

**Богомолов В.А.,
Клименко В. И.,
Леонтьев Д.Н.,
Тимонин В.А.,
Дон Е.Ю.,
Вербицкий В.И.**
Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет,
г. Харків, Україна
E-mail: dima.a3alij@gmail.com

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ
КОМПОНОВКИ ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА ПРИ
ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТОРМОЖЕНИЯ МНОГООСНОГО ТРАНСПОРТНОГО
СРЕДСТВА**

УДК 629.3.017.5

Богомолов В.А., Клименко В.И., Леонтьев Д.Н., Тимонин В.А., Дон Е.Ю., Вербицкий В.И. «Особенности выбора рациональных схем компоновки тормозного привода при обеспечении высокой эффективности торможения многоосного транспортного средства»

В статье предлагается метод, позволяющий выбрать рациональные схемы подключения двухсекционного или трехсекционного тормозного крана к контурам рабочей тормозной системы многоосного колесного транспортного средства с тормозными механизмами типа «симплекс» или «дуо-дуплекс». Цель заключается в том, чтобы на основе методов программирования реализовать перебор вариантов подключения контуров рабочей тормозной системы к тормозному крану при условии обеспечения наивысшей эффективности действия запасной (аварийной) тормозной системы при выходе какого-либо устройства входящего в состав тормозного привода многоосного колесного транспортного средства (КТС).

Особенностью рассматриваемого метода перебора возможных вариантов подключения является решение задачи определения рациональной схемы подключения тормозного крана к контурам рабочей тормозной системы многоосного колесного транспортного средства. Наличие установленных математических взаимосвязей между количеством точек подключения контуров к тормозным механизмам типа «симплекс» или «дуо-дуплекс» позволяет решить прикладную задачу, связанную с определением рациональных схем при которых возможно наилучшее использование контуров тормозного привода многоосного колесного транспортного средства.

Представлены в графическом виде расчетные схемы подключения контуров к двухсекционному или трехсекционному тормозному крану тормозных механизмов типа «симплекс» или «дуо-дуплекс», которые позволяют представить особенности подключения тормозного крана к камерам указанных тормозных механизмов. В обзорной части выполнен анализ международных требований в отношении действия запасной тормозной системы (системы аварийного торможения).

Разработан программный код перебора вариантов подключения двухсекционного и трехсекционного тормозного крана к камерам тормозного механизма типа «симплекс» или «дуо-дуплекс», который позволяет оценить эффективность использования тормозного привода многоосного колесного транспортного средства с учетом эффективности торможения последнего. Предложено, для определения рациональных вариантов подключения контуров тормозного привода многоосного колесного транспортного средства использовать программный код на языке программирования C#. Предложенная общая концепция реализации перебора для определения рациональной схемы организации запасной тормозной системы (системы аварийного торможения) многоосного КТС.

Ключові слова: *многоосное транспортное средство, пневматический тормозной привод, тормозной механизм, транспортное средство, эффективность торможения, запасная тормозная система, система аварийного торможения.*

Богомолов В.О., Клименко В.І., Леонтьєв Д.М., Тімонін В.О., Дон Є.Ю., Вербицький В.І. «Особливості вибору раціональних схем компонування гальмівного приводу при забезпеченні високої ефективності гальмування багатівісного транспортного засобу»

У статті пропонується метод, що дозволяє вибрати раціональні схеми підключення двосекційного або трисекційного гальмівного крана до контурів робочої гальмової системи багатівісного колісного транспортного засобу з гальмовими механізмами типу «симплекс» або «дуо-дуплекс». Мета полягає у тому, щоб на основі методів програмування реалізувати перебір варіантів підключення контурів робочої гальмової

системи до гальмового крану за умови забезпечення найвищої ефективності дії запасної (аварійної) гальмової системи при виході будь-якого елемента, що входить до складу гальмового приводу багатовісного колісного транспортного засобу.

Особливістю даного методу перебору можливих варіантів підключення є рішення задачі визначення раціональної схеми підключення гальмового крану до контурів робочої гальмової системи багатовісного колісного транспортного засобу. Наявність встановлених математичних взаємозв'язків між кількістю точок підключення контурів до гальмових механізмів типу «симплекс» або «дуо-дуплекс» дозволяє вирішити прикладну задачу, пов'язану з визначенням раціональних схем при яких можливо найкраще використання контурів гальмового приводу багатовісного колісного транспортного засобу.

Представлені в графічному вигляді розрахункові схеми підключення контурів до двосекційного або трисекційного гальмового крану гальмових механізмів типу «симплекс» або «дуо-дуплекс», які дозволяють представити особливості підключення гальмового крану до камер зазначених гальмових механізмів. В оглядовій частині виконано аналіз міжнародних вимог щодо дії запасної гальмової системи (системи аварійного гальмування).

Розроблено програмний код перебору варіантів підключення двосекційного та трисекційного гальмового крану до камер гальмового механізму типу «симплекс» або «дуо-дуплекс», який дозволяє оцінити ефективність використання гальмового приводу багатовісного колісного транспортного засобу з урахуванням ефективності гальмування останнього. Запропоновано, для визначення раціональних варіантів підключення контурів гальмового приводу багатовісного колісного транспортного засобу використовувати програмний код на мові програмування C#. Запропоновано загальну концепцію реалізації перебору для визначення раціональної схеми організації запасної гальмової системи (системи аварійного гальмування) багатовісного колісного транспортного засобу.

Ключові слова: багатовісний транспортний засіб, пневматичний гальмовий привід, гальмовий механізм, транспортний засіб, ефективність гальмування, запасна гальмова система, система аварійного гальмування.

Bogomolov V.A., Klimenko V.I., Leontiev D.M., Timonin V.A., Don E.Y. Verbitskiy V. I. «Features of the choice of rational schemes of arrangement of a brake drive while ensuring high efficiency of braking of a heavy vehicle»

The article proposes a method that allows to choose rational schemes of connection of the brake crane to the contours of the working brake system of a heavy wheeled vehicle. The purpose is to implement, on the basis of programming methods, a search of options for connecting the contours of the working brake system to the brake crane, provided the highest efficiency of the secondary (emergency) brake system is exited at the exit of any element included in the brake actuator of a heavy wheeled vehicle.

The peculiarity of this method of sorting connection options is the solution of the problem of determining a rational scheme of connection of the brake crane to the working brake system of a heavy wheeled vehicle. The presence of established mathematical relationships between the number of points of connection of circuits to the brake mechanisms allows to solve the applied problem associated with the definition of rational schemes in which the best use of the brake drive of a heavy wheeled vehicle is possible.

The diagram shows the circuit diagrams of connecting the contours of the brake crane to the brake mechanisms that allow you to present a general view of the proposed concept. The review part analyzes the international requirements for the operation of the secondary braking system (emergency braking system).

A software code for sorting options for connecting a crane to the brakes of a vehicle mechanism has been developed, which allows to evaluate the efficiency of the use of a brake actuator of a heavy wheeled vehicle, taking into account the effectiveness of braking the latter. It is suggested to use the C # programming code to determine the rational options for connecting a multi-axle wheeled vehicle brake actuator. The general concept of a search is proposed to determine the rational scheme of organization of a secondary braking system (emergency braking system) of a heavy wheeled vehicle.

Keywords: multi-axle vehicle, pneumatic brake actuator, brake mechanism, heavy vehicle, braking efficiency, secondary braking system, emergency braking system.

Актуальность проблемы

Известно, что колесное транспортное средство (КТС) должно в составе тормозного управления обязательно иметь, кроме рабочей и стояночной тормозной системы, также

запасную тормозную систему (систему аварийного торможения). Международными стандартами оговорена минимальная эффективность действия такой системы на уровне обеспечения замедления $2,2 \text{ м/с}^2$ для транспортных средств категорий N_2 и N_3 , а также $2,5 \text{ м/с}^2$ для транспортных средств категорий M_2 и M_3 . Этими стандартами также оговорено, что при наличии в контуре тормозного привода какой-либо неисправности, остаточная эффективность действия рабочей тормозной системы должна быть на уровне обеспечения замедления не ниже: для груженых транспортных средств категории M_2 и M_3 – $1,5 \text{ м/с}^2$; для груженых транспортных средств категории N_2 и N_3 – $1,3 \text{ м/с}^2$; для снаряженных транспортных средств категории M_2 и N_3 – $1,3 \text{ м/с}^2$; для снаряженных транспортных средств категории M_3 – $1,5 \text{ м/с}^2$; для снаряженных транспортных средств категории N_2 – $1,1 \text{ м/с}^2$.

Что в процентном выражении от полной эффективности действия рабочей тормозной системы (системы рабочего торможения) составляет: для груженых транспортных средств категории M_2 и M_3 – 30 %; для груженых транспортных средств категории N_2 и N_3 – 26 %; для снаряженных транспортных средств категории M_2 и N_3 – 26 %; для снаряженных транспортных средств категории M_3 – 30 %; для снаряженных транспортных средств категории N_2 – 22 %.

Рабочая тормозная система (системы рабочего торможения), в исправном состоянии, должна обеспечивать замедление транспортного средства категории N_2 , N_3 , M_2 или M_3 на уровне не ниже 5 м/с^2 , а эффективность действия системы аварийного торможения, в процентном выражении от полной эффективности действия системы рабочего торможения, должна составлять не менее: для транспортных средств категории N_2 и N_3 – 44 %; для транспортных средств категории M_2 и M_3 – 50 %

Таким образом, очевидно, что если обеспечить для транспортных средств категорий N_2 , N_3 , M_2 и M_3 работу их запасной тормозной системы на уровне не ниже 50 % от полной эффективности системы рабочего торможения, то будут удовлетворяться все требования международных стандартов в отношении эффективности торможения колесного транспортного средства, как при использовании запасной тормозной системы, так и при использовании рабочей тормозной системы в случае выхода из строя, каких либо ее аппаратов тормозного привода.

Анализ последних исследований

Практика проектирования тормозного управления транспортных средств категорий N_2 , N_3 , M_2 и M_3 , например, специального назначения или специализированных, показывает, что далеко не всегда имеется возможность выполнить условие обеспечения 50% эффективности действия запасной тормозной системы или рабочей тормозной системы в случае выхода из строя каких-либо ее аппаратов тормозного привода. Как правило, это связано с противоречивостью требований, изложенных в Приложении 4 и 10 международных Правил №13 [1].

Так, например, у автомобиля сельскохозяйственного назначения КАЗ-4540 [2], в соответствии с расчетами, соблюдается следующее соотношение коэффициентов эффективности передней и задней оси:

$$n_1 = 0,6 ; n_2 = 0,4 . \quad (1)$$

Очевидно, что условие обеспечения 50 % эффективности действия запасной тормозной системы у такого транспортного средства не выполняется для задней оси.

Как показывает анализ исследований [3], проведенных на кафедре автомобилей им. А. Б. Гредескула Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, в случае (1) для выполнения требования 50% эффективности действия запасной тормозной системы необходимо обеспечивать эффективность рабочей тормозной системы на уровне не ниже $6,25 \text{ м/с}^2$ за счет использования конструктивных решений, связанных зачастую с усложнением и удорожанием тормозных систем.

Так, например, можно повысить эффективность системы рабочего торможения за счет использования вместо схемы тормозного механизма «симплекс» схему тормозного механизма «дуо-дуплекс» (рис. 1) [3, 4], как это сделано в конструкции рабочей тормозной системы автобуса ЛиАЗ-5256 [5], изображенной на рис. 1 а.

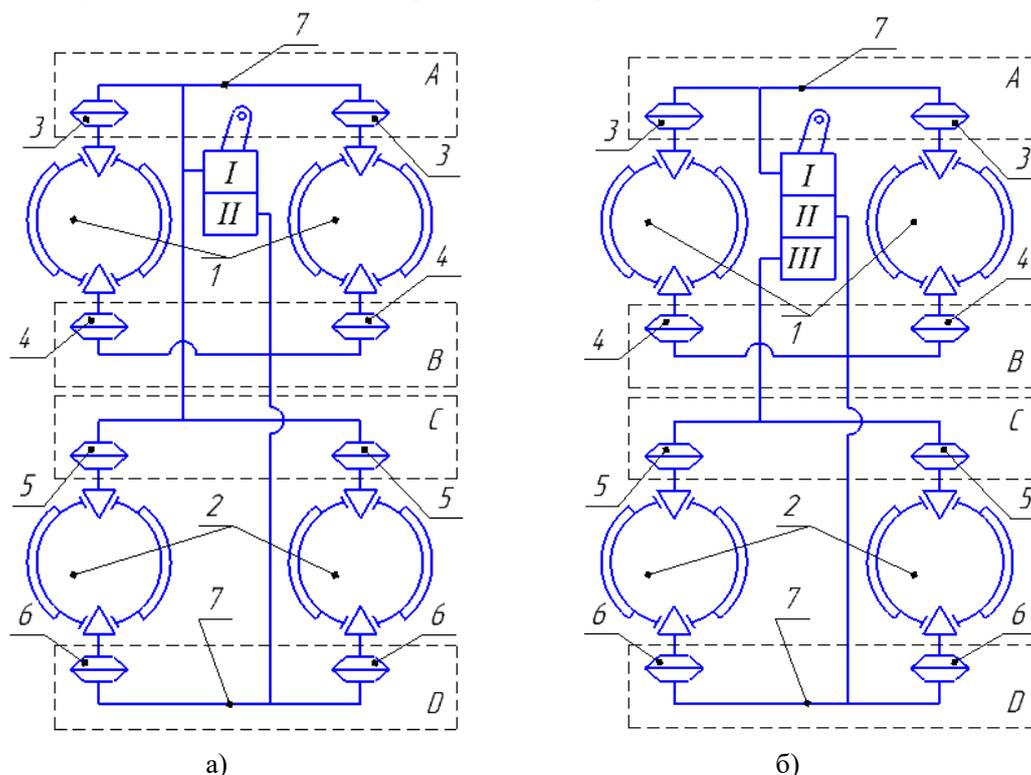


Рис.1 Схемы рабочей тормозной системы с пневматическим приводом двухосного колесного транспортного средства с тормозными механизмами типа «дуо-дуплекс»; а) двухконтурная; б) трехконтурная; 1 и 2 – соответственно передние и задние тормозные механизмы типа «дуо-дуплекс»; 3, 4, 5 и 6 – соответственно тормозные камеры передней и задней оси транспортного средства; 7 – трубопроводы; I – первая секция тормозного крана; II – вторая секция тормозного крана; III – третья секция тормозного крана; A, B, C и D – порядковые места подсоединения соответствующей секции тормозного крана к соответствующим тормозным камерам 3, 4, 5 и 6 переднего и заднего моста.

Как видно из рис. 1 а, при отключении одного из двух контуров такой рабочей тормозной системы, тормозные механизмы колесного транспортного средства начинают работать по схеме «симплекс» вместо схемы «дуо-дуплекс» и тем самым обеспечивается эффективность торможения колесного транспортного средства на уровне не ниже 68 % от полной эффективности действия системы рабочего торможения. При этом условие 50% эффективности действия запасной тормозной системы выполняется с запасом, поскольку коэффициенты эффективности равны друг другу $n_1 = n_2 \cong 0,68$.

Еще одним способом повышения эффективности действия системы рабочего торможения [6-9], является увеличение количества контуров тормозного привода, например, с двух (рис. 1 а) до трех (рис. 1 б).

Очевидно, что реализация трехконтурной рабочей тормозной системы целесообразна на транспортных средствах, которые имеют не менее трех мостов или не менее трех мест подсоединения соответствующих контуров к соответствующим тормозным камерам.

Формулирование цели исследования

Исходя из выше изложенного в работе ставится цель – определить взаимосвязи между эффективностью действия системы аварийного торможения колесных транспортных средств категорий N_2 , N_3 , M_2 и M_3 и особенностями конструкции их тормозного управления, такими, как: количество контуров (два или три) из которых состоит рабочая тормозная система; количество осей у колесного транспортного средства; типы тормозных механизмов: «симплекс» или «дуо-дуплекс».

Анализ изменения эффективности системы аварийного торможения

Для определения количества наиболее рациональных вариантов компоновок контуров системы аварийного торможения можно воспользоваться так называемой в комбинаторике формулой включений-исключений.

В общем случае при использовании двухсекционного или трехсекционного тормозного крана выражение для определения количества возможных комбинаций подсоединения контуров к тормозным механизмам можно представить в виде:

$$N = k^m - k \cdot (k-1)^m + k \cdot (k-2)^m ; \quad (2)$$

где k – количество контуров рабочей тормозной системы (на рис. 1 обозначены арабскими цифрами); m – количество возможных точек подключения контуров (на рис. 1 обозначены латинскими буквами).

Используя методы программирования несложно реализовать следующий алгоритм определения возможных комбинаций:

1. Необходимо задаться схемой тормозного привода колесного транспортного средства (трехконтурная или двухконтурная);
2. Выбрать тип тормозного механизма (симплекс или дуо-дуплекс);
3. Используя рекурсивный метод построения комбинаций Generating Combinations подключения контуров тормозного привода к тормозным механизмам, построить полный массив возможных комбинаций такого присоединения;

Построение полного списка комбинаций можно произвести в последовательности вида: проверяется наличие свободной позиции в очередной комбинации (при наличии свободной позиции записывается номер контура тормозного привода), определяется очередная позиция и вызывается метод GeneratingCombinations.

Если все позиции в комбинации заполнены, то эта комбинация записывается в массив данных. В связи с тем, что подключение должно осуществляться к различным контурам тормозного привода рабочей тормозной системы колесного транспортного средства, из полного массива исключаются комбинации соединения контуров тормозного привода с тормозными механизмами, в которых нет подключения ко всем контурам, а также повторяющиеся комбинации.

Данный алгоритм построения возможных комбинаций реализован с помощью языка программирования С# (фрагмент кода представлен в листинге 1).

Листинг 1. Построение массива комбинаций соединения контуров тормозного привода с тормозными камерами тормозного механизма

```

int i, j, k, cod1 = 49;
long N_var = 0; // номер варианта
int N_section = 0; // количество секций
string S = "";
char[] Variant = new char[N];
listVariant.Clear();
listBox1.Items.Clear();
if (radioButton1.Checked) N_section = 2;
else if (radioButton2.Checked) N_section = 3;
char[] masSection = new char [N_section];
for (i = 0; i < N_section; i++)
    { masSection[i] = (char)(cod1 + i); }
StringBuilder sB=new StringBuilder((int)
Math.Pow (masSection.Length,N)*(N+2));
GeneratingCombinations(masSection,Variant,0, sB);
for (i = 0; i < sB.Length; i += Variant.Length)
    {
        for (j = 0; j < Variant.Length; j++)
            Variant[j] = sB [i + j];
        for (j=0, k=0; j<masSection.Length; j++)
            for (int j1=0; j1 < Variant.Length; j1++)
                if (masSection[j] == Variant[j1])
                    { k++; break; }
        if (k == masSection.Length)
            {
                for (j=0, S=""; j < Variant.Length; j++)
                    S += Variant[j];
                listVariant.Add(S);
                N_var++;
            }
    }

```

При выходе из строя одного из контуров тормозного привода рабочей тормозной системы колесного транспортного средства, на основе предложенного подхода не сложно определить эффективность торможения автомобиля, используя подпрограмму определения замедления [9] на основе координат расположения центра ее тяжести и положения центра тяжести относительно мостов КТС (фрагмент кода представлен в листинге 2).

Листинг 2. Вычисление замедления колесного транспортного средства

```

for (j1 = 0; j1 < masF12.Length; j1++)
    masF12_tmp[j1] = masF12[j1];

```

```

for (j1 = 0, j2 = 0; j1 < masF12_tmp.Length;
    j1++)
{ if (masF12_tmp[j1] != 0)
    { { double K_f = 0;
      double P_raz = Axes[j2, 1] = CalcP_raz(Cx[j1], ygol_max[j1], Axes[j2, 5], Axes[j2,
2]);

      if (Axes[j2, 3] == 0)
          { int countPoint = 0; // количество
            // не работающих контуров
            for (int point = 0; point < 2; point++)
                {
                    if (String.Compare
(masCombination[j1][point].ToString(),
Convert.ToChar(cod1 + j).ToString()) == 0)
                        countPoint++;
                }
            switch (countPoint)
            {
                case 0: K_f = CalcK_f(P_raz);
                    masF12_tmp[j1] *= K_f; break;
                case 1: P_raz *= 2;
                    K_f = CalcK_f(P_raz);
                    masF12_tmp[j1] *= K_f; break;
                case 2: masF12_tmp[j1] =
(double)numericUpDown5.Value; break;
            } }
            else
            {
                if (String.Compare(masCombination[j1],
Convert.ToChar(cod1 + j).ToString()) == 0)
                    // если контур не работает
                    masF12_tmp[j1] =
                    (double)numericUpDown5.Value;
            else
            {
                K_f = CalcK_f(P_raz);
                masF12_tmp[j1] *= K_f;
            } }
            j2++; } } }
masZ[j] = Okrug(CalcZ(masF12_tmp), 1E4);
dgvResult.Rows[i].Cells[j + 1].Value =
    Convert.ToString(masZ[j]);

```

Результат реализации представленных выше алгоритмов позволил сформировать интерфейс программы перебора вариантов соединения контуров тормозного привода с тормозными механизмами, который представлен на рис. 2.

Для удобства анализа результатов расчета эффективности торможения колесных транспортных средств с тормозными механизмами типа «симплекс» при отказе одного из контуров их тормозного привода, запишем в табл. 1, а при использовании тормозных механизмов типа «дуо-дуплекс» – в табл. 2.

Как показывает анализ результатов расчета из множества возможных рациональных вариантов подключения в 20 % отклонение от среднего замедления при отказе одного из контуров попадают не все схемы подключения контуров тормозного привода к тормозным камерам тормозного механизма колесного транспортного средства.

В качестве начальных условий для всех транспортных средств принято:

- начальная скорость, при которой начинается процесс торможения КТС составляет 50 км/ч (для Украины именно такое ограничение скорости дорожного движения в пределах населенного пункта установлено правилами дорожного движения);
- коэффициент трения заблокированных шин о поверхность дорожного покрытия принят равным 0,8;
- коэффициент сопротивления качению шин принят 0,012 для шин колес, которые не затормаживаются в случае выхода из строя соответствующих контуров тормозного привода;
- давление в шинах с одинарной ошиновкой колес выше на 6% по сравнению с давлением в шинах с двойной ошиновкой.

Рис.2 Интерфейс программы перебора вариантов подключения контуров тормозного привода рабочей тормозной системы КТС к тормозным камерам его тормозных механизмов

Таблица 1

Варианты коэффициентов эффективности торможения транспортных средств при наиболее рациональных вариантах компоновок контуров запасной (аварийной) тормозной системы на основе двухконтурной рабочей тормозной системы и механизмов типа «симплекс»

Количество осей у колесного транспортного средства	Схема подключения тормозного привода к тормозным механизмам	Коэффициенты эффективности запасной (аварийной) тормозной системы	
		Выход из строя первого контура	Выход из строя второго контура
Две оси	x-x-1-2-x-x	0,517	0,362
	x-x-2-1-x-x	0,362	0,517
Три оси	x-x-1-2-1-x	0,411	0,533

Продолжение таблицы 1

	х-х-2-1-2-х	0,533	0,411
Четыре оси	х-1-2-1-2-х	0,276	0,292
	х-2-1-2-1-х	0,292	0,276
	х-х-1-1-2-2	0,298	0,323
	х-х-1-2-1-2	0,344	0,275
	х-х-2-1-2-1	0,275	0,344
	х-х-2-2-1-1	0,323	0,298
Пять осей	х-1-1-2-2-1	0,269	0,271
	х-2-2-1-1-2	0,271	0,269
Шесть осей	1-1-1-2-2-1	0,269	0,310
	1-1-2-1-2-2	0,294	0,279
	1-1-2-2-1-1	0,282	0,291
	1-2-1-2-1-2	0,302	0,268
	1-2-2-1-1-2	0,258	0,309
	1-2-2-1-2-1	0,281	0,291
	2-1-1-2-1-2	0,291	0,281
	2-1-1-2-2-1	0,309	0,258
	2-1-2-1-2-1	0,268	0,302
	2-2-1-1-2-2	0,291	0,282
	2-2-1-2-1-1	0,279	0,294
	2-2-2-1-1-2	0,310	0,269

Таблица 2

Варианты коэффициентов эффективности торможения транспортных средств при наиболее рациональных вариантах компоновок контуров запасной (аварийной) тормозной системы на основе двухконтурной рабочей тормозной системы и механизмов типа «дуо-дуплексе»

Количество осей у колесного транспортного средства	Схема подключения тормозного привода к тормозным механизмам	Коэффициенты эффективности запасной (аварийной) тормозной системы	
		Выход из строя первого контура	Выход из строя второго контура
Две оси	12-12	0,752	0,752
	12-21	0,752	0,752
	21-12	0,752	0,752
	21-21	0,752	0,752
Три оси	11-12-12	0,688	0,910
	11-12-21	0,688	0,910
	11-12-22	0,688	0,640
	11-21-12	0,688	0,910
	11-21-21	0,688	0,910
	11-21-22	0,688	0,640
	11-22-11	0,425	0,544
	11-22-12	0,688	0,544
	11-22-21	0,688	0,544
	12-11-22	0,544	0,640
	12-12-11	0,640	0,910
	12-12-12	0,910	0,910

Продолжение таблицы 2

12-12-21	0,910	0,910
12-12-22	0,910	0,640
12-21-11	0,640	0,910
12-21-12	0,910	0,910
12-21-21	0,910	0,910
12-21-22	0,910	0,640
12-22-11	0,640	0,544
21-11-22	0,540	0,640
21-12-11	0,640	0,910
21-12-12	0,910	0,910
21-12-21	0,910	0,910
21-12-22	0,910	0,640
21-21-11	0,640	0,910
21-21-12	0,910	0,910
21-21-21	0,910	0,910
21-21-22	0,910	0,640
21-22-11	0,640	0,544
22-11-12	0,544	0,688
22-11-21	0,544	0,688
22-11-22	0,544	0,425
22-12-11	0,640	0,688
22-12-12	0,910	0,688
22-12-21	0,910	0,688
22-21-11	0,640	0,688
22-21-12	0,910	0,688
22-21-21	0,910	0,688

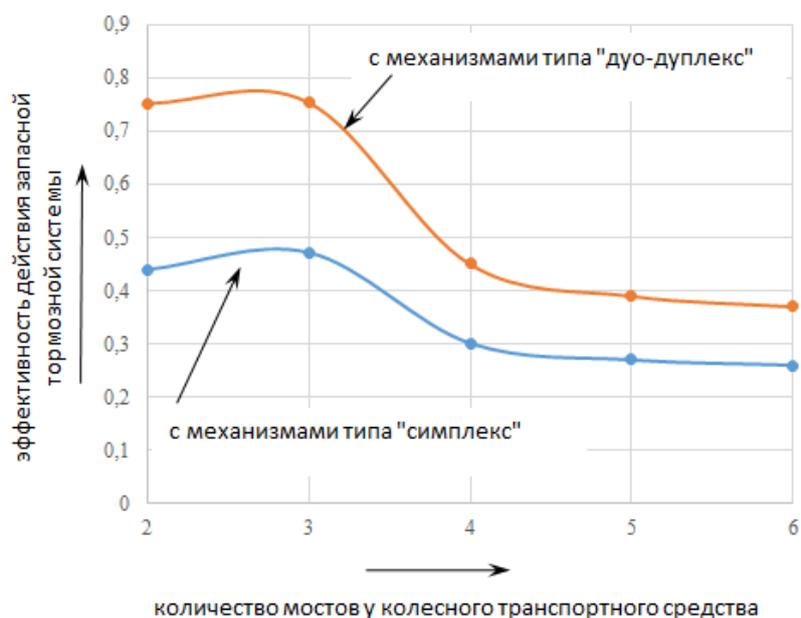


Рис.3 Усредненная эффективность действия запасной двухконтурной тормозной системы колесного транспортного средства в зависимости от количества мостов и типа тормозных механизмов, которые установлены на них

Из результатов, приведенных в табл. 1 и табл. 2, а также изображенных на рис. 3 очевидно, что с увеличением количества мостов (осей) средняя эффективность действия запасной тормозной системы снижается, что связано с увеличением массы транспортного средства и невозможностью обеспечения высокой эффективности торможения последнего из-за ограниченного количества контуров тормозного привода.

Причем следует отметить, что при использовании всех тормозных механизмов типа «дуо-дуплекс» по сравнению с тормозными механизмами типа «симплекс» в случае применения 2-х контурного тормозного привода наблюдается 30% увеличение эффективности действия запасной тормозной системы.

Выводы

1. Увеличение количества мостов у колесного транспортного средства при увеличении его массы не способствует повышению эффективности действия запасной (аварийной) тормозной системы.

2. Использование тормозных механизмов типа «дуо-дуплекс» по сравнению с тормозными механизмами типа «симплекс» позволяет повысить эффективность действия запасной (аварийной) тормозной системы с двухконтурным тормозным приводом на 30%.

3. Как показали исследования движения многоосных колесных транспортных средств в условиях города, при начальной скорости торможения 50 км/ч с увеличением массы колесного транспортного средства эффективность действия его запасной (аварийной) тормозной системы с двухконтурным тормозным приводом снижается на 15-20% в следствии снижения сцепных свойств между шинами колес транспортного средства и поверхностью дорожного покрытия.

4. Схема подключения двухконтурного тормозного привода к тормозным механизмам («симплекс» или «дуо-дуплекс») существенно влияет на эффективность действия запасной (аварийной) тормозной системы, поэтому при организации запасной тормозной системы в составе транспортного средства, необходимо учитывать разницу между эффективностью действием запасной тормозной системы в случае отказа элементов соответствующих контуров ее тормозного привода. Разница в эффективности действия контуров тормозного привода не должна превышать 20%.

Список использованных источников

1. UN/ECE (2010) Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking: Regulation №13 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE). – On condition 30.09.2010. – *Official Journal of the European Union*, 257 p.

2. Автомобиль-самосвал сельско-хозяйственного назначения КАЗ-4540 «Колхида»: техническое описание и инструкция по эксплуатации / Под ред. К.А. Фрумкина. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

3. Совершенствование способов регулирования выходных параметров тормозной системы автотранспортных средств / [А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, В.И. Клименко и др.]. – Харьков: Издательство ХНАДУ, 2002. – 400 с.

4. Функціональний розрахунок гальмівної системи автомобіля з барабанными гальмами та регулятором гальмівних сил: / [А.М. Туренко, В.О. Богомолов, В.І. Клименко та інш.]. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 120 с.

5. Автобус ЛиАЗ-5256 и его модификации. Руководство по эксплуатации. – М.: Атласы автомобилей, 2001. – 512 с.

6. Аксенов П.В. Многоосные автомобили. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 280 с.

7. Крайник Л.В. Обґрунтування та оцінка ефективності схеми гальмового приводу тривісного моноблочного автобуса / Л.В. Крайник, І.Г. Дуфанець // Сб. науч. тр. ХНАДУ: Автомобильный транспорт. — Харьков, 2008. — Вып. 42. — С. 17-19.

8. Крайник Л.В. Динаміка і параметрична оптимізація гальмового приводу тривісного автобуса з моноблочним кузовом / Л.В. Крайник, І.Г. Дуфанець // Сб. науч. тр. ХНАДУ: Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. — Харьков, 2009. — Вып. 2(9).

References

1. UN/ECE (2010) Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking: Regulation №13 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE). – On condition 30.09.2010. – *Official Journal of the European Union*, 257 p.

2. Frumkina K. A. (1984) Avtomobil-samosval selskokhoziaistvennogo naznacheniiia KAZ-4540 "Kolkhida": tekhnicheskoe opisanie i instruktsiia po ekspluatatsii [KAZ-4540 "Colchis" agricultural dump truck: technical description and instruction manual]. Mashinostroenie, 280 p. (in Russian)

3. Turenko A. N., Bogomolov V. A., Klimenko V. I. and et. (2002) Sovershenstvovanie sposobov regulirovaniia vykhodnykh parametrov tormoznoi sistemy avtotransportnykh sredstv [Improving methods for regulating the output parameters of the brake system of vehicles]. Kharkov, KhNADU, 400 p. (in Russian)

4. Turenko A. M., Bohomolov V. O., Klymenko V. I. and et. (2003) Funktsionalnyi rozrakhunok halmivnoi systemy avtomobilia z barabannymy halmamy ta reguliatorom halmivnykh syl [Functional calculation of the brake system of the car with drum brakes and regulator of braking forces.]. Kharkiv : KhNADU, 120 p. (in Ukraine)

5. LiAZ (2001) Avtobus LiAZ-5256 i ego modifikatsii. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Bus LiAZ-5256 and its modifications. Manual]. Moscow. Atlasy avtomobiley, 512 p. (in Russian)

6. Aksenov P. V. (1989) Mnogoosnye avtomobili. [Multi-axle cars]. Moscow : Mashinostroenie, 280 p. (in Russian)

7. Krainyk L.V. Obgruntuvannia ta otsinka efektyvnosti skhemy halmovoho pryvodu tryvisnogo monoblochnoho avtobusa [Substantiation and evaluation of the efficiency of the brake system of a three-axle bus with a monoblock body]/ L.V. Krainyk, I.H. Dufanets // Sb. науч. тр. ХНАДУ: Автомобильный транспорт. — Harkov, 2008. — Vyip. 42. — S. 17-19. (in Ukrainian)

8. Krainyk L.V. Dynamika i parametrychna optymizatsiia halmovoho pryvodu tryvisnogo avtobusa z monoblochnym kuzovom [Dynamics and parametric optimization of a three-axle bus with a monoblock body] / L.V. Krainyk, I.H. Dufanets // Sb. науч. тр. ХНАДУ: Visti Avtomobilno-dorozhnoho instytutu. — Kharkiv, 2009. — Vyp. 2(9). (in Ukrainian)