

УДК 629.463.077-592-52

DOI: 10.12737/20249

В.В. Синицын, В.В. Кобищанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ УНИФИЦИРОВАННОЙ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ЦИЛИНДРАМИ ТЦР В ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМАХ ГРУЗОВЫХ ЧЕТЫРЕХОСНЫХ ВАГОНОВ

Определена возможность использования унифицированной рычажной передачи с цилиндром ТЦР-10-85 для вагонов с регулированием давления в цилиндрах при помощи авторежима, а также для вагонов без авторежима. Установлены ограничения по соотношениям тары и грузоподъемно-

сти для грузовых вагонов, эксплуатируемых в РФ, в которых возможно применение унифицированной тормозной системы.

Ключевые слова: рычажная передача, тормозной цилиндр, передаточное отношение, авторежим, гибкость рессорного подвешивания.

V.V. Sinitsyn, V.V. Kobishchanov

CONDITION DEFINITION FOR APPLICATION OF UNIFORM BRAKE RIGGING WITH CYLINDERS (BCR) IN BRAKE SYSTEMS OF FRIGHT EIGHT-WHEEL CARS

The application of BCR (brake cylinders with the built-in regulator of rod output manufactured by Transpneumatics Co.) in a brake actuator in freight eight-wheel cars with separate drives located in areas of car trucks is promising. Such a layout as is well known allows increasing freight car carrying capacity at the expense of an undercar area clearing. But the application of such systems for different types of cars is limited with design peculiarities of cars and a considerable scatter of reduction ratios.

The paper reports the consideration of a possibility for the location of a brake system with the BCR both in car truck areas, and on a car truck for a maximum possible quantity of car types. The limitations on the proportions of a lightweight and carrying capacity for freight cars operated in the RF in which the application of a uniform brake system is possible. The use of a cylinder in a brake system with the location on a car

truck as a system least dependent on design peculiarities of cars is offered. The BCR-10-85 cylinder is chosen as one of the most possible variants of brake cylinders.

A possibility of the application of a uniform rigging with the BCR-10-85 cylinder for cars with pressure control in cylinders with the aid of an automated mode and application in a rigging of one or two holes for reduction ratio changes is defined. For cars having no possibility for pressure control in cylinders with the aid of an automated mode there is obtained a substantial quantity of reduction ratios depending on individual characteristics (lightweight and carrying capacity) of cars that does not allow using a uniform rigging.

Key words: rigging, brake cylinder, reduction ratio, auto-mode, spring hanger flexibility.

В настоящее время применение цилиндров ТЦР в исполнительном механизме тормоза грузовых четырехосных вагонов с отдельными приводами, размещаемыми в зонах тележек, является перспективным [1]. Такое расположение позволяет полностью освободить подвагонное пространство, соответственно появляется возможность увеличения полезного объема кузова вагона [2].

Применения такой рычажной передачи для максимально возможного количества типов вагонов во многом ограничено определенным разбросом передаточных

отношений рычажных передач, используемых в настоящее время на отечественных вагонах.

В соответствии с типовым расчетом [3] определим диапазоны передаточных отношений рычажной передачи с цилиндром ТЦР-10-85 (ТУ 24.05.382), в рамках которых можно использовать тормозную систему, исполнительный механизм которой расположен на двухосной тележке типа 2 с осевой нагрузкой 23,5 тс или на аналогичной ей тележке типа 3 с осевой нагрузкой 25 тс (ГОСТ 9246-2013) [4].

Учтем, что для вагонов с отдельным торможением и малогабаритными цилиндрами не предусмотрен норматив выхода штока для регулировки системы на чугунные колодки [3]. В связи с этим рассмотрим тормозную систему, оборудованную только композиционными колодками.

Для вагонов, имеющих массу брутто 100 тс и тару, приведенную в табл. 2.2 [3] (аналогичная табл. 10 [5] содержит более низкий верхний предел давления при учете юза), определим передаточные отношения. При этом найдем нижний предел при таре до 27 тс в соответствии с формулами типового расчета [3]. Определим минимально возможное передаточное отношение (при расчете эффективности тормоза) для вагона с массой брутто 100 тс (25 тс/ось). Это передаточное отношение будет максимальным при расчете на юз для вагона с минимально возможной тарой.

Определим $K_{p\min}$ при полной загрузке вагона, исходя из соотношения

$$[\delta_p] = \frac{mK_{p\min}}{Q},$$

где Q - масса брутто вагона (100 тс); $[\delta_p] = 0,14$.

$$K_{p\min} = 1,75 \text{ тс.}$$

Определим $K_{D\min}$ - минимально возможное усилие на колодке в системе с композиционными тормозными колодками при максимальной загрузке вагона, для чего решим уравнение

$$K_{p\min} = 1,22K_D \frac{K_D + 20}{4K_D + 20}. \quad (1)$$

$$K_{D\min} = 1,79 \text{ тс.}$$

$$\Phi_{кр20} = 0,322; \Phi_{кр100} = 0,257; \Phi_{кр120} = 0,249;$$

$$\Psi_{(20)} = 0,7829; \Psi_{(100)} = 0,5638; \Psi_{(120)} = 0,5447.$$

Решим систему (3) и выберем наибольшие значения: $[\psi_p]_{120} = 0,0946$; $T_{120} = 19,84$.

Согласно ГОСТ 9246-2013, минимальная масса (тара) вагона составляет 21 тс для тележек типов 2 и 3.

Определим n с учетом давления для расчета эффективности при максимальной загрузке. Также учтем отсутствие усилия сжатия пружины авторегулятора, приведенного к штоку (F_2), в системе с ТЦР.

$$K_D = \frac{1}{1000m} \left(\frac{\pi d_u^2}{4} p_u \eta_u - F_1 \right) n \eta_n; \quad (2)$$

$$n = 5,56.$$

С учетом полученного n и давления в цилиндрах для порожнего вагона при расчете на юз по формулам (2) и (1) найдем $K_{D\min\text{юз}} = 0,87$ тс и $K_{p\min\text{юз}} = 0,943$ тс. При этом

$$\delta_p = \frac{mK_{p\min\text{юз}}}{T}.$$

В соответствии с формулой $\delta_p \Phi_{кр} \leq [\psi_p]$ получим систему уравнений

$$[\psi_p] = \frac{mK_{p\min\text{юз}} \Phi_{кр}}{T}; \quad (3)$$

$$[\psi_p] = \Psi_{(q_0)} \Psi_{(V)},$$

где $\Psi_{(q_0)} = 0,17 - 0,0015(q_0 - 5)$; $q_0 = \frac{T}{4}$ - нагрузка на колесную пару (ось). (При этом следует учесть, что $q_0 \geq 5$ тс, т. е. вагон не может иметь тару менее 20 тс.)

Для ее решения найдем

Таким образом, получим два диапазона передаточных отношений для вагонов, имеющих максимальную массу брутто 100 тс, которые удовлетворяют всем уровням регулировок давления в цилиндрах: 5,55/5,7 - для вагонов с тарой 21-27 тс и 5,55/6,1 - для всех остальных.

Определим передаточные отношения для вагонов, имеющих массу брутто 94 тс (23,5 тс/ось) и тару, приведенную в табл. 2.2 [3]. Нижний предел при таре до 27 тс для грузовых вагонов с композиционными колодками, определенный согласно приведенному приему и ограничению ГОСТ 9246-2013, также составит 21 тс.

Таким образом, получим два диапазона передаточных отношений для вагонов, имеющих максимальную массу брутто 94 тс, которые удовлетворяют всем уровням регулировок давления в цилиндрах: 5,55/5,7–для вагонов с тарой 21-27 тс и 5,55/6,1– для всех остальных.

Таблица 1

Диапазоны передаточных отношений рычажной передачи с цилиндром ТЦР-10-85 при нормативных регулировках давлений в цилиндрах для вагонов, имеющих массу брутто 100 тс

Тара 21-27 тс; P=1,3/1,6 кг/см ²		Тара 27-32 тс; P=1,5/1,9 кг/см ²		Тара 32-36 тс; P=1,8/2,2 кг/см ²		Тара 36-45 тс; P=2,1/2,4 кг/см ²	
Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел
5,55/5,7	5,55/7,5	5,55/6,1	5,55/7,35	5,55/6,2	5,55/7,05	5,55/6,4	5,55/8,2

Примечание. В числителе приведены значения для эффективности тормоза, в знаменателе – для юза.

Таблица 2

Диапазоны передаточных отношений рычажной передачи с цилиндром ТЦР-10-85 при нормативных регулировках давлений в цилиндрах для вагонов, имеющих массу брутто 94 тс

Тара 21-27 тс; P=1,3/1,6 кг/см ²		Тара 27-32 тс; P=1,5/1,9 кг/см ²		Тара 32-36 тс; P=1,8/2,2 кг/см ²		Тара 36-45 тс; P=2,1/2,4 кг/см ²	
Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел
5,15/5,7	5,5/7,5	5,15/6,1	5,55/7,35	5,15/6,2	5,15/7,05	5,15/6,4	5,5/8,2

Примечание. В числителе приведены значения для эффективности тормоза, в знаменателе – для юза.

В общем случае для вагонов, имеющих максимальную тару в диапазоне 10-45 тс и брутто 94 или 100 тс, получим два диапазона передаточных отношений: 5,55/5,7– для вагонов с тарой 21-27 тс и 5,55/6,1– для всех остальных. Диапазон передаточных отношений 5,55/5,7 будет удовлетворять всем ограничениям для грузовых четырехосных вагонов с цилиндром ТЦР-10-85.

Определим пределы возможного использования автоматического регулирования давления в цилиндрах.

Возможность применения авторежима на вагонах можно определить в соответствии с графиком [6]. На рисунке показаны величины минимально возможных прогибов подвешивания вагонов под по-

лезной нагрузкой. При меньших прогибах, но полной загрузке вагона величина давления будет ниже 0,3 МПа. Следует отметить, что на основании приведенного графика при давлении ниже 0,3 МПа получаем достаточную эффективность тормоза и отсутствие юза. Однако этот вопрос в нормативной документации в настоящее время не отражен. Это обстоятельство может явиться одним из оснований для применения однорежимного тормоза (наряду с необходимостью установки авторежима (авторежимов) и опорных балки их обслуживания).

Как показывает практика, такие вагоны эксплуатируются как с авторежимом, так и без [7]. При полной загрузке давление авторежима может быть менее 0,3 МПа.

Таким свойством обладают, в частности, вагоны для перевозки автомобилей. Допускается, по согласованию с заказчиком и ОАО «РЖД», ограничиваться переключаемыми вручную режимами загрузки для вагонов, полная расчетная загрузка которых не превышает 70% веса тары [3]. Расчеты тормоза некоторых типов вагонов при этом показывают возможность юза в груженом состоянии вагона при полной расчетной загрузке. В этих случаях очевидны преимущества однорежимного тормоза.

Применение однорежимного тормоза также имеет ограничения. Согласно проведенным расчетам, таким ограничением является отношение тары к грузоподъемности $\sim 0,8$ (грузоподъемность не должна превышать 125% от тары). С меньшим или равным этому соотношением можно получить стабильное передаточное число,

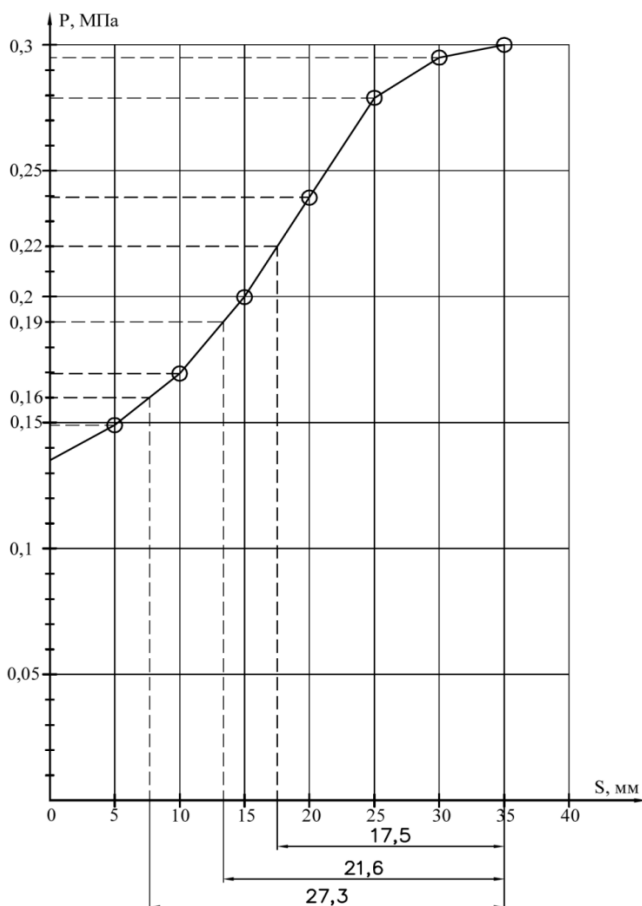


Рис. Зависимость выходного давления авторежима 265А-4 от прогиба рессорного комплекта вагона [6] и величины минимально возможных прогибов при регулировке давления в зависимости от величины тары

удовлетворяющее нормативным требованиям. С большей грузоподъемностью при минимально возможном передаточном отношении рычажной передачи получаем возможность юза.

Например, минимальная грузоподъемность вагонов надвухосных тележках типа 2 (ГОСТ 9246-2013) с гибкостью рессорного комплекта $\lambda=1,29 \cdot 10^4$ мм/Н (1,29 мм/тс): при таре до 27 тс – не менее 54,3 тс (201,1 % от тары); от 27 до 32 тс – не менее 42,3 тс (132,2 % от тары); от 32 до 36 тс – не менее 33,5 тс (93,1% от тары); от 36 до 45 тс – не менее 21,1 тс (46,9 % от тары).

У вагонов, имеющих на кузове трафарет «Однорежимный», оборудованных композиционными колодками,воздухораспределители должны быть включены на средний режим[8].Максимальные передаточные числа, согласно приведенному соотношению, для вагонов с тарой от 21 до 45 тс (с учетом максимальной массы брутто 100 тс) будут изменяться соответственно от 2,35 до 5,55.

Таким образом, мы получаем индивидуальные значения передаточных отношений для каждого вагона с однорежимным тормозом. Кроме того, в этом случае будет получено значительное количество передаточных отношений, зависящих от индивидуальных особенностей каждого вагона.

Итак, определена возможность применения унифицированной рычажной передачи с цилиндром ТЦР для вагонов с регулированием давления в цилиндрах при помощи авторежима (табл. 1, 2). При этом должен использоваться диапазон передаточных отношений 5,55/5,7. Также допустимо использовать в рычажной передаче два отверстия для изменения передаточных отношений с диапазонами: 5,55/5,7 – для вагонов с тарой 21-27 тс и 5,55/6,1 – для всех остальных.

Для вагонов, имеющих повышенный коэффициент тары и не имеющих возможности регулирования давления в цилиндрах с помощью авторежима(однорежимных),существует значительное количество передаточных отношений, зависящих от индивидуальных характери-

стик (тары и грузоподъемности) вагонов, что не позволяет использовать унифицированную рычажную передачу (в том числе с цилиндром ТЦР).

В нормативной документации необходимо отразить возможное применение

тормоза при недостаточном прогибе ресорного комплекта для получения нормативного значения 0,3 МПа у вагонов с полной загрузкой.

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. Технические требования к тормозному оборудованию грузовых вагонов постройки заводов РФ. Типовой расчет тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. – М.: МПС РФ, 1996. – 77 с.
4. ГОСТ 9246-2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 42 с.

1. Batenkov, V.A. Task for future – to create a competitive product /V.A. Batenkov //Eurasia News. – 2010. – Issue 5. – pp. 12-13.
2. Nikitin, G.B. Modern in development of auto-brake equipment/ G.B. Nikitin, A.V. Kazarinov, I.V. Nazarov//Railway Transport. – 2008. – Issue 4. –pp. 62-64.
3. Engineering Requirements to Brake Equipment of Freight Cars Produced by Plants of Russia. Routine Calculation of Brake for Fright and Refrigerator Cars. – М.: MR RF, 1996. – pp.77.
4. SARS 9246-2013. Four-Wheel Three-Piece Car Trucks of Freight Cars for Railways with 1520 mm Gauge. General Specifications. – М.: Standardinform, 2014. – pp. 42.

5. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ/ПКБ ЦВ ОАО «РЖД».– 2011. – 198 с.
6. Сипягин, Е.С. Авторежим 265А-4 повышает межремонтный пробег/Е.С. Сипягин//Вагоны и вагонное хозяйство. – 2009. – Вып. 2. – С. 32-34.
7. Синицын, В.В. Учет особенностей грузовых вагонов с повышенным коэффициентом тары при проектировании тормозных систем/В.В. Синицын, К.В. Герасимов//Тяжелое машиностроение. – 2013. – Вып. 9. – С. 26-27.
8. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состав: утв. Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества: протокол от 6-7 мая 2014 г. № 60. – 2014. – 181 с.

5. General Repair Manual for Brake Equipment of Cars 732-ЦВ-ЦЛ/ПКБ ЦВ “RRW” Co.– 2011. – pp. 198.
6. Sipyagin, E.S. Auto-mode 265A-4 increases turnaround time/E.S. Sipyagin//Cars and Wagon Depot. – 2009. – Issue 2. – pp. 32-34.
7. Sinitsyn, V.V. Peculiarities Account of freight cars with increased lightweight rate at brake system designing/V.V. Sinitsyn, K.V. Gerasimov//Heavy Engineering. – 2013. – Issue 9. – pp. 26-27.
8. Maintenance Regulations for Brake Equipment and Brake Control of Rolling Stock: Approved by Council of Railway Transport of States-Participants of the Commonwealth: Protocol of May 6-7, 2014. № 60. – 2014. – pp. 181.

Статья поступила в редколлегию 15.01.2016.

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

Сведения об авторах:

Синицын Владимир Владимирович, к. т. н., ведущий инженер-конструктор АО «УК «БМЗ», тел.: 8(905) 188-35-31, e-mail: universal-masch@yandex.ru.

Sinitsyn Vladimir Vladimirovich, Can.Eng., Leading Design Engineer, BMP” Co, Phone: 8(905) 188-35-31, e-mail: universalmasch@yandex.ru.

Кобищанов Владимир Владимирович, д. т. н., профессор кафедры «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Kobishchanov Vladimir Vladimirovich, D.Eng., Prof of the Dep. “Rolling Stock” Bryansk State Technical University, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.