

Technical. un-t; editorial board: ed. D. V. Kapsky [et al.]. – Minsk : Belorusus. national Tech. un-t, 2021. – Vol. 1. – P. 235–241.

7. Povarekho, A. S. To the choice of parameters of the unloading device of the pressure regulator of the melting part / A. S. Povarekho, A. I. Rakhley // Avtotractorostroenie and automobile transport : Collection of scientific papers: in 2 t. / Belarusian. national Tech. un-t; editorial board: ed. D. V. Kapsky [et al.]. – Minsk : Belorusus. national Tech. un-t, 2021. – Vol. 1. – P. 245–250.

8. Rahley, A. I. Tracking electropneumatic brake drive of modular type of tractor train : dissertation ... Candidate of Technical Sciences : 05.05.03. – Minsk, 1993. – 180 p.

9. Metlyuk, N. F., Avtushko V. P. Dynamics of pneumatic and hydraulic drives of cars / N. F. Metlyuk, V. P. Avtushko. – M.: Mechanical engineering, 1980. – 231 p.

10. Bogdan, N. V. Hydropneumoautomatics and hydraulic drive of mobile machines / N. V. Bogdan., – Mn., 2002 – 426 p.

УДК 62-523.3

СЕВРУК В. С.,

инж.-констр. 1 кат.

E-mail: viktrsevruk@rambler.ru

ОАО «Минский завод колесных тягачей», г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 05.05.2022.

## РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТОРМОЗА-ЗАМЕДЛИТЕЛЯ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОАО МЗКТ

*Гидравлические тормозы-замедлители имеют большой потенциал в части применения на технике специального и двойного назначения: в результате их применения снижается нагрузка на рабочую тормозную систему, повышаются дорожные характеристики автомобиля. Однако в настоящее время большинство выпускаемых тормозов-замедлителей производятся зарубежными фирмами. Системы управления такими тормозами-замедлителями, как правило, освещаются крайне слабо, их алгоритмы и принципы работы зачастую неизвестны. Таким образом, при разработке собственной системы управления гидравлическим тормозом-замедлителем большую роль играют стендовые испытания узла, которые включают в себя запись всех параметров работы узла с дальнейшим анализом полученных данных. В данной работе приводятся результаты испытаний гидравлического тормоза-замедлителя производства ОАО «МЗКТ» в стендовых условиях с оригинальной системой управления. Данная система управления имеет обратную связь по давлению на входе в тормоз-замедлитель, в результате чего обеспечивается точное и плавное регулирование величины тормозного момента. Описывается принцип работы и особенности применения системы управления тормозом-замедлителем, производится анализ полученных данных. На основе собранной информации делается заключение о принципах регулирования тормозного момента, создаваемого тормозом-замедлителем при помощи системы управления собственной разработки.*

**Ключевые слова:** трансмиссия, гидромеханическая передача, гидравлический тормоз-замедлитель, ретардер, система автоматического управления, обратная связь по давлению, стендовые испытания.

## Введение

В настоящее время на ОАО «МЗКТ» продолжается комплекс опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ по созданию гидравлического тормоза-замедлителя (ГТЗ) собственного производства, а также системы управления к нему. Тормоз-замедлитель – это устройство, состоящее из двух лопастных колес (статора и ротора), расположенное, как правило, на выходном валу коробки передач и предназначенное для формирования тормозного момента путем создания гидродинамического сопротивления вращению лопаток ротора [1]. Величина тормозного момента может задаваться как вручную (самим водителем исходя из текущих дорожных условий), так и автоматически (блоком управления ГТЗ для помощи рабочей тормозной системе при штатном торможении автомобиля). В обоих случаях система управления (СУ) ГТЗ должна создать нужный тормозной момент вне зависимости от каких-либо внешних условий, например, температуры масла, частоты вращения элементов трансмиссии и т. д. Следовательно, в системе управления тормозом-замедлителем должен присутствовать какой-то параметр, какая-то обратная связь, которая позволила бы компенсировать всевозможные сторонние воздействия и создать тормозной момент нужной величины. Поиску и проверке таких параметров посвящена данная статья, где будет показан один из этапов этой работы.

Общему устройству ГТЗ посвящен ряд работ, например, [2, 3]. Однако устройству систем управления ГТЗ уделяется, как правило, не так много внимания. Поэтому для того, чтобы определить и проверить параметры обратной связи для системы управления ГТЗ, было решено воспользоваться практическим методом: провести стендовые испытания тормоза-замедлителя, во время которых при помощи набора датчиков фиксировать параметры работы ГТЗ. В предыдущей работе [4] рассматривался начальный этап таких испытаний: на ГТЗ была установлена тестовая система управления, проведены испытания ГТЗ в различных режимах работы, записаны все полученные при испытаниях параметры и проведен их анализ для определения наиболее подходящего параметра обратной связи. Как следовало из [4], наиболее подходящий параметр обратной связи – это давление на входе в ГТЗ: при увеличении давления происходило плавное увеличение тормозного момента на всех режимах работы ГТЗ. Полученные в результате работы [4] выводы легли в основу разработки новой системы управления ГТЗ производства ОАО «МЗКТ»,

об устройстве и испытаниях которой пойдет речь в данной статье.

## Описание испытательного стенда

Состав испытательного стенда аналогичен стенду в работе [4]. ОАО «МЗКТ» имеет большой опыт разработки и производства гидромеханических передач (ГМП) [5], поэтому тип разрабатываемого ГТЗ – совмещенный с ГМП. Соответственно, испытательный стенд включает в себя гидромеханическую передачу 2 (см. рисунок 1) и совмещенный с ней ретардер 3.

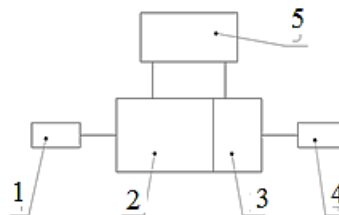


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда:  
1, 4 – электродвигатели; 2 – ГМП; 3 – ГДТ;  
5 – маслоохладитель

К ним подсоединены два электродвигателя 1 и 4, а также маслоохладитель 5. Электродвигатель 1 используется для вращения насосного колеса ГМП и связанного с ним переднего насоса ГМП, в результате чего масло подается из масляного поддона в гидравлические магистрали ГМП и ГТЗ. Электродвигатель 4 используется для вращения ротора ГТЗ. Маслоохладитель 5 используется для охлаждения масла, поступающего с выхода гидродинамического трансформатора (ГДТ) или с выхода ГТЗ. ГМП во время испытаний находится в состоянии «нейтрал», вследствие чего планетарные ряды основной коробки передач в процессе испытаний не участвуют.

## Описание электронной части СУ ГТЗ

Использованные во время испытаний электронные компоненты СУ ГТЗ также аналогичны работе [4]. В качестве основы для управления СУ ГТЗ использовался микроконтроллер K1986BE91T российской компании Миландр [6]. Данный микроконтроллер имеет широкий рабочий температурный диапазон (от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), большое число портов ввода-вывода, высокую производительность, а также широкий набор обучающей литературы и технической информации с примерами кодов программ, которые предоставляются непосредственно разработчиком микроконтроллера и находятся в свободном доступе [7, 8, 9]. Непо-

средственно работа велась на отладочном комплекте для данного микроконтроллера, схема которого представлена на рисунке 2.

В программном обеспечении СУ ГТЗ, использовавшемся во время испытаний, кроме алгоритмов непосредственного управления ГТЗ были также задействованы алгоритмы защиты ГТЗ от возможных аварийных ситуаций [10].

В выключенном состоянии (см. рисунок 3, а) система работает следующим образом. При помощи переднего насоса НП масло из масляного поддона через фильтр-заборник ФЗ и обратный клапан переднего насоса КО1 поступает к золотнику клапана главного давления К1. Параллельно масло поступает на торец золотника К1 и на вход ЭГМ ГТЗ, который находится в выключенном состоянии (обесточен). Когда давление масла на торец К1 превысит значение, равное величине главного давления ГМП, клапан откроется и масло поступит далее на клапан ограничения входного давления в ГДТ К2.

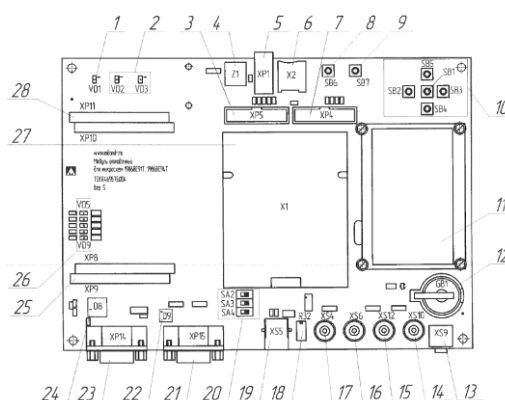


Рисунок 2 – Схема комплекта отладочного для микросхем К1986ВЕ91Т [8]

### Описание и принцип работы новой СУ ГТЗ

На основании выводов, сделанных по итогам работы [4], была разработана и изготовлена новая система управления ГТЗ с функцией обратной связи по давлению на входе ГТЗ. Гидравлическая схема данной системы управления представлена на рисунке 3.

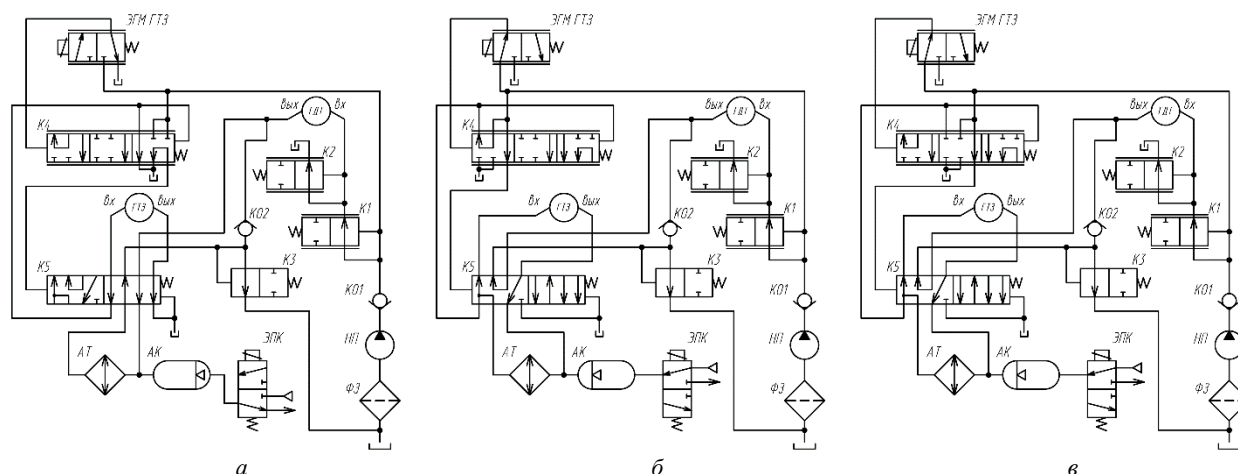


Рисунок 3 – Гидравлическая схема новой СУ ГТЗ:

а – ГТЗ выключен; б – ГТЗ включен, тормозной момент нарастает; в – ГТЗ включен, тормозной момент постоянный; ФЗ – фильтр-заборник ГМП; НП – насос передний ГМП; КО1 – обратный клапан переднего насоса ГМП; КО2 – перепускной клапан маслоохладителя; К1 – клапан главного давления ГМП; К2 – клапан ограничения входного давления в ГДТ; К3 – подпорный клапан ГМП; К4 – клапан подачи масла в ГТЗ; К5 – клапан переключения потоков ГТЗ; АТ – аппарат теплообменный (маслоохладитель); АК – гидропневмоаккумулятор; ЭГМ ГТЗ – электрогидравлический модуль управления ГТЗ; ЭПК – электропневматический клапан управления гидропневмоаккумулятором

Данный клапан, как видно из его названия, служит для ограничения входного давления ГДТ: при увеличении давления сверх установленной нормы клапан открывается и сбрасывает лишнее масло обратно в поддон ГМП. Далее масло поступает в ГДТ, с выхода которого приходит на клапан переключения потоков ГТЗ К5. Клапан К5 управляется при помощи сигнала от клапана К4, а поскольку, как уже упоминалось ранее, ЭГМ ГТЗ выключен, то клапан К4, а от него и К5, также находятся в выключенном положении. Вследствие этого масло направляется из клапана К5 в маслоохладитель

АТ, параллельно заполняя гидропневмоаккумулятор АК. В выключенном состоянии системы сжатый воздух от электропневматического клапана ЭПК не подается в полость с правой стороны поршня аккумулятора, вследствие чего масло под давлением с выхода ГДТ перемещает поршень в крайнее правое положение и заполняет аккумулятор. Далее масло возвращается в клапан К5, затем проходит через подпорный клапан К3 и сбрасывается обратно в поддон ГМП. В данной схеме присутствует также перепускной клапан КО2, который служит для

предохранения системы от повреждения в случае засорения маслоохладителя: если маслоохладитель засорится и давление перед его входом начнет повышаться, то клапан КО2 откроется и поток масла пойдет в обход маслоохладителя.

ГТЗ находится в выключенном состоянии, поскольку его вход и выход соединены со сливом: вход – последовательно через клапаны К5 и К4, а выход – через клапан К5. Соединение входа ГТЗ со сливом в выключенном состоянии ГТЗ – это одно из преимуществ данной системы управления по сравнению с [4], где вход ГТЗ в выключенном состоянии был перекрыт. В системе управления [4] из-за перекрытия создавалось паразитное разрежение на входе в ГТЗ во время выключения ГТЗ, из-за чего ретардер опорожнялся (а значит, и выключался) медленнее. В данной работе в системе управления этот фактор учтен, и благодаря соединению входа ГТЗ со сливом ретардер опорожняется без задержек.

Таким образом, при выключенном состоянии СУ ГТЗ ретардер также выключен (не создает тормозного момента), его контур соединен со сливом и не содержит масла, гидропневмоаккумулятор полностью заполнен, масло с выхода ГДТ поступает в маслоохладитель, а ГТЗ с маслоохладителем никак не связан.

Теперь рассмотрим, как работает СУ ГТЗ в процессе включения (см. рисунок 3, б). Для включения ГТЗ необходимо подать напряжение на ЭГМ ГТЗ (поскольку данный электроклапан является пропорциональным, то величина изначально поданного напряжения должна быть меньше максимальной, иначе ГТЗ сразу включится на полную мощность). От ЭГМ ГТЗ масло поступает к торцу золотника клапана К4 и переключает его во включенное положение. От клапана К4, в свою очередь, включается клапан К5, после чего начинается заполнение ГТЗ маслом и, соответственно, ГТЗ включается. Рассмотрим работу клапанов К4 и К5 подробнее.

Клапан К5 служит для переключения потоков масла, проходящих через ГДТ и ГТЗ. Как было сказано выше, в исходном состоянии клапан подключает к маслоохладителю выходы ГДТ, а ГТЗ от маслоохладителя отключается. При подаче давления на торец золотника клапан переходит во включенное положение, в результате чего масло от выхода ГДТ поступает не на маслоохладитель, а сразу сливается в поддон ГМП. В свою очередь, ГТЗ и маслоохладитель образуют замкнутый контур: масло с выхода ГТЗ поступает к клапану К5, затем к маслоохладителю, далее снова к клапану К5

и затем обратно на вход ГТЗ. Таким образом, рабочий контур ГТЗ всегда будет заполнен достаточным количеством масла: не важно, какое количество масла поступило на выход ГТЗ – в любом случае обратно на вход вернется то же самое количество. В результате, по сравнению с системой управления в работе [4], рабочие процессы ГТЗ не зависят от величины расхода масла через ГДТ и подачи насоса ГМП.

Клапан К4 служит для двух целей: включения/выключения клапана К5 и управления тормозным моментом ГТЗ. Что касается управления клапаном К5, то оно осуществляется относительно просто: канал, по которому подается масло для включения К5, находится под давлением во всех рабочих положениях золотника К4 (то есть во всех положениях, кроме исходного). Управление же тормозным моментом осуществляется на принципе уравнивания трех сил: с одной стороны – усилие от управляющего давления ЭГМ ГТЗ, с другой стороны – усилие от пружины клапана К4 и от давления в входе ГТЗ. Управляющее давление ЭГМ ГТЗ действует на рабочий торец золотника К4 и определяется исходя из условий торможения либо самим водителем, либо автоматически блоком управления ГТЗ. Усилие пружины К4 заранее известно и определяется при разработке СУ ГТЗ. Давление на входе ГТЗ действует на золотник К4 со стороны подпружинной полости и может изменяться в зависимости от режима работы ГТЗ.

Таким образом, в начале процесса включения ГТЗ (рисунок 3, б) давление на входе ГТЗ равно 0, поэтому золотник К4 под действием давления ЭГМ ГТЗ перемещается в крайнее положение. Вследствие этого масло из магистрали главного давления ГМП начинает подпитывать вход ГТЗ. Рабочая полость ГТЗ начинает заполняться маслом, в результате чего начинает повышаться тормозной момент ГТЗ и давление на входе ГТЗ. По мере нарастания давления на входе ГТЗ увеличивается соответствующее усилие на золотнике К4, вследствие чего он начинает перемещаться в обратном направлении. Как только давление (и, соответственно, тормозной момент) достигают заданного значения, золотник К4 уравнивается в среднем положении (рисунок 3, в), в котором подпитка маслом входа ГТЗ прекращается. ГТЗ переходит в режим установившейся работы.

Если требуется увеличить тормозной момент, то необходимо повысить управляющее давление от ЭГМ ГТЗ. В результате СУ ГТЗ вновь перейдет в состояние (рисунок 3, б), пока давление на входе ГТЗ не поднимется еще выше и снова не уравнивается управляющее

воздействие, вернув систему в состояние (рисунок 3, в). Для уменьшения тормозного момента алгоритм действий, соответственно, обратный: нужно понизить давление ЭГМ ГТЗ, чтобы снизить давление на входе ГТЗ.

При включении ГТЗ также происходит включение клапана ЭПК, отвечающего за подачу сжатого воздуха в полость справа от поршня аккумулятора АК. При включении данного клапана воздух подается к поршню, перемещает его в крайнее левое положение и тем самым выдавливает находящееся в аккумуляторе масло в контур ГТЗ. Это делается для того, чтобы внутренняя полость ретардера заполнилась маслом как можно быстрее, тем самым увеличив быстрдействие системы управления.

Данная схема СУ ГТЗ предусматривает защиту ретардера в случае заклинивания золотника клапана К5. Если золотник заклинивает во

включенном положении, в то время как ГТЗ должен быть выключен (рисунок 4, а), то тормозного момента создаваться не будет, так как контур ГТЗ будет соединен со сливом через клапан К4, а подпитка маслом ГТЗ останется перекрытой клапаном К4. При этом ГДТ будет отрезан от маслоохладителя, из-за чего масло в ГМП начнет усиленно нагреваться, что можно будет продиагностировать при помощи штатного температурного датчика ГМП. Если же золотник заклинит в выключенном положении, в то время как ГТЗ должен быть включен (рисунок 4, б), то начнет создаваться тормозной момент небольшой величины, так как подпитка входа ГТЗ будет включена, но выход ГТЗ останется соединен со сливом. При этом ГДТ точно так же будет отрезан от маслоохладителя, что, соответственно, отразится на показаниях штатного температурного датчика ГМП.

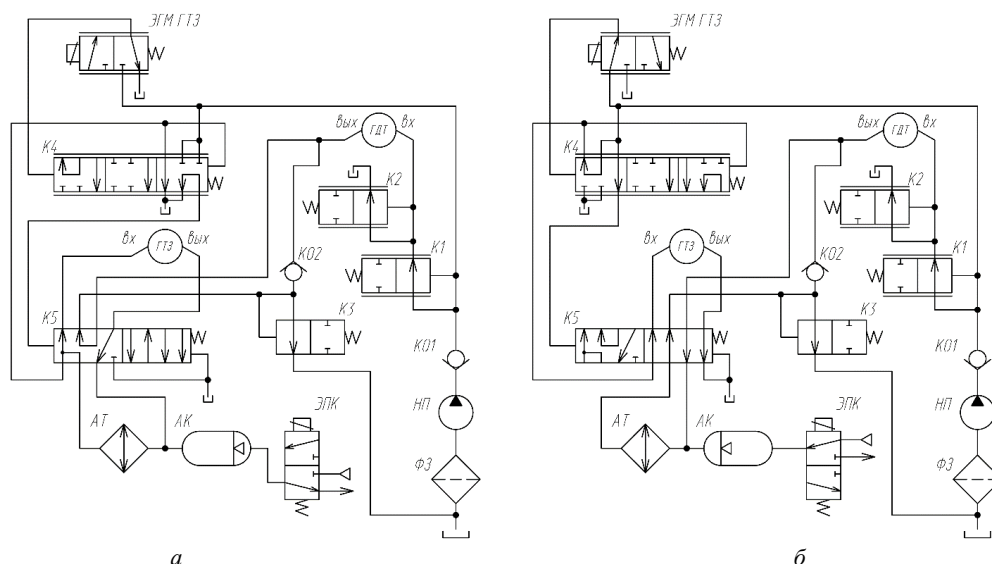


Рисунок 4 – Гидравлическая схема СУ ГТЗ в случае заклинивания клапана К5:  
 а – ГТЗ выключен, золотник заклинил во включенном положении;  
 б – ГТЗ включен, золотник заклинил в выключенном положении

### Результаты стендовых испытаний ГТЗ

В ходе стендовых испытаний новой системы управления к ретардеру был подключен тот же массив датчиков, что и в предыдущей работе [4]:

- частота вращения входного вала ГМП;
- частота вращения выходного вала ГТЗ;
- момент на выходном валу ГТЗ;
- температура масла на выходе из ГДТ;
- давление масла на выходе из ГДТ;
- температура масла на входе в ГТЗ;
- давление масла на входе в ГТЗ;
- расход масла на входе в ГТЗ;
- температура масла на выходе из ГТЗ.

Испытания ГТЗ проводились во всем диапазоне рабочих параметров. По результатам

испытаний был получен массив данных, который для удобства был сведен в графики зависимостей тормозного момента, частоты вращения выходного вала ГТЗ и широтно-импульсной модуляции (ШИМ). На рисунке 5 показана качественная зависимость тормозного момента от ШИМ на ЭГМ ГТЗ при частоте вращения выходного вала ГТЗ 1000 об/мин. Как видно из графика, при увеличении управляющего усилия (каковым и является значение ШИМ) тормозной момент плавно повышается. Таким образом, испытание подтвердило, что новая СУ ГТЗ способна создавать и плавно регулировать тормозной момент в зависимости от потребностей водителя или условий движения автомобиля.

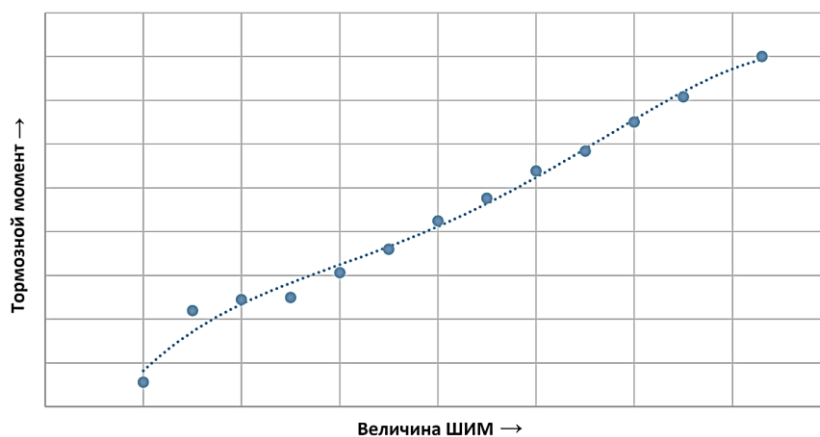


Рисунок 5 – Качественная зависимость тормозного момента от ШИМ при частоте вращения выходного вала ГТЗ 1000 об/мин

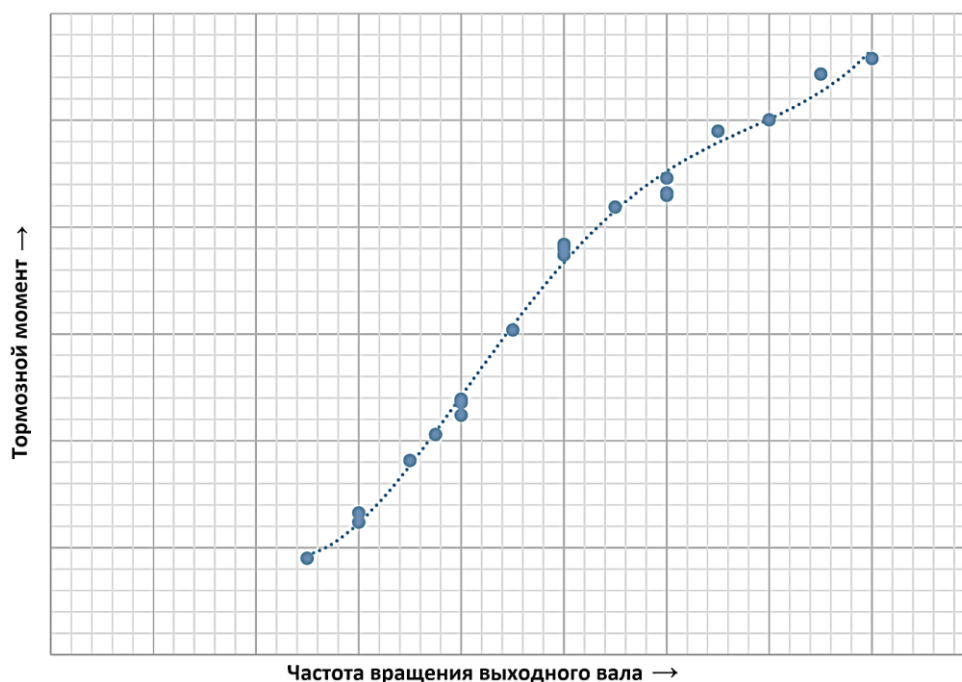


Рисунок 6 – Качественная зависимость тормозного момента от частоты вращения выходного вала ГТЗ при 100 % ШИМ

На рисунке 6 показана качественная зависимость тормозного момента от частоты вращения выходного вала ГТЗ при 100 % ШИМ на ЭГМ ГТЗ. Как видно из данного графика, тормозной момент непрерывно повышается по мере увеличения частоты вращения выходного вала. Данный результат говорит о том, что решение создать замкнутый контур «ГТЗ-маслоохладитель» было верным: даже на высоких частотах вращения в контуре ГТЗ сохраняется достаточное количество масла, чтобы создавать соответствующий тормозной момент.

### Заключение

На ОАО МЗКТ была разработана и испытана в стендовых условиях СУ ГТЗ с функцией обратной связи по давлению на входе ГТЗ. Результаты испытаний показали, что новая СУ ГТЗ способна создавать и плавно регулировать

тормозной момент на различных режимах работы ГТЗ. Таким образом, были еще раз подтверждены сделанные в работе [4] выводы о том, что в качестве параметра обратной связи для СУ ГТЗ необходимо использовать давление на входе ГТЗ. Далее необходимо более подробно исследовать характер изменения тормозного момента ГТЗ в зависимости от управляющего сигнала и частоты вращения выходного вала. Данные изыскания будут проводиться в ходе дальнейших исследований.

### Литература

1. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть : учеб. пособие для вузов / А. И. Гришкевич [и др.] ; под ред. А. И. Гришкевича. – Мн. : Вышэйшая школа, 1987. – 200 с.

2. Гавриленко, Б. А. Гидравлические тормоза / Б. А. Гавриленко, В. А. Минин, Л. С. Оловников. – М. : Машгиз, 1961. – 244 с.
3. Стесин, С. П. Лопастные машины и гидродинамические передачи : учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / С. П. Стесин, Е. А. Яковенко. – М. : Машиностроение, 1990. – 240 с.
4. Севрук, В.С. Результаты стендовых испытаний гидравлического тормоза-замедлителя производства ОАО «МЗКТ» / В.С. Севрук // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения нац. академии наук Беларуси; редкол.: С. Н. Поддубко [и др.]. – 2021. – Вып. 10. – С. 28–32.
5. Гидромеханическая передача Volat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.volatdefence.com/katalog/komplektuyushhie/gidromehanicheskie-peredachi/>. – Дата доступа: 12.10.2022.
6. Официальный сайт АО «ПКК Миландр» – разработчик и производитель интегральных микросхем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.milandr.ru/>. – Дата доступа: 12.10.2022.
7. Микросхема 32-разрядного однокристалльного микро-ЭВМ с памятью Flash-типа 1986BE9ху, К1986BE9ху, К1986BE9хуК, К1986BE92QI, К1986BE92QC, 1986BE91H4, К1986BE91H4, 1986BE94H4, К1986BE94H4. – АО «ПКК Миландр», 2020. – 533 с.
8. Комплект отладочный для микросхем 1986BE91Т, 1986BE94Т. Паспорт ТСКЯ.468998.014ПС. – АО «ПКК Миландр», 2017. – 21 с.
9. Благодаров, А. В. Программирование микроконтроллеров: методическое пособие на основе отечественных микросхем семейства 1986BE9х разработки и производства компании «Миландр» / А. В. Благодаров, Л. Л. Владимиров. – Зеленоград, 2016. – 242 с.
10. Севрук, В. С. Разработка алгоритма защитных функций САУ ретардером ГМП = Development of the HMT retarder automatic control system protection algorithm / В. С. Севрук, О. С. Руктешель // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 68–70.



SEVRUK Victor S.,  
Design engineer of the 1st category  
E-mail: viktrsevruc@rambler.ru

JSC Minsk Wheel Tractor Plant, Minsk, Republic of Belarus

Received 05 May 2022

## THE RESULTS OF BENCH TESTS OF THE HYDRAULIC RETARDER WITH A CONTROL SYSTEM PRODUCED BY JSC MWTP

*Hydraulic retarders have great potential in terms of application on special and dual-purpose vehicles: as a result of their use, the load on the main braking system is reduced, the road characteristics of the car are increased. However, at present, most of the retarders produced are produced by foreign companies. The control systems of such retarders, as a rule, are very poorly illuminated, their algorithms and principles of operation are often unknown. Thus, when developing its own control system for a hydraulic retarder, bench tests of the unit play an important role, which include recording all the parameters of the unit's operation with further analysis of the data obtained. This article presents the results of tests of a hydraulic retarder manufactured by JSC "MWTP" in bench conditions with an original control system. This control system has a feedback on the pressure at the entrance to the retarder, as a result of which an accurate and smooth regulation of the braking torque is provided.*

**Keywords:** transmission, hydromechanical transmission, hydraulic retarder, automatic control system, pressure feedback, bench tests.

### References

1. Cars: Construction, constructing and calculation. Control systems and chassis : textbook for universities / A. I. Grishkevich [et al.] ; edited by A. I. Grishkevich. – Mn. : Higher School, 1987. – 200 p.
2. Gavrilenko, B. A. Hydraulic brakes / B. A. Gavrilenko, V. A. Minin, L. S. Olovnikov. – M. : Mashgiz, 1961. – 244 p.
3. Stesin, S. P. Paddle machines and hydrodynamic gears : Textbook for university students in the specialty "Hydraulic machines, hydraulic drives and hydropneumoautomatics" / S. P. Stesin, E. A. Yakovenko. – M. : Mechanical Engineering, 1990. – 240 p.
4. Sevruc, V.S. The results of bench tests of the hydraulic retarder produced by JSC MWTP / V. S. Sevruc // Actual issues of machine science : collection of scientific works / United institute of Mechanical Engineering National Academy of Sciences of Belarus; editorial board: S. N. Poddubko [et al.]. – 2021. – Iss. – 10. – P. 28–32.
5. Hydro-mechanical transmission Voith [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.volatdefence.com/katalog/komplektuyushhie/gidromehchanicheskie-peredachi/>. Date of access: 12.10.2022.
6. The official website of JSC «ICC Milandr» – developer and manufacturer of integrated circuits [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.milandr.ru/>. – Date of access: 12.10.2022.
7. Chip 32-bit single-chip microcomputer with Flash-type memory 1986VE9X, K1986VE9X, K1986ve9x, K1986VE92QI, K1986VE92QC, 1986VE91N4, K1986VE91N4, 1986VE94N4, K1986VE94N4. – JSC «ICC Milandr», 2020. – 533 p.
8. Debugging kit for chips 1986VE91T, 1986VE94T. Passport TSKYA.468998.014PS. – JSC "PKK Milander", 2017. – 21 p.
9. Blagodarov, A.V. Programming of microcontrollers: a methodological guide based on domestic chips of the 1986VE9X family developed and manufactured by the Milandr company / A. V. Blagodarov, L. L. Vladimirov. – Zelenograd, 2016. – 242 p.
10. Sevruc, V. S. Development of the HMT retarder automatic control system protection algorithm / V. S. Sevruc, O. S. Ruckteschell // Automotive engineering and road transport : collection of scientific papers : in 2 volumes / Belarusian National Technical University, Automotive Faculty ; editor: D. V. Kapsky (ed.) [et. al.]. – Minsk: BNTU, 2020. – Vol. 1. – P. 68–70.