

УДК 629.3.01

**А.Ю. Домогаров**, МАДИ,  
e-mail: domogarov@mail.ru

## **ОСНАЩЕНИЕ СТЕНДА «КАРУСЕЛЬ» СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И СИСТЕМОЙ ТОРМОЖЕНИЯ НА НАГРУЗОЧНОМ МОДУЛЕ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены варианты схем торможения кольцевого стенда «Карусель». Приводится обоснование выбора оптимальной схемы системы торможения, а также рассматривается система разгрузки от вертикальной составляющей нагрузки на колесе нагрузочных модулей.

**Ключевые слова:** стенд, нагрузочный модуль, гидросистема, системы торможения.

**A.Yu. Domogarov**, MADI,  
e-mail: domogarov@mail.ru

## **EQUIPMENT STAND «CAROUSEL» SYSTEM ADJUSTING THE VERTICAL LOAD AND THE BRAKING SYSTEM TO LOAD THE MODULE**

**Abstract.** This article describes the design options of the braking ring stand «Carousel». Justification of the choice of optimal braking system, as well as the discharge system from the vertical component of the load on the wheel load modules.

**Key words:** bench, load module, hydraulic system, braking system.

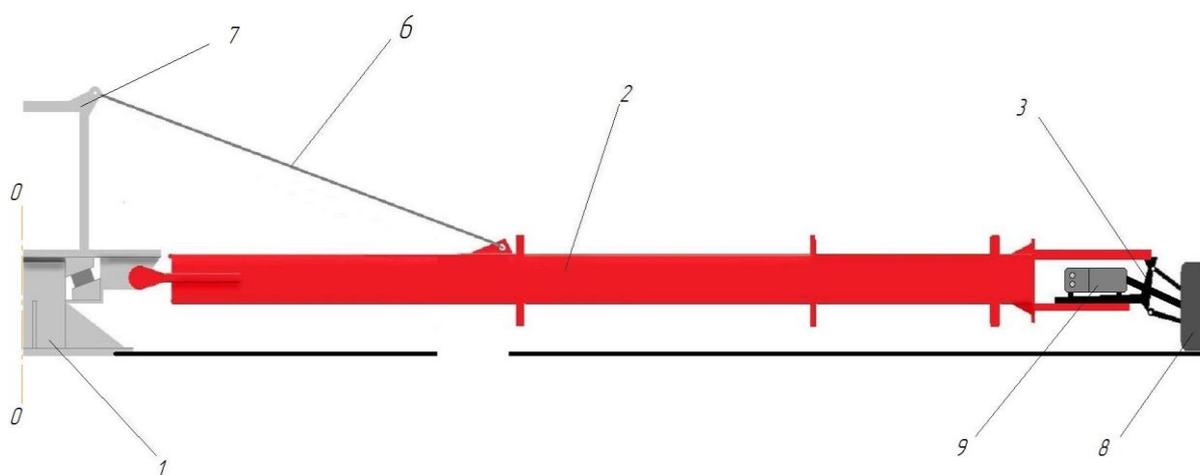
### **Введение**

Испытательный комплекс стенда «Карусель» (рис. 1) создан для исследования характеристик дорожных покрытий.

Центральная ось 1 представляет собой металлическую конструкцию, включающую подшипник качения, коллектор гидравлический, раму.

Каждая радиальная ось 2 служит для кинематической связи между центральной осью 1 и нагрузочным модулем 3. По ним также осуществляется прокладка гидравлических коммуникаций.

Каждый нагрузочный модуль 3 представляет собой тележку с установленным на ней испытательным колесом 8 и приводным гидромотором 9. Гидромотор 9 передает крутящий момент через ШРУС.



*Рис. 1. Испытательный комплекс: 1 – центральная ось; 2 – четыре радиальные оси; 3 – четыре нагрузочных модуля; 4 – силовая установка; 5 – система управления (на рис. 1 поз. 4 и 5 не показаны); 6 – трос; 7 – рама; 8 – четыре колеса; 9 – четыре гидромотора*

Гидросистема стенда «Карусель» представлена на рис. 2.

Силовая установка рис. 2 состоит из двигателя ДВС 1, регулируемой насосной станции 2, бака для рабочей жидкости 3, бака для солянки 4, гидравлических линий и системы управления насосом 5. Скорость вращения комплекса может регулироваться в зависимости от количества подключенных гидромоторов, величины угла установки регулятора насоса и путем регулирования выходных оборотов двигателя ДВС.

Центральный пульт управления включает в себя центральный компьютер, систему управления, датчики давления, температуры и другие регулирующие устройства.

Гидромоторы 6 приводят во вращение колеса 7 нагрузочного модуля 3 рис. 1. Расчётная вертикальная нагрузка на нагрузочном модуле составляет 550–560 кгс. Для некоторых видов испытаний необходимо уменьшить вертикальную нагрузку, действующую на колеса.

Вертикальную нагрузку на нагрузочном модуле можно уменьшить с помощью установки дополнительных натяжных тросов на каждую радиальную ось, как показано на рис. 1.

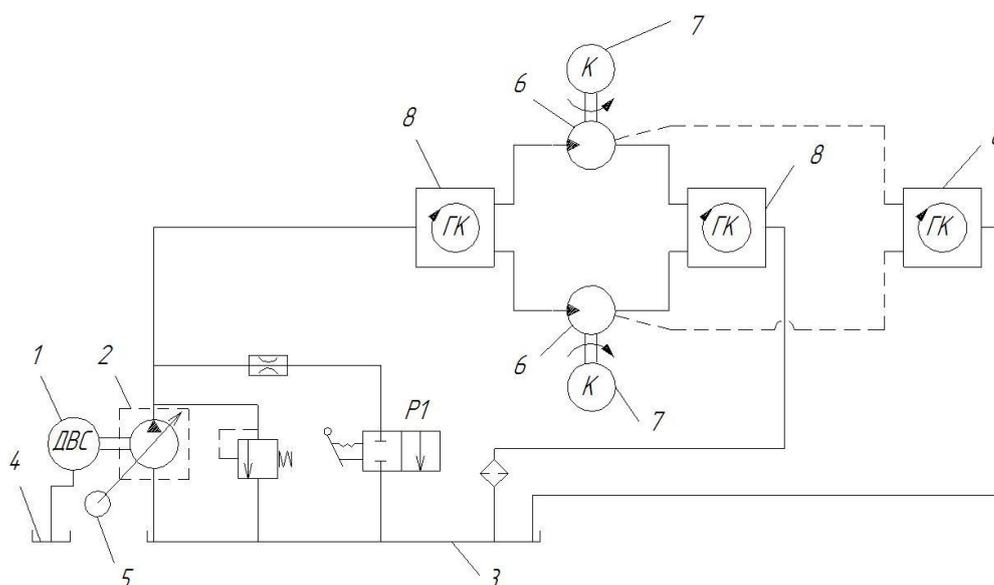


Рис. 2. Гидросистема стенда карусель: 1 – двигатель внутреннего сгорания ДВС; 2 – регулируемый насос; 3 – гидробак; 4 – топливный бак; 5 – регулятор; 6 – гидромоторы; 7 – колеса нагрузочного модуля; 8 – гидроколлектор; 9 – манометр

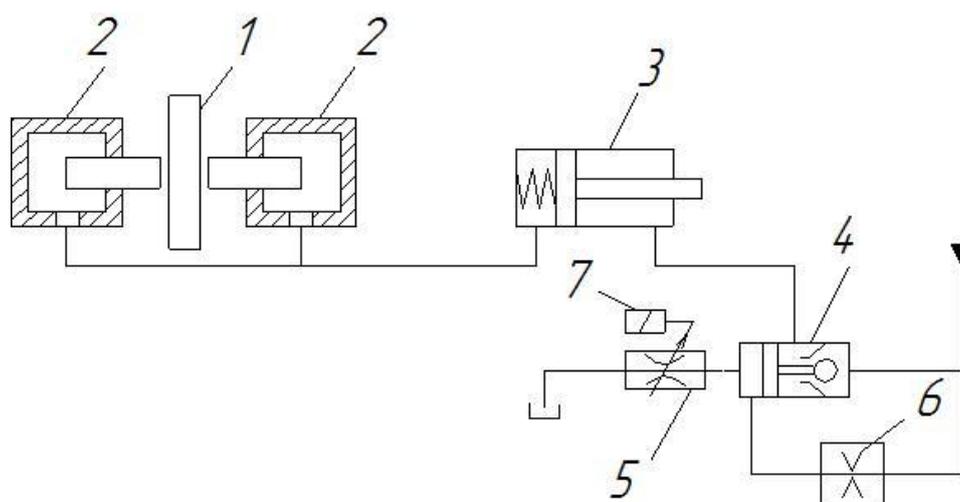
При натяжении троса часть вертикальной нагрузки переносится на центральную ось, благодаря этому уменьшается вертикальная сила воздействия колеса на дорожное полотно.

Составив уравнение моментов относительно т. «О» (рис. 1) можно рассчитать необходимое вертикальное усилие. При частичной разгрузке от вертикальной составляющей (например, 400 кгс) усилие, возникающее на тросе должно составлять 1866 кгс. В связи с тем, что в каждую сторону действует сила 1866 кгс необходимо усилить жесткость конструкции центральной рамы.

Система торможения на стенде «Карусель» может быть осуществлена как на ведущих, так и на ведомых колесах.

### **Варианты систем торможения на ведущих колесах**

На рисунке 3 изображена схема с традиционной системой торможения, т.е. применяется тормозной диск 1, тормозной цилиндр 2 (две штуки), основной тормозной гидроцилиндр 3 с возвратной пружиной, управляемый гидрозамок 4, регулируемый дроссель 5 и постоянный дроссель 6. Работает данная схема следующим образом. Давление питания от насосной станции подводится к гидроуправляемому гидрозамку 4 и к постоянному дросселю 6, а выход с постоянного дросселя подключен к камере управления гидрозамка. В линии управления установлен регулируемый дроссель 5, соединяющий камеру управления со сливом. При открытии дросселя 5 в линии управления и в камере управления устанавливается давление слива и клапан гидрозамка закрыт. Тормозные цилиндры колеса находятся в раскрытом состоянии, так как пружина главного тормозного цилиндра отжимает его в исходное положение.



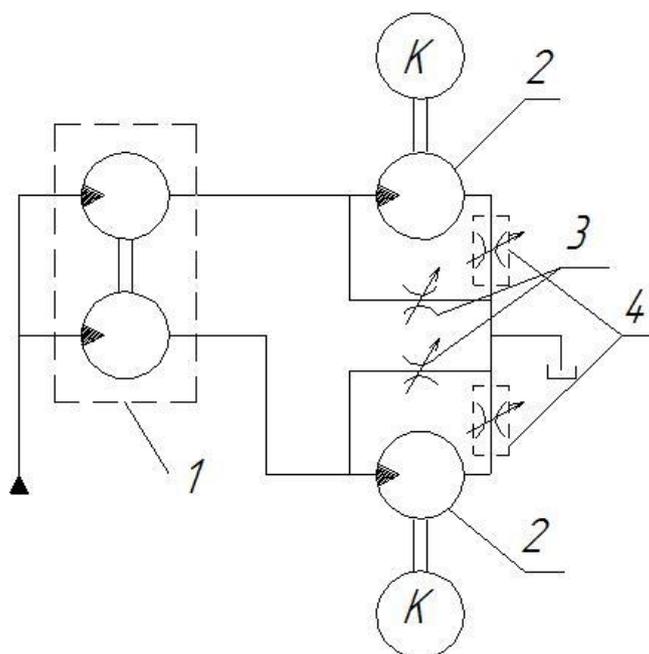
*Рис. 3. Схема с традиционной системой торможения: 1 – тормозной диск колеса; 2 – тормозные гидроцилиндры; 3 – главный тормозной цилиндр; 4 – управляемый гидрозамок; 5 – дроссель с электроуправлением; 6 – постоянный дроссель; 7 – электроуправление*

Управление регулируемым дросселем 5 осуществляется с помощью электрического сигнала 7, подаваемого из центрального пульта управления с помощью радиосигнала и усиленного аккумулятором, расположенном на центральной оси.

При подаче сигнала управления дроссель 5 закрывается. Давление в управляемой камере возрастает, гидрозамок открывается и давление от насосной станции поступает в главный тормозной цилиндр 3.

Перемещение поршня тормозного гидроцилиндра вызывает перемещение тормозных цилиндров 2 и, следовательно, торможение колеса 1.

Вторая схема торможения показана на рис. 4 основана на использовании гидравлической схемы основного привода стенда «Карусель» (рис. 2).



*Рис. 4. Схема торможения ведущих колес с использованием основной гидросистемы привода стенда: 1 – делитель потока; 2 – приводные двигатели-гидромоторы; 3, 4 – регулируемые дроссели*

Делитель потока 1 необходим для того, чтобы исключить перераспределение расходов на выходе гидроколлектора между приводными гидромоторами каждого нагрузочного модуля.

Она предполагает применение 2-х делителей потока 1 и 2-х регулируемых дросселей 3. Работает данная система следующим образом. При подаче сигнала от центрального пульта системы управления меняет свое сопротивление регулируемый дроссель 3, он открывает слив из системы подачи приводного гидродвигателя 2. В результате давление перед гидромотором 2 падает, и он начинает проскальзывать относительно другого привода колеса. Характеристика торможения будет «мягкая». Если подать управляющий сигнал и на другой дроссель 3, то будет осуществляться плавное торможение всей системы. Это не будет соответствовать условиям экстренного торможения системы и с использованием данной схемы невозможно проводить исследование сцепных свойств шин с дорожным покрытием. Для увеличения «жесткости» системы необходимо установить регулируемый дроссель 4 в сливной линии гидромотора (на схеме показан пунктиром), вместо регулируемых дросселей 3.

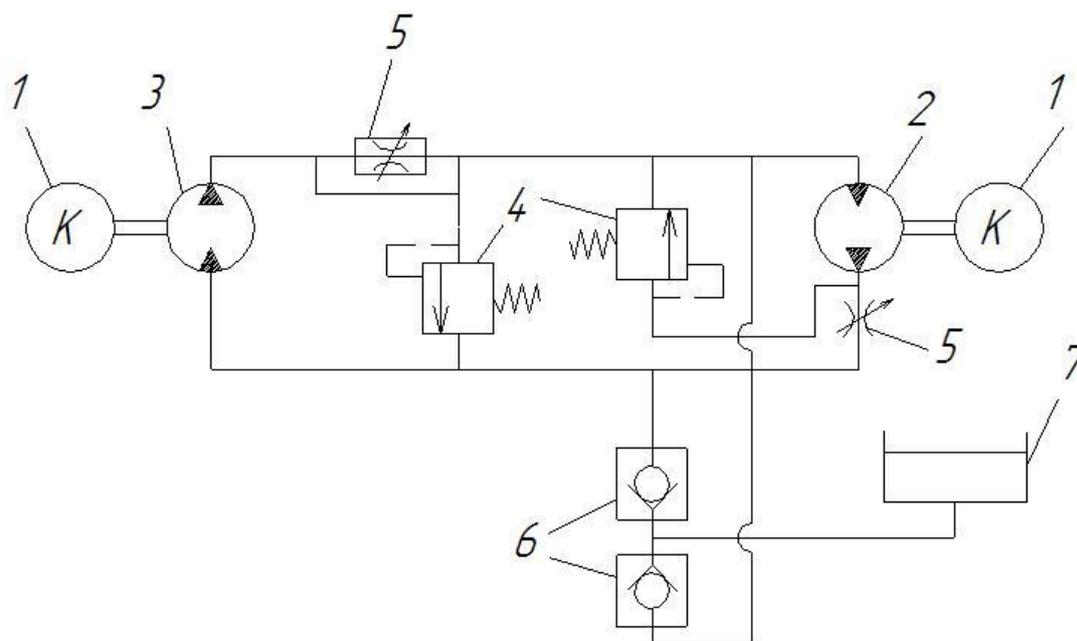
Оба варианта схем торможения на ведущих колесах приводят к значительному увеличению нагрузки, возникающей на гидромоторах основной гидросистемы привода стенда «Карусель», а следовательно и на регулируемом насосе. При данных способах торможения можно достичь условий торможения «юз» за счет приобретенной инерции стенда.

Схема управления торможением стенда «Карусель» на ведомых колесах может быть применена такая же как на рис. 4, только с установкой её непосредственно на ведомых колесах. Реализация данной схемы торможения предполагает применение специальной насосной станции либо использование части мощности основной насосной станции.

Второй вариант схемы торможения на ведомых колесах показан на рис. 5.

Работает данная система следующим образом. На ведомые колеса 1 устанавливаются насосы 2 и 3. Привод от основной системы приводит во

вращение ведомые колеса 1, а, следовательно, насосы 2 и 3. Система управления регулируемым дросселем 5 применяется та же, что и на рис. 4. При изменении проходного сечения дросселя 5 изменяется скорость вращения насоса 2, и он начинает проскальзывать. Нагрузка увеличивается, что приводит к открытию предохранительного клапана 4 и к проскальзыванию ведомого колеса 1 с установленным на нем насосном агрегате. Для компенсации утечек применяется компенсационный бак 7 и обратные клапана 6. Данная система обладает достаточно высоким быстродействием.



*Рис. 5. Второй вариант торможения на ведомых колесах: 1 – колесо грузочного модуля; 2, 3 – гидронасосы; 4 – клапан предохранительный; 5 – регулируемый дроссель; 6 – обратный клапан; 7 – компенсационный бак*

Незначительное изменение скорости насосов приводит к проскальзыванию ведомых колес.

Это в свою очередь приведет к увеличению нагрузки на ведущих колесах, а следовательно, будет способствовать увеличению приводной мощности. Потребляемая мощность на основном насосе будет увеличиваться.

Колесо 1 приводит во вращение насос 2. Мощность от колеса  $N_k$  на насосе определяется следующим выражением [1]:

$$N_k = M_{кр} \cdot \omega_k = 2 \cdot \pi \cdot n_k \cdot M_{кр}, \quad (1)$$

где  $M_{кр}$  – момент крутящий на колесе;  $\omega_k$  – угловая скорость колеса;  $n_k$  – обороты колеса.

В тоже время мощность на насосе  $N_n$  можно выразить через параметры гидросистемы (без учета потерь в насосе и механической передаче) [1]:

$$N_n = (p_1 - p_3) \cdot Q = (p_1 - p_3) \cdot q \cdot n_k, \quad (2)$$

где  $p_1$  и  $p_3$  – соответственно давление на выходе и входе насоса;  $Q$  – расход, поступающий через насос;  $q$  – рабочий объем насоса;  $n_k$  – количество оборотов вала насоса.

Потерями в механической части и в насосе можно пренебречь, так как они незначительны по сравнению с потерями при нагружении насоса регулируемым дросселем. Так, как  $n_k = n_n$  и  $N_k = N_n$ , можно из выражения 1 и 2 получить следующее выражение [1]:

$$M_{кр} = \frac{(p_1 - p_3)}{2\pi} \cdot q. \quad (3)$$

При увеличении дросселирования на регулируемом дросселе 5 увеличивается давление на выходе из насоса, что соответственно приводит к увеличению мощности на насосе. Это можно выразить следующей зависимостью [1]:

$$N_n = (p_1 - p_3 + \Delta p_{др}) \cdot q \cdot n, \quad (4)$$

где  $\Delta p_{др}$  – перепад на дросселе;  $n$  – текущие обороты вала насоса.

Сравнивая выражения 4 и 1 получим [1]:

$$M_{кр} \cdot 2\pi \cdot n_k = (p_1 - p_3 + \Delta p_{др}) \cdot q \cdot n. \quad (5)$$

Подставив в уравнение 5 выражение 3 получим [1]:

$$n = \frac{n_k \cdot (p_1 - p_3)}{(p_1 - p_3 + \Delta p_{др})} \text{ или } n = \frac{n_k}{\left(1 + \frac{\Delta p_{др}}{p_1 - p_3}\right)}.$$

При появлении нагрузки в виде сопротивления дросселя  $\Delta p_{др}$  уменьшаются обороты вала насоса, а следовательно обороты ведомого колеса, оно начинает проскальзывать.

### **Заключение**

Применение схемы торможения ведомых колес (рис. 5) наиболее предпочтительна, так как не предполагает изменения основной схемы привода. Данная схема торможения автономна, позволяет реализовать любые законы торможения с высокой чувствительностью, высоким быстродействием при минимальном нагружении основного регулируемого насоса привода. Себестоимость изготовления образца по данной схеме будет несколько выше, чем реализация по схеме рис. 4, но ниже, чем по схеме на рис. 3.

### **Список литературы**

1. Машиностроение. Энциклопедия. Кн. 2. Т. IV-2. Электропривод. Гидро- и виброприводы / под ред. Д.Н. Попова, В.К. Осташова. М.: Машиностроение, 2012.

### **References**

1. Mashinostroenie. Yenciklopedija. Kn. 2. T. IV-2. Yelektroprivod. Hidro-ivibroprivody (The engineering. The encyclopedia. Kn. 2. So IV-2. The actuator. Hydro-and carried), Moscow, Mashinostroenie, 2012.