

Выбор воздухораспределителя тормозной системы грузового вагона по совокупности критериев

Д. А. КАЗАРИНОВА, Г. В. ГОГРИЧИАНИ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. На примере выбора воздухораспределителя из шести предложенных вариантов продемонстрированы возможности регулярного метода, позволяющего объективно определять наиболее подходящий вариант. Метод основан на анализе множества критериев, характеризующих сравниваемые воздухораспределители в техническом и экономическом отношении, что позволяет провести объективный выбор воздухораспределителя.

Исходными данными при назначении критериев по объективному выбору воздухораспределителя являются действующие нормативные документы, результаты испытаний и другие опубликованные материалы.

Ключевые слова: воздухораспределитель; перспективный объект; объективный выбор; критерий

Введение. Грузовой подвижной состав отечественных железных дорог оборудован автоматически действующими воздухораспределителями (ВР). ВР является сложным тормозным прибором, непосредственно участвующим в процессе торможения и, следовательно, влияющим на безопасность движения. В связи с этим к работе ВР предъявляются жесткие требования, устанавливаемые соответствующими нормативными документами [1, 2].

Задачей настоящего исследования является обеспечение объективного выбора одного из шести рассматриваемых ВР по назначенной совокупности критериев (в том числе и противоречивых), достаточно всесторонне характеризующих работу этих устройств. Для решения задачи применяется метод, подробно описанный в [3–7].

С целью определения совокупности критериев для объективного выбора наиболее перспективного воздухораспределителя проанализированы ГОСТ 33724.1–2016 «Оборудование тормозное пневматическое железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля» [2], нормы безопасности «Оборудование пневматическое тормозное для подвижного состава железных дорог. Требования по сертификации» [1]. В результате анализа выделены 13 количественных критериев сравнения:

1. Время зарядки запасного резервуара (от 0 до 0,52 МПа) на груженом режиме, с;

■ E-mail: kazarinova.darya@vniizht.ru (Д. А. Казаринова)

2. Конечное давление в тормозном резервуаре после ступени торможения на груженом режиме, МПа;

3. Отсутствие самопроизвольного изменения давления в тормозном и запасном резервуарах после ступени торможения, с;

4. Время наполнения тормозного резервуара при полном служебном торможении до 0,35 МПа (режим — груженный), с;

5. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (режим — груженный) повышением давления в магистральном резервуаре до зарядного давления, с;

6. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (на груженом режиме) повышением давления в тормозной магистрали до $0,45 + 0,01$ МПа, с;

7. Давление сжатого воздуха в тормозном резервуаре при снижении давления с повышенного зарядного в магистральном резервуаре темпом мягкости, МПа;

8. Давление в запасном резервуаре при понижении давления в магистральном резервуаре с повышенного зарядного темпом мягкости, МПа;

9. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме груженный (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа;

10. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на среднем режиме (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа;

11. Стоимость прибора, тыс. руб.;

12. Средняя стоимость технического обслуживания, тыс. руб.;

13. Масса, кг.

Искомое решение по выбору лучшего ВР среди рассматриваемых определяется из суммы их мест по выбранным критериям с учетом условных весов этих критериев. При этом вес конкретного критерия учитывает его значимость среди других критериев, в том числе иной размерности, и каждый ВР по каждому критерию, имеющему среди других свой определенный вес, занимает определенное место. Значение места ВР,

Таблица 1

Вес и значения выбранных критериев для ВР «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е»

Table 1

Weights and the values of selected criteria for BCV “А”, “Б”, “В”, “Г”, “Д”, “Е”

Наименование критерия	Вес критерия	Нормативное значение критерия и принцип распределения мест	Фактическое значение критерия					
			«А»	«Б»	«В»	«Г»	«Д»	«Е»
1. Время зарядки запасного резервуара (от 0 до 0,52 МПа) на груженом режиме, с	6	14–18 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	15	17	15	16	16	15
2. Конечное давление в тормозном резервуаре после ступени торможения на груженом режиме, МПа	8	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07
3. Отсутствие самопроизвольного изменения давления в тормозном и запасном резервуарах после ступени торможения, с	2	120	Более 600					
4. Время наполнения тормозного резервуара при полном служебном торможении до 0,35 МПа (режим — груженный), с	5	8–15 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	8	14	10	10	11	14
5. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (режим — груженный) повышением давления в магистральном резервуаре до зарядного давления, с	10	60	20	35	55	40	37	26
6. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (на груженом режиме) повышением давления в тормозной магистрали до 0,45+0,01 МПа, с	5	70	38	42	65	59	56	40
7. Давление сжатого воздуха в тормозном резервуаре при снижении давления в магистральном резервуаре темпом мягкости с повышенного зарядного давления, МПа, не более	2	0,005	0	0	0	0	0	0
8. Давление в запасном резервуаре при понижении давления в магистральном резервуаре с повышенного зарядного темпом мягкости, МПа	4	0,58	0,6	0,64	0,66	0,65	0,63	0,6
9. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме груженный (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,4–0,45 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	0,41	0,45	0,42	0,41	0,44	0,43
10. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме средний (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,3–0,34 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	0,33	0,32	0,31	0,3	0,34	0,31
11. Стоимость прибора, тыс. руб.	9	—	54	60	35	46	40	55
12. Средняя стоимость технического обслуживания, тыс. руб.	6	—	2,5	10,0	5,0	8,5	2,5	2,5
13. Масса, кг	3	—	70	60	65	50	70	70

занимаемого по каждому критерию, необходимо умножить на собственный вес этого критерия, после чего вычисляется сумма таких произведений для каждого из сравниваемых устройств.

Условимся, что чем больше будет эта сумма мест (с учетом весов критериев) для конкретного ВР, тем более качественным (более предпочтительным) он будет считаться по совокупности критериев.

В табл. 1 приведены веса и цифровые значения критериев для шести рассматриваемых ВР — «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е», а также указан принцип распределения мест для тех критериев, где он неочевиден. Речь идет о критериях под порядковыми номерами 1, 4, 9 и 10, нормативные значения которых находятся в заданном диапазоне, т. е. ограничены с двух сторон в отличие от остальных критериев, где верхняя (или нижняя) нормативная граница отсутствует.

Весы критериев для рассматриваемой задачи назначены методом экспертных оценок [8, 9, 10] и приняты

от 1 до 10 в зависимости от степени значимости критерия среди других, причем чем более значим конкретный критерий, тем больше его вес.

Преобразуем табл. 1, исходя из следующих принципов.

Значения весов критериев в соответствии с поставленной задачей увеличиваются по мере возрастания уровня их важности (наиболее значимому критерию соответствует вес, равный 10, наименее важному критерию — 2). Занимаемые места, согласно принятой негласно повседневной практике, распределяются исходя из обратного принципа: наилучшему прибору соответствует минимальное по цифре первое место, наихудшему — максимальное по цифре место. Как было оговорено выше, искомое по каждому критерию решение для конкретного ВР определяется произведением веса критерия и места прибора, причем чем больше значение этого произведения, тем значимее его вклад в общий для каждого прибора результат,

определяемый суммой таких произведений. Таким образом, имеет место следующее несоответствие: значение веса критерия по мере его значимости возрастает, а значение места, наоборот, убывает. Данное обстоятельство приводит к тому, что попытки количественной оценки произведений двух таких множителей и дальнейшего сравнения их при решении задачи в принципе невозможны, так как противоречат элементарной логике. Для исключения этого несоответствия при распределении мест в дальнейшем будем придавать максимальное по цифре место ВР, показавшему наилучший результат.

В рассматриваемом примере по критериям 3 и 7 все ВР принимают одинаковые значения, т. е. занимают одинаковые места. Таким образом, оба эти критерия практически не влияют на конечный результат сравнения и их можно исключить из анализа: для удобства будем считать, что все шесть ВР заняли по критериям 3 и 7 место, равное единице.

Для распределения мест среди ВР по остальным критериям определим для каждого критерия ВР,

показывающие наихудший и наилучший результаты. Следует отметить, что по ряду критериев встречаются ВР, принимающие одинаковые значения и, следовательно, занимающие одинаковые места (например, для критериев 1, 2, 4). Наихудшему ВР (в случае, когда значения критериев у нескольких ВР совпадают) будет придано первое место (равное единице).

Наилучшему ВР присваивается последнее (наибольшее по цифре) место (максимально в нашем случае — шестое, для критериев 5, 6 и 12, по которым все шесть воздухораспределителей принимают различные значения). Значения промежуточных мест не будем конкретизировать и отметим пока знаками вопроса.

Результаты занесем в табл. 2.

Для расчета уточненных значений промежуточных мест ВР среди других по каждому критерию используется каноническое уравнение прямой линии, проходящей через две точки (в нашем случае — крайние) с координатами:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}, \quad (1)$$

Таблица 2

Максимальные и минимальные места ВР по выбранным критериям

Table 2

The maximum and minimum BCV locations on selected criteria

Наименование критерия	Вес критерия	Нормативное значение критерия (принцип распределения мест)	Место ВР по критерию					
			«А»	«Б»	«В»	«Г»	«Д»	«Е»
1. Время зарядки запасного резервуара (от 0 до 0,52 МПа) на груженом режиме, с	6	14 – 18 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	3	1	3	?	?	3
2. Конечное давление в тормозном резервуаре после ступени торможения на груженом режиме, МПа	8	0,06	3	3	?	1	3	?
3. Отсутствие самопроизвольного изменения давления в тормозном и запасном резервуарах после ступени торможения, с	2	120	1	1	1	1	1	1
4. Время наполнения тормозного резервуара при полном служебном торможении до 0,35 МПа (режим — груженный), с	5	8 – 15 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	4	1	?	?	?	1
5. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (режим — груженный) повышением давления в магистральном резервуаре до зарядного давления, с	10	60	6	?	1	?	?	?
6. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (на груженом режиме) повышением давления в тормозной магистрали до 0,45+0,01 МПа, с	5	70	6	?	1	?	?	?
7. Давление сжатого воздуха в тормозном резервуаре при снижении давления в магистральном резервуаре темпом мягкости с повышенного зарядного давления, МПа, не более	2	0,005	1	1	1	1	1	1
8. Давление в запасном резервуаре при понижении давления в магистральном резервуаре с повышенного зарядного темпом мягкости, МПа	4	0,58	1	?	5	?	?	?
9. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на груженом режиме (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,4 – 0,45 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	?	1	3	?	?	3
10. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на среднем режиме (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,3 – 0,34 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	?	3	?	1	1	?
11. Стоимость прибора, тыс. руб.	9	—	?	1	6	?	?	?
12. Средняя стоимость технического обслуживания, тыс. руб.	6	—	4	1	?	?	4	4
13. Масса, кг	3	—	1	?	?	4	1	1

где (x_1, y_1) и (x_2, y_2) — координаты этих двух точек в прямоугольной системе.

В данном случае x_1 — это крайнее (наилучшее) значение, принимаемое конкретным ВР по конкретному критерию (см. табл. 1), y_1 — место (см. табл. 2), занимаемое им по этому критерию, в то время как x_2 — крайнее (наихудшее) значение, принимаемое другим ВР по этому же критерию, y_2 — соответственно место, занимаемое им по этому критерию.

Для определения точных мест критериев параметры, принимаемые двумя ВР по каждому конкретному критерию, подставлены в уравнение (1). Получена зависимость, в которую поочередно подставлены промежуточные значения, принимаемые всеми остальными ВР по этому критерию, и, таким образом, определены их точные места. Так, для пятого критерия с известными значениями, принимаемыми по нему ВР «А» ($x_1 = 20, y_1 = 6$) и «В» ($x_2 = 55, y_2 = 1$), уравнение (1) примет вид

$$\frac{y-6}{1-6} = \frac{x-20}{55-20} \quad (2)$$

Из уравнения (2) получено

$$y = \frac{62-x}{7} \quad (3)$$

Теперь для определения уточненных мест в полученное уравнение подставлены промежуточные значения, принимаемые по этому критерию остальными ВР.

Для всех других критериев выполнены аналогичные расчеты, по которым уточнены промежуточные места ВР. Результаты записаны в табл. 3.

Путем сложения мест по каждому критерию (с учетом весов критериев) для каждого ВР определен результат, который и используется для окончательного решения поставленной задачи.

Как следует из анализа табл. 4, большее значение суммы мест ВР по критериям с учетом их весов соответствует воздухораспределителю «А», в связи с чем он признан наиболее предпочтительным по рассматриваемому комплексу критериев.

Заключение. В работе на примере выбора перспективного воздухораспределителя из нескольких рассматриваемых вариантов продемонстрирован регулярный метод, основанный на сравнении в конкретном случае 13 критериев, характеризующих свойства различных

Таблица 3

Уточненные места ВР «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е» по выбранным критериям

Table 3

Corrected BCV “А”, “Б”, “В”, “Г”, “Д”, “Е” locations on selected criteria

Наименование критерия	Вес критерия	Нормативное значение критерия (принцип распределения мест)	Место ВР по критерию					
			«А»	«Б»	«В»	«Г»	«Д»	«Е»
1. Время зарядки запасного резервуара (от 0 до 0,52 МПа) на груженом режиме, с	6	14–18 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	3	1	3	2	2	3
2. Конечное давление в тормозном резервуаре после ступени торможения на груженом режиме, МПа	8	0,06	3	3	2	1	3	2
3. Отсутствие самопроизвольного изменения давления в тормозном и запасном резервуарах после ступени торможения, с	2	120	0	0	0	0	0	0
4. Время наполнения тормозного резервуара при полном служебном торможении до 0,35 МПа (режим — груженный), с	5	8–15 (чем ближе к минимальному значению, тем лучше)	4	1	3	3	2,5	1
5. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (режим — груженный) повышением давления в магистральном резервуаре до зарядного давления, с	10	60	6	3,86	1	3,14	3,57	5,14
6. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (на груженом режиме) повышением давления в тормозной магистрали до 0,45+0,01 МПа, с	5	70	6	5,25	1	2,11	2,66	5,62
7. Давление сжатого воздуха в тормозном резервуаре при снижении давления в магистральном резервуаре темпом мягкости с повышенного зарядного давления, МПа, не более	2	0,005	0	0	0	0	0	0
8. Давление в запасном резервуаре при понижении давления в магистральном резервуаре с повышенного зарядного темпом мягкости, МПа	4	0,58	1	3,66	5	4,33	3	1
9. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме груженный (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,4–0,45 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	2	3	1	2	2	1
10. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме средний (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	0,3–0,34 (чем ближе к среднему значению, тем лучше)	2	1	2	3	3	2
11. Стоимость прибора, тыс. руб.	9	—	4,8	6	1	3,2	2	5
12. Средняя стоимость технического обслуживания, тыс. руб.	6	—	1	4	2	3,4	1	1
13. Масса, кг	3	—	4	2,5	3,25	1	4	4

Таблица 4

Уточненные места ВР «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е» по выбранным критериям с учетом весов критериев

Table 4

Corrected BCV “A”, “B”, “V”, “G”, “D”, “E” locations on selected criteria considering criteria weights

Наименование критерия	Вес критерия	Место ВР по критерию с учетом веса					
		«А»	«Б»	«В»	«Г»	«Д»	«Е»
1. Время зарядки запасного резервуара (от 0 до 0,52 МПа) на груженом режиме, с	6	3×6	1×6	3×6	2×6	2×6	3×6
2. Конечное давление в тормозном резервуаре после ступени торможения на груженом режиме, МПа	8	3×8	3×8	2×8	1×8	3×8	2×8
3. Отсутствие самопроизвольного изменения давления в тормозном и запасном резервуарах после ступени торможения, с	2	1×2	1×2	1×2	1×2	1×2	1×2
4. Время наполнения тормозного резервуара при полном служебном торможении до 0,35 МПа (режим — груженный), с	5	4×5	1×5	2,5×5	2,5×5	2×5	1×5
5. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (режим — груженный) повышением давления в магистральном резервуаре до зарядного давления, с	10	6×10	3,43×10	1×10	1,86×10	3,14×10	3,86×10
6. Время выпуска воздуха из тормозного резервуара при отпуске после полного служебного торможения (на груженом режиме) повышением давления в тормозной магистрали до 0,45+0,01 МПа, с	5	6×5	4,33×5	1×5	1,37×5	1,74×5	4,89×5
7. Давление сжатого воздуха в тормозном резервуаре при снижении давления в магистральном резервуаре темпом мягкости с повышенного зарядного давления, МПа, не более	2	1×2	1×2	1×2	1×2	1×2	1×2
8. Давление в запасном резервуаре при понижении давления в магистральном резервуаре с повышенного зарядного темпом мягкости, МПа	4	1×4	2,33×4	5×4	3×4	1,66×4	1×4
9. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на режиме груженный (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	2×7	1×7	3×7	2×7	2×7	3×7
10. Давление в тормозном резервуаре при полном служебном торможении на среднем режиме (для ВР с нормальным предельным давлением в тормозном цилиндре), МПа	7	2×7	3×7	2×7	1×7	1×7	2×7
11. Стоимость прибора, тыс. руб.	9	3,2×9	1×9	6×9	4,8×9	5×9	2×9
12. Средняя стоимость технического обслуживания, тыс. руб.	6	4×6	1×6	3,4×6	2×6	4×6	4×6
13. Масса, кг	3	1×3	3,25×3	2,5×3	4×3	1×3	1×3
Результат/место	—	244/1	157/5	202/2	162/4	190/3	190/3

воздухораспределителей в функциональном и экономическом отношении. Количество критериев, как показано, не влияет на последовательность решения, поэтому число этих критериев не ограничено. Кроме числовых значений, учтены условные веса критериев, отражающие соотношение их важности между собой для рассматриваемой задачи, что позволяет в итоге получить более качественный результат расчета. Метод может с успехом применяться для объективного выбора других сложных приборов тормозной системы (воздухораспределителей пассажирского подвижного состава, противоюзных устройств и т. д.), когда количество рассматриваемых критериев сравнения достаточно велико.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НБ ЖТ ЦТ-ЦЛ-ЦВ 01–98. Оборудование пневматическое тормозное для подвижного состава железных дорог. Требования по сертификации / МПС России. 1998. 50 с.

2. ГОСТ 33724.1–2016. Оборудование тормозное пневматическое железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля. Ч. 1. Воздухораспределители, краны машиниста, блоки тормозные, изделия резиновые уплотнительные.

3. Гогричани Г. В., Казаринова Д. А. Выбор перспективного противоюзного устройства из рассматриваемых по совокупности противоречивых критериев // Вестник ВНИИЖТ. 2014. № 6. С. 26–32.

4. Казаринова Д. А. Классификация критериев и обоснование требований к быстродействию противоюзного устройства // Проблемы железнодорожного транспорта. Задачи и пути их решения: труды ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекст, 2012. С. 166–173.

5. Казаринова Д. А. Разработка метода выбора наилучшей конструкции по совокупности предложенных критериев. Постановка задачи // Проблемы железнодорожного транспорта: труды ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекст, 2011. С. 118–122.

6. Казаринова Д. А. Проблема выбора элемента механической части тормоза железнодорожного вагона (на примере выбора башмака неповоротного) // Железнодорожный транспорт на современном этапе развития: труды ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекст, 2013. С. 173–176.

7. Гогричани Г. В. Объективное определение по результатам сравнений (испытаний) перспективного объекта при неогра-

ниченном множестве рассматриваемых противоречивых критериев// Вестник ВНИИЖТ. 2006. № 6. С. 14–15.

8. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем. Практика применения метода экспертных оценок. М.: Ленанд, 2015. 352 с.

9. Гуцыкова С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика. М.: Институт психологии РАН, 2011. 136 с.

10. Орлов А.И. Сертификация и статистические методы (обобщающая статья) // Заводская лаборатория. 1997. Т. 63. № 3. С. 55–62.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

КАЗАРИНОВА Дарья Александровна,
заместитель начальника отдела, АО «ВНИИЖТ»

ГОГРИЧАНИ Георгий Венедиктович,
д-р техн. наук, руководитель научно-консультационного центра, АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 22.04.2016 г., актуализирована 24.08.2016 г., принята к публикации 11.09.2016 г.

Selection of brake control valves for brake system of freight car by set of criteria

D. A. KAZARINOVA, G. V. GOGRICHIANI

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Freight rolling stock of Russian Railways is equipped with automatically operating brake control valves (BCV). BCV is complicated braking device directly engaged in the braking process and thus affecting the safety operation. In this regard the strict requirements established by the relevant normative documents are imposed to work of BCV. The article by the example of selecting perspective brake control valve from several options under consideration shows regular method based on a comparison in a particular case of 13 criteria that characterize the properties of different distributors from functional and economically feasible point of view. Number of criteria, as shown, does not affect the sequence of solutions, therefore, the number is not limited to these criteria. In addition to numeric values, conventional "weight" of criteria is considered reflecting the importance of its relationship with each other for this problem, allowing obtaining a qualitative result of calculation. The method can be successfully applied for an objective selecting of other complex devices of brake system (brake control valves for passenger rolling stock, antiskid devices, etc.), when the number of considered comparing criteria is large enough.

Initial data when assigning criteria for the objective selection of the diffuser (a complex device having a mandatory fully determined and specific properties and meet the same specific requirements, including controversial) are applicable regulatory documents, publications, test results and other published materials.

Keywords: brake control valve; perspective object; objective selection; criteria

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-6-377-382>

REFERENCES

1. NB ZHT TsT-TsL-TsV 01–98. *Pneumatic brake for railway rolling stock. Certification Requirements*, MPS Rossii Publ., 1998, 50 p. (in Russ.).

2. GOST 33724.1–2016 *Pneumatic brake equipment of railway rolling stock. Safety requirements and testing methods*. Part 1. Brake control valves, drivers valve, brake blocks, rubber sealing products. Moscow, Standartinform Publ., 52 p. (in Russ.).

3. Gogrichiani G.V., Kazarinova D.A.. *Vybor perspektivnogo protivoyuznogo ustroystva iz rassmatrivaemykh po sovokupnosti protivorechivyykh kriteriev* [Selecting a perspective antiskid device from considered jointly conflicting criteria]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway research Institute], 2014, no. 6, pp. 26–32.

4. Kazarinova D.A. *Klassifikatsiya kriteriev i obosnovanie trebovaniy k bystrodeystviyu protivoyuznogo ustroystva* [Classification criteria and justification of requirements for fast response of antiskid device]. Problemy zheleznodorozhnogo transporta. Z-

dachi i puti ikh resheniya. Trudy OAO "VNIIZhT". [Problems of railway transport. Challenges and Solutions. Proc. of JSC "VNIIZhT"]. Moscow, Intext Publ., 2012, pp. 166–173.

5. Kazarinova D.A. *Razrabotka metoda vybora nailuchshyey konstruksii po sovokupnosti predlozhenykh kriteriev* [Development of a method for selecting the best construction in aggregate supply criteria]. Problemy zheleznodorozhnogo transporta. Trudy OAO "VNIIZhT". [Problems of railway transport. Proc. of JSC "VNIIZhT"]. Moscow, Intext Publ., 2011, pp. 118–122.

6. Kazarinova D.A. *Problema vybora elementa mekhanicheskoy chasti tormoza zheleznodorozhnogo vagona (na primere vybora bashmaka nepovorotnogo)* [Problem of selecting an element of the mechanical part of brake of railway car (for example selection of non-rotating shoe)]. Zheleznodorozhnyy transport na sovremennom etape razvitiya. Trudy OAO "VNIIZhT" [Rail transport at the present stage of development. Proc. of JSC "VNIIZhT"]. Moscow, Intext Publ., 2013, pp. 173–176.

7. Gogrichiani G.V. *Ob'ektivnoe opredelenie po rezul'tatam sravneniy (ispytaniy) perspektivnogo ob'ekta pri neogranichenom mnozhestve rassmatrivaemykh protivorechivyykh kriteriev* [Objective determination based on the results of comparisons (tests) of a prospect objects with an unlimited set of considered controversial criteria]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2006, no. 6, pp. 14–15.

8. Semenov S.S. *Otsenka kachestva i tekhnicheskogo urovnya slozhnykh sistem. Praktika primeneniya metoda ekspertnykh otsenok* [Evaluation of the quality and technical level of complex systems. The practice of the method of expert evaluations]. Moscow, Lenand Publ., 2015, 352 p.

9. Gutsykova S.V. *Metod ekspertnykh otsenok. Teoriya i praktika* [Method of expert estimations. Theory and practice]. Moscow, Institut psikhologii RAN Publ., 2011, 136 p.

10. Orlov A.I. *Sertifikatsiya i statisticheskie metody (obobshchayushchaya stat'ya)* [Certification and statistical methods (generalizing article)]. Zavodskaya laboratoriya, 1997, Vol. 63, no. 3, pp. 55–62.

ABOUT THE AUTHORS

KAZARINOVA Dar'ya Alexandrovna,
Deputy Head of Department, JSC "VNIIZhT"

GOGRICHIANI Georgiy Venediktovich,
Dr. Sci. (Eng.), Head of Science and consultancy center (NKTs), JSC "VNIIZhT"

Received 22.04.2016

Revised 24.08.2016

Accepted 11.09.2016

E-mail: kazarinova.darya@vniizht.ru (D. A. Kazarinova)