

УДК 629.4.077-592

Е. Э. ГАЛАЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ МЕТОДА ОЦЕНКИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА ТОРМОЗАМИ НА ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Различие в методах расчета отечественных и западноевропейских тормозов отчасти объясняется различием в конструкции тормозных систем грузовых вагонов и межвагонных соединений, влияющих на вес поездов. В отечественных тормозах установлено наименьшее тормозное нажатие на 100 т массы грузового поезда в пересчете на чугунные колодки, которым должен обладать поезд для нормального следования при соответствующей скорости [1]. Обеспеченность поезда тормозами на железных дорогах Западной Европы оценивается по суммарной тормозной массе вагонов.

На западноевропейских железных дорогах, в частности на РКР (Polske Koleje Państwowe), обслуживание тормозов производится согласно «Инструкции по обслуживанию и содержанию в эксплуатации тормозов подвижного состава (2016 г.) [2].

Как и на отечественных железных дорогах, в Западной Европе долгое время преимущественно применялись чугунные тормозные колодки, коэффициент трения которых резко уменьшается с увеличением скорости. Поэтому силы нажатия для грузовых поездов, скорости которых не превышают 100 км/ч, определены для скорости 50 км/ч.

Для оценки эффективности тормозов применяют условное понятие, не имеющее физического или технического эквивалента, – тормозная масса (мощность). В методике по расчету тормозов по методу UIC (МСЖД) [3] приводятся понятия:

– тормозная масса – количественно выраженное среднее значение способности затормозить поезд или отдельную единицу подвижного состава, представляется целым числом, т;

– тормозная мощность – способность к остановке поезда или вагона в пределах тормозного пути при заданной скорости начала торможения. Тормозная мощность может быть выражена в процентах отношением тормозной массы B_{ϕ} , деленной на массу брутто единицы подвижного состава или поезда, умноженным на 100, или расчетом параметров торможения (тормозной путь, время торможения, замедление поезда);

В Западной Европе приняты следующие обозначения тормозов (включения тормоза): грузовой – G, пассажирский – P, скорый – R (тормозная масса 121–149 %), с повышенной мощностью торможения – $\diamond R$ (тормозная масса 150–170 %), магнито-рельсовый – Mg, с авторежимом – A. Хотя многие грузовые вагоны имеют автотормоза, включаемые в режим торможения G, время заполнения тормозного цилиндра соответствует требованиям, предъявляемым к режимам торможения P или G.

С 1 января 2004 г. все единицы подвижного состава, эксплуатируемые в международном сообщении, должны иметь маркировку в соответствии с 4-м изданием Брошюры МСЖД 544-1. Значения тормозной массы принимаются в тоннах. Эти параметры показывают ее значение для грузового вагона 500-метрового поезда в положении торможения P (G).

На дорогах Западной и Центральной Европы с шириной колеи 1435 мм грузовые вагоны, как и пассажир-

ские, имеют двухстороннее нажатие тормозных колодок на колесо.

Обеспеченность поезда тормозами принято оценивать по суммарной тормозной массе вагонов, придерживаясь условия

$$\sum B_{\phi} \geq \sum B, \quad (1)$$

где $\sum B_{\phi}$ – действительная (фактическая) тормозная масса вагонов поезда, т; $\sum B$ – потребная тормозная масса по условиям движения, т.

В эксплуатации и расчетах тормозную массу обычно выражают в процентном отношении к массе единицы подвижного состава или поезда. Требуемый процент тормозной массы каждого поезда приводится в служебном расписании движения поездов в соответствии с допустимой скоростью на участке следования. Он должен быть меньше или равен теоретическому, равному сумме расчетных значений.

Процент тормозной массы вагона (поезда) определяется из соотношения

$$\lambda = \frac{\sum B_{\phi} \cdot 100}{\sum Q}, \quad (2)$$

где Q – масса брутто одного вагона, т; $\sum Q$ – масса брутто поезда, т.

Действительная фактическая (тормозная) масса грузового вагона определяется для скорости до 120 км/ч при осевой нагрузке до 22,5 т. Расчетный диаметр колес вагона должен быть от 920 до 1000 мм. Применяются тормозные колодки из чугуна марки P10, тип колодок B_g (одинарные) при силе нажатия от 5 до 40 кН и двойные колодки B_{gu} при суммарной силе нажатия от 5 до 55 кН.

Допускаемая сила нажатия тормозных колодок может оцениваться и в зависимости от сцепления колес с рельсами или по прочности тормозных колодок. Она определяется в зависимости от фактической загрузки вагона, типа тормозов и наличия авторежима. Двухстороннее нажатие колодок на колесо грузовых вагонов позволяет значительно увеличить тормозную мощность поезда.

На грузовых и пассажирских вагонах применяются воздухораспределители Oerlikon (Est), Клопг (KEs), DAKO (Dk) различных серий. Подготовка тормозов в грузовом поезде предусматривает установку воздухо-

распределителя в положение «Порожний» или «Грузовой» в соответствии с загрузкой вагона. Также воздушные распределители могут быть переключены и в положение торможения «Грузовой», «Пассажирский», «Скорый», «С повышенной мощностью торможения». Положения рычагов и кранов, при которых обеспечивается требуемый способ действия тормоза, зависящий от вида поезда, скорости следования и требуемого процента тормозной массы, обозначаются в таблицах соответствующими буквами или сокращениями, размещенными на раме или кузове вагона.

Параметры действительной тормозной массы отдельного грузового вагона отображают ее значение в позиции торможения Р или G. Значение тормозной массы поезда равно сумме значений тормозной массы всех вагонов. С учетом динамической силы тормоза F_{dyn} при движении вагона, кН, тормозная масса, т,

$$B_{\phi} = \frac{k \sum F_{dyn}}{g}, \quad (3)$$

где k – расчетный коэффициент тормозной массы; $\sum F_{dyn}$ – сумма сил нажатия всех тормозных колодок во время торможения (динамическая сила тормоза), кН; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Расчет $\sum F_{dyn}$ грузового поезда выполняют по следующей формуле:

$$\sum F_{dyn} = (F_i i_G - i^* F_R) \eta_{dyn}, \quad (4)$$

где F_i – усилие по штоку тормозного цилиндра с учетом действия авторегулятора рычажной передачи, кН; i_G – передаточное число тормозной рычажной передачи, определяется по ее схеме; i^* – число триангелей (траверс), в четырехосном вагоне при одноцилиндровой системе $i^* = 8$; F_R – сила противодействия пружины авторегулятора, при двухстороннем нажатии колодок $F_R = 2 \text{ кН}$, при одностороннем нажатии для отечественного авторегулятора 574Б $F_R = 1,6 \text{ кН}$; η_{dyn} – среднее значение КПД рычажной передачи при движении вагона, зависит от типа передачи; максимально η_{dyn} – не более 0,91, для стандартной передачи с одним тормозным цилиндром при двухстороннем нажатии колодок $\eta_{dyn} = 0,83$.

Применяемые для расчета тормозной массы B_{ϕ} грузового вагона значения коэффициента k для тормозных колодок Bg одинарных и Bgu двойных определяются по формуле

$$k = a_0 + a_1 F_{dyn} + a_2 F_{dyn}^2 + a_3 F_{dyn}^3; \quad (5)$$

Коэффициент	a_0	a_1	a_2	a_3
k_{Bg}	2,145	$-5,38 \cdot 10^{-2}$	$-7,8 \cdot 10^{-4}$	$-5,36 \cdot 10^{-6}$
k_{Bgu}	2,137	$-5,14 \cdot 10^{-2}$	$-8,32 \cdot 10^{-4}$	$-5,04 \cdot 10^{-6}$

Таблицы заданных числовых значений коэффициента k и графики $k(F_{dyn})$ (рисунок 1) для отдельных единиц подвижного состава разработаны УИС.

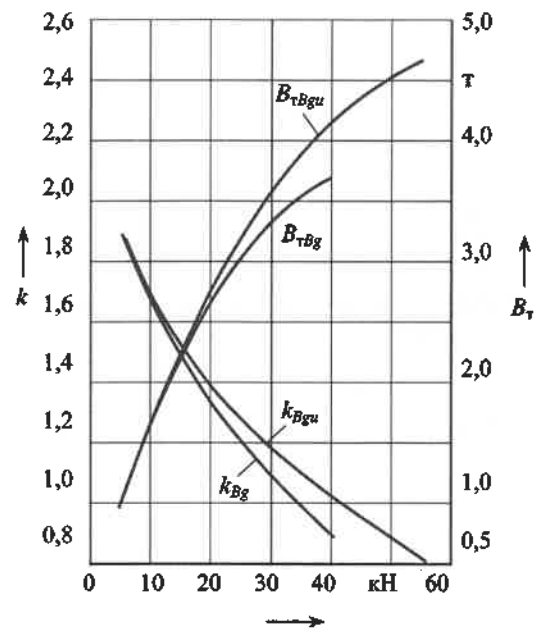


Рисунок 1 – Тормозная масса B , и расчетный коэффициент k в зависимости от динамической силы нажатия тормозных колодок F_{dyn} :

Bg – одинарные тормозные колодки;
 Bgu – двойные тормозные колодки

Для расчета тормозного пути поездов в положениях тормоза Р, R, $\langle R \rangle$, (R+Mg) применяется формула

$$s = \frac{C}{\lambda + D}, \quad (6)$$

где s – длина тормозного пути при экстренном торможении, м; λ – процент тормозной массы для данного вагона или поезда, %; C, D – постоянные, зависящие от скорости начала торможения поездов.

Тормозной путь отдельного вагона в этих же условиях рассчитывается при значениях постоянных C_1 и D_1 , указанных в таблице:

v , км/ч	C	C_1	D	D_1
100	61300	52840	8,9	10
120	91633	83634	11,6	19
140	130995	119179	11,6	19
160	176714	161280	11,6	19
180	228219	–	11,6	–
200	287620	–	11,6	–

При определении длины тормозного пути грузового 500-метрового поезда, оснащенного чугунными тормозными колодками Р10, в положении торможения G для уклонов 20 ‰ и меньше и скорости от 30 до 120 км/ч можно пользоваться диаграммами [3] (рисунок 2) или провести расчеты тормозной массы и длины тормозного пути единицы подвижного состава.

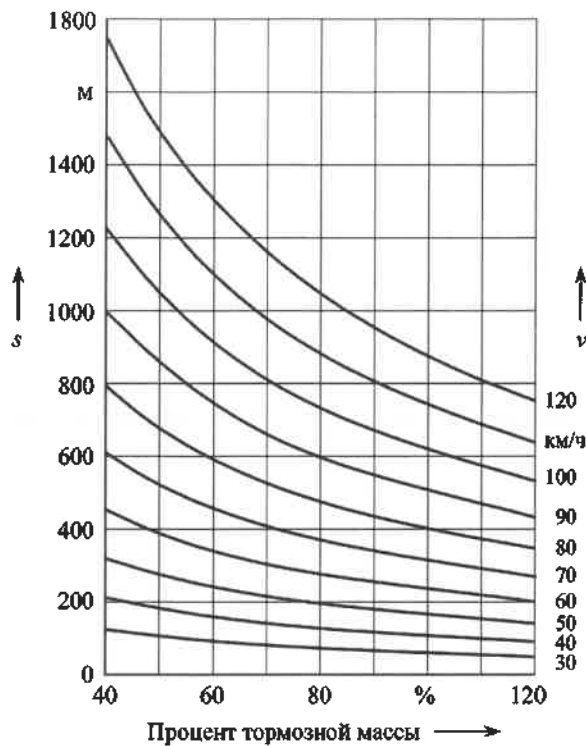


Рисунок 2 – График тормозных путей грузового поезда, оснащенного тормозными колодками Р10 в положении торможения G при уклоне 0 ‰

Тормозной путь грузового поезда, м, следующего с тормозами, включенными на режим G, при скорости до 90 км/ч может быть определен по формуле Саутгоффа [4]

$$s = \frac{3,85v^2}{5,1\psi\sqrt{\lambda_r} - 5 \pm i_r},$$

где v – скорость в начале торможения, км/ч; ψ – эмпирический коэффициент, зависящий от скорости; λ_r – расчетный коэффициент в соответствии с процентом тормозной массы поезда, i_r – расчетный уклон пути, ‰:

v , км/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ψ	0,41	0,61	0,75	0,85	0,92	0,97	1,00	1,00	1,00

Получено 22.09.2020

E. E. Halai. Analysis of the method for evaluating the security of a freight train with brakes on western european railways.

The difference in the calculation methods of domestic and Western European brakes is partly due to the difference in the design of the braking systems of freight cars and inter-car connections, which affect the weight of trains. In domestic brakes, the smallest braking pressure is set per 100 tons of the mass of a freight train in terms of cast iron shoes, which a train must have for normal travel at an appropriate speed [1]. The provision of a train with brakes on the railways of Western Europe is estimated by the total braking mass of the cars.

$$\lambda_r = C_\alpha \lambda,$$

где C_α – коэффициент, зависящий от длины поезда (числа осей):

Число осей	до 40	40–79	80–100	101–120	121–130
C_α	1,12	1,06	1,00	0,95	0,90

$$i_r = C_2 i,$$

где C_2 – коэффициент коррекции для уклона пути:

v , км/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90
C_2	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,75

Значения тормозной массы B_ϕ , нанесенные краской на элементы кузова вагонов, применяются при техническом обслуживании поезда. По служебному расписанию определяют необходимый процент тормозной массы, рассчитывают требуемую и фактическую тормозные массы поезда. Фактическая тормозная масса должна быть равна или больше требуемой.

Таким образом, анализ западноевропейского метода оценки обеспеченности поезда показал, что расчеты потребной тормозной массы, оцениваемой по способности поезда остановиться в пределах нормативного тормозного пути, учитывая разнообразие единиц подвижного состава, их массу и максимальную скорость, с которой могут двигаться поезда различного веса, являются достаточно сложными, поэтому выполняются при проектировании и постройке вагона.

Список литературы

- 1 Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава : утв. Советом по ж.-д. транспорту государств – участников Содружества (протокол от 6–7 мая 2014 г. № 60). – 180 с.
- 2 CW-1. Instrukcja obsługi i utrzymania w eksploatacji hamulców taboru kolejowego. – Warszawa, 2016.
- 3 Расчет тормозов по методу UIC (МСЖД). – Париж, 2004.
- 4 Handbuch Bremstechnische Begriffe und Werte. Knorr-Bremse AG. – München, 1990.