylinders BCR in braking systems of freight eight-wheel cars / V.V. Sinitsyn // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2016. – No. 2. – pp. 85-89.
 5. *General Guide Book on 732-CV-CL, PKB CV Car Braking Engineering Repair*. – М.: PC “RR”, 2011. – pp. 198.
 6. *Rules for Engineering Maintenance of Braking Equipment and Braking Control of Rolling-Stock*: approved by Meeting of Board for Railway Transport of States-Participants of the Commonwealth, Protocol No.60 of May 6-7, 2014.
 7. Pat. 2378143 the RF, IPC V61N 13/24, V61N 13/34. Bogie Braking System of Railway Freight Car / Nazarov I.V., Nikitin G.B.: applicant and patent holder PC “RR”. – No. 2008125608/11; appl. 26.06.08; published 10.01.10, Bull. No.1. – pp. 6.
 8. WABCO PAC. Brake Assembly. – Access Mode: <http://techinfo.wabtec.com/DataFiles/Leaflets/WABCO PAC.pdf> (address date: 11.01.2017).
 9. US3499507 A Int. Cl. B61h 13/00; F16D 65/38, 65/52 U.S. Cl. 188-52 Railway car truck brake apparatus and adjusting means/ Daniel G. Scott, Fred Temple; the applicant: Westinghouse Air Brake Co. filed 22.10.1968; patented 10.03.1970.
 10. NYCOPAC IIA. Truck Mounted Brake System For Standard and Narrow Gauge Truck Beams. Technical Guide For The Product User. New York Air Brake. – Access Mode: http://www.nyab.com/media/nyab_1/documents_1/technical/technicalguidetg/TG-010.PDF (address date: 21.11.2016).
 11. Catalogue of Rolling-Stock Braking Equipment Wabtec Corporation. - 2012. – pp. 65.
 12. TMB-60. Overview. Features & Benefits. – Access Mode: <http://www.nyabproducts.com/tmb-60/> (address date: 12.01.2017).
 13. Knorr-Bremse. Braking Bogie Engineering. – Access Mode: <http://www.knorr-bremse.ru/ru/railvehicles/products/brakingsystems/bogieequipment/be.jsp> (address date: 07.02.2014).
 14. Integrated bogie brake. – Address Mode: <https://www.wabtec.com/products/1308/integrated-bogie-brake> (address date: 12.01.2017).
 15. Application 2017125644 the RF, IPC V 61 N 13/20 13/28. *Brake Mechanical Part of Railway Vehicle* / V.V. Sinitsyn, V.V. Kobishchanov. – Appl. 17.07.17.
 16. *Regulations for Computation and Design of Railway Cars for MC with Gauge of 1520 mm (non-self-propelled)*. – М.: State RICRV, 1996. – pp. 319.

Статья поступила в редколлегию 5.07.17.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Тихомиров В.П.

Сведения об авторах:

Синицын Владимир Владимирович, к.т.н., вед. инженер-конструктор АО «УК «БМЗ», e-mail: universalmasch@yandex.ru.

Кобищанов Владимир Владимирович, д.т.н., профессор кафедры «Подвижной состав железных

Sinitsyn Vladimir Vladimirovich, Can. Eng., Leading design engineer, J-S “UK”BMP”, e-mail: universalmasch@yandex.ru.

Kobishchanov Vladimir Vladimirovich, D. Eng., Prof. of the Dep. “Railway Rolling-Stock”, Bryansk

дорог» Брянского государственного технического университета, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Сакало Владимир Иванович, д.т.н., профессор кафедры «Механика, динамика и прочность машин» Брянского государственного технического университета, e-mail: sakalo@mail.ru.

State Technical University, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Sakalo Vladimir Ivanovich, D. Eng., Prof. of the Dep. “Mechanics, Dynamics and Machine Strength”, Bryansk State Technical University, e-mail: sakalo@mail.ru.