УДК 625.08

А. М. Щемелев, канд. техн. наук, проф.; А. С. Шибеко
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Представлена система, обеспечивающая накопление кинетической энергии поступательно движущихся и вращающихся масс при торможении мобильной машины посредством гидродвигателя (связан через трансмиссию с ведущими колесами), закачивающего рабочую жидкость в гидроаккумулятор с последующим использованием энергии накопленной жидкости при разгоне.

Увеличение энергоемкости парка машин, находящихся в эксплуатации, а также рост номенклатуры выпускаемой строительно-дорожной техники заставляет всерьез задуматься о таких немаловажных характеристиках, как топливная экономичность, производительность, конкурентоспособность, что особенно важно в условиях ограниченности топливно-энергетических ресурсов и, в связи с этим, постоянно растущей их стоимости.

Современные транспортные средства имеют большие резервы кинетической энергии, использование которой может дать значительный экономический эффект. Кинетическая энергия движения машины может быть накоплена и использована с помощью гидравлических систем рекуперативного торможения, т. е. предназначенную для использования энергию, которая диссипирует в тормозах, путем соответствующих технических решений можно накапливать, сохранять и затрачивать на совершение полезной работы.

Актуальным способом снижения энергопотребления является использование энергосберегающих систем торможения, основанных на принципе рекуперации энергии торможения [1, 2]. Такие системы на сегодняшний день являются альтернативой классическим системам торможения.

Авторами статьи разработаны и запатентованы [3, 4] гидравлические системы рекуперативного торможения, принцип работы которых заключается в следующем: рекуперативное торможение осуществляется за счет момента, возникающего на гидродвигателе, который кинематически связан с движителем и закачивает рабочую жидкость в блок гидроаккумуляторов. В моменты наибольшей загрузки двигателя внутреннего сгорания машины, при работе на корректорном режиме, осуществляется «подкрутка» трансмиссии гидродвигателем, использующим энергию жидкости, закачанной в блок гидроаккумуляторов при торможении.

Выбор основных параметров вышеописанной гидравлической системы рекуперативного торможения осуществляется согласно математической модели [5, 6] функционирования вышеописанной системы применительно к одноковшовым пневмоколесным фронтальным погрузчикам. Математическая модель содержит зависимости как между параметрами элементов механической части трансмиссии, так и между параметрами основных гидравлических элементов гидравлической системы рекуперативного торможения.

Только детальный анализ зависимостей между параметрами отдельных ее элементов позволит обоснованно подойти к вопросу о выборе схемы энергосбережения и рациональных ее параметров.

При исследовании математической модели функционирования ГСРТ для возможности выбора гидродвигателя, как одного из основных ее элементов применительно к каждой из моделируемых машин, за фактор варьирования был принят рабочий объем гидродвигателя. Затем было просчитано его влияние на величину минимального давления, при котором он должен работать, чтобы создать в трансмиссии такой момент сил, который даст возможность машине обеспечить тормозной путь, регламентированный требованиями стандарта по торможению. Графическая зависимость вышеописанных параметров для большинства погрузчиков приведена на рисунке 1.

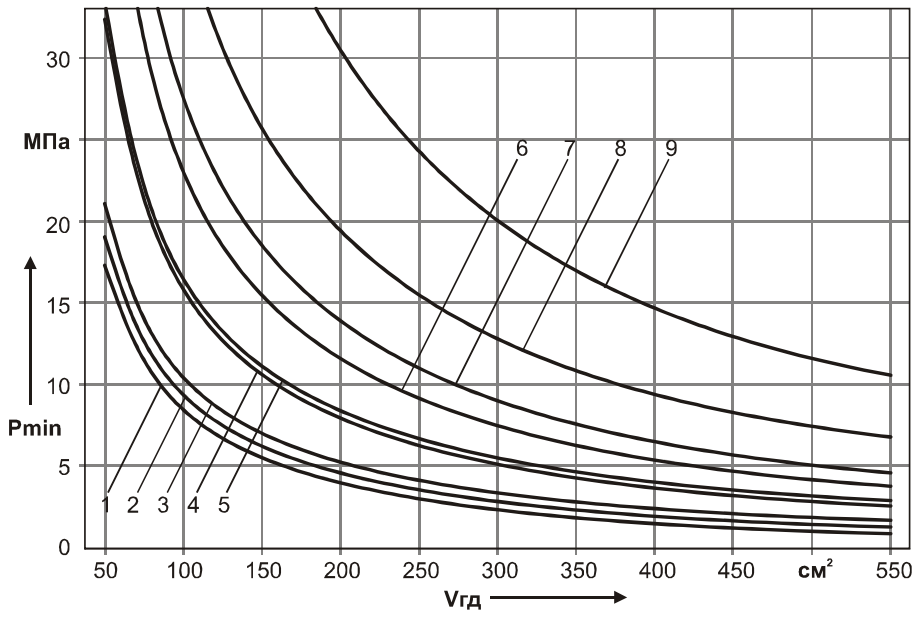

Рис. 1. Зависимость минимально необходимого давления на выходе из гидродвигателя от рабочего объема выбранного гидродвигателя при работе на гидроаккумулятор для ГСРТ: 1 – ДЗ-133; 2 – УН-050; 3 – ТО-6А; 4 – ТО-25; 5 – ТО-18; 6 – ПК-60; 7 – ТО-11; 8 – L-34; 9 – МоАЗ-4048

Анализ представленной графической зависимости четко показывает, что для погрузчиков, имеющих различную грузоподъемность, наиболее предпочтительный типоразмер гидродвигателя для ГСРТ также будет неодинаков. Кроме того, учитывая ситуацию в области гидропривода на сегодняшний день, когда гидравлическое оборудование большинства строи-

тельно-дорожных и подъемно-транспортных машин рассчитано на рабочие давления 15–25 МПа, можно сделать вывод, что для погрузчиков ДЗ-133, УН-050, ТО-6А, ТО-25, ТО-18 наиболее рациональным будет выбор гидродвигателя с рабочим объемом от 100 до 200 см^3. Погрузчики марок ПК-60, ТО-11, L-34 будут наиболее эффективно сберегать кинетическую энергию при помощи ГСРТ, построенными на основе гидродвигателей с рабочим объемом от 250 до 350 см^3.

Что касается более тяжелых погрузчиков, таких как МоАЗ-4048, то рациональным выбором для него будет гидродвигатель с рабочим объемом от 400 до 500 см^3, что соответствует величине давления зарядки гидроаккумулятора в 12–17 МПа.

График, отображающий зависимость минимально необходимого рабочего объема гидродвигателя для ГСРТ от коэффициента сопротивления перекатыванию машины как тележки, приведен на рисунке 2. График составлен для ГСРТ с использованием гидроаккумулятора пружинного типа и с давлением зарядки 16 МПа.

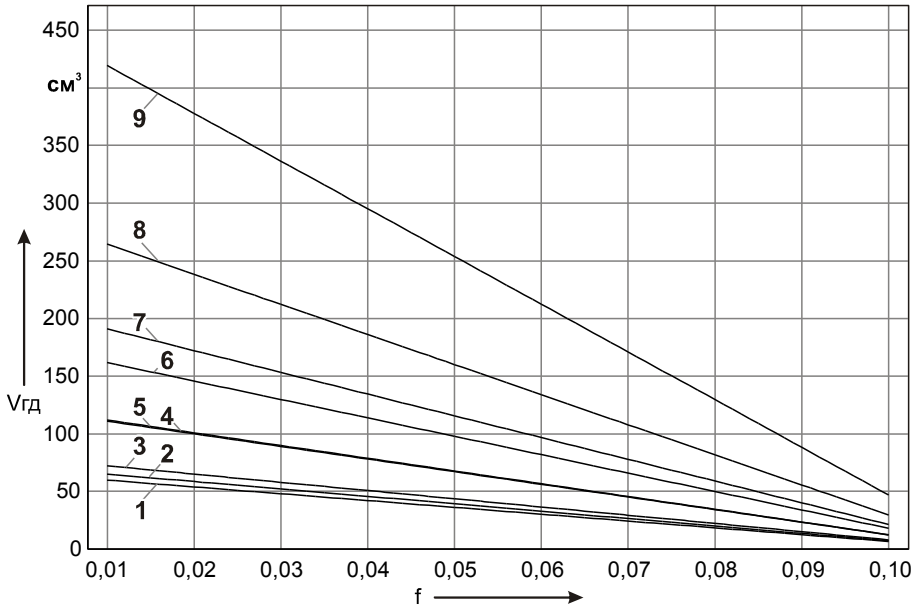

Рис. 2. Зависимость объема гидродвигателя от коэффициента сопротивления перекатыванию для ГСРТ: 1 – ДЗ-133; 2 – УН-050; 3 – ТО-6А; 4 – ТО-25; 5 – ТО-18; 6 – ПК-60; 7 – ТО-11; 8 – L-34; 9 – МоАЗ-4048

Анализ графика показывает, что для того, чтобы остановить, например, погрузчик МоАЗ-4048, оборудованный ГСРТ и движущийся со скоростью 13 км/ч по сухому асфальту (коэффициент сопротивления перекатыванию 0,015) в соответствии с требованиями стандарта по торможению, потребуется гидродвигатель с рабочим объемом 400 см^3.

Минимальный объем гидравлического аккумулирующего устройства целесообразно выбирать таким образом, чтобы он равнялся объему жидкости, поданной гидродвигателем за один цикл экстренного торможения от максимальной рабочей скорости до полной остановки. Таким образом, габариты ГСРТ будут минимальными. Также возможно применение гидро-

аккумулирующих устройств и большего объема, что обеспечит возможность утилизации энергии от других холостых процессов гидравлического привода машины с последующим ее использованием при разгоне или, например, на кондиционирование воздуха в кабине оператора.

Давление зарядки гидроаккумулятора должно подбираться из условия обеспечения необходимого тормозного момента на гидродвигателе, обеспечивающем рекуперативное торможение и регламентированного требованиями стандарта по торможению.

В частности, задавшись рациональным рабочим объемом гидродвигателя для ГСРТ и воспользовавшись рисунком 1, можно определить давление зарядки гидроаккумулятора, необходимого для этой системы. А для того, чтобы узнать и рациональный объем гидроаккумулятора, можно воспользоваться графиком, приведенным на рисунке 3.

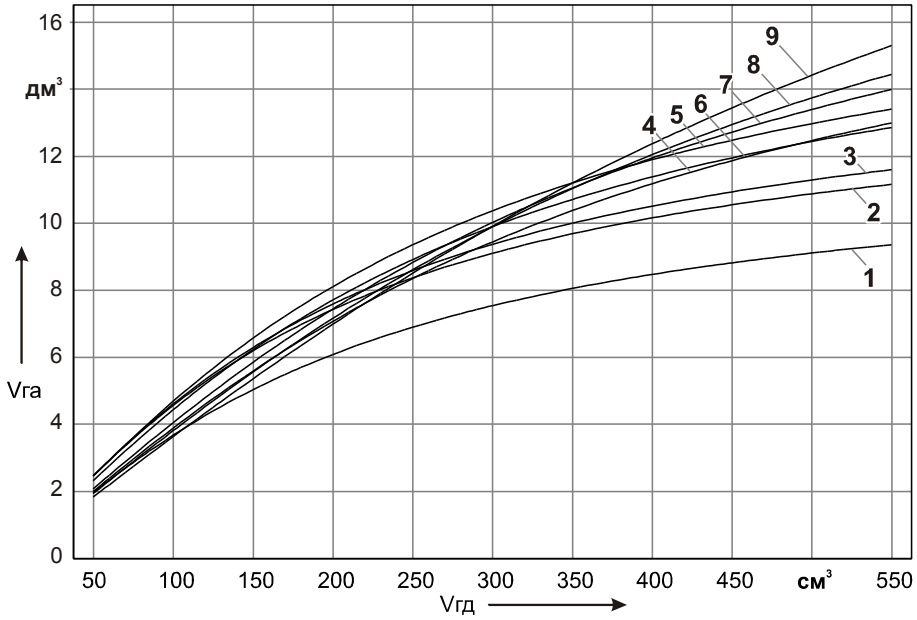

Рис. 3. Зависимость объема гидроаккумулятора от рабочего объема выбранного гидродвигателя для ГСРТ: 1 – ДЗ-133; 2 – УН-050; 3 – ТО-6А; 4 – ТО-25; 5 – ТО-18; 6 – ПК-60; 7 – ТО-11; 8 – L-34; 9 – МоАЗ-4048

Кроме того, при построении графика вначале для каждого из погрузчиков был произведен расчет по выбору основных параметров ГСРТ при условии установки блока гидроаккумуляторов, настроенных на давление зарядки равное 16 МПа, а затем для каждой машины был высчитан объем блока гидроаккумуляторов при определенном значении объема гидродвигателя, который варьировался от 50 до 550 см^3.

Используя график, приведенный на рисунке 3, можно определить, что, например, для погрузчика ДЗ-133, использующего для ГСРТ гидродвигатель с рабочим объемом 200 см^3, наиболее рациональным будет выбор гидроаккумулятора с рабочим объемом 6 литров.

Анализ использования гидродвигателей с различными рабочими объемами в составе ГСРТ применительно к одноковшовым фронтальным по-

грузчикам (ДЗ-133, УН-050, ТО-6А, ТО-25, ТО-18, ПК-60, ТО-11, L-34, МоАЗ-4048) позволил построить графические зависимости наглядно демонстрирующие рациональность выбора той или иной величины рабочего объема гидромашины. Полученные графики также дают возможность при выборе гидродвигателя оценить и такие немаловажные параметры, как минимальное и максимальное давления на выходе и входе гидромашины, оценить влияние коэффициента сопротивления перекатыванию и силового радиуса колеса на рабочий объем гидродвигателя.

Проанализирована зависимость необходимого объема гидроаккумулятора от выбранного рабочего объема гидродвигателя для различных марок одноковшовых фронтальных погрузчиков, позволяющая определять объем гидроаккумулятора необходимый для осуществления одного цикла торможения согласно требованиям стандартов. Проведен анализ влияния коэффициента сопротивления перекатыванию на величину рационального объема гидроаккумулятора, использование данных которого позволяет оценить степень воздействия дорожных условий на выбор объема гидроаккумулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богдан, Н. В.** Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин / Н. В. Богдан. – Минск : Ураджай, 2002. – 460 с. : ил.

2. **Гулиа, Н. В.** Накопители энергии / Н. В. Гулиа. – М. : Наука, 1980. – 152 с. : ил.

3. **Пат. 8565 C1 BY, МПК^7 E02F 9/22.** Гидропривод одноковшового фронтального погрузчика / А. С. Шибеко, А. М. Щемелев .– № 20040476; заявл. 22.10.2004; опубл. 30.06.2005 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь.

4. **Пат. 1965 C1 BY, МПК^7 E02F 9/22.** Гидросистема одноковшового фронтального погрузчика / А. С. Шибеко, А. М. Щемелев .– № 20040054; заявл. 29.01.2004; опубл. 30.10.2006 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь.

5. **Щемелев, А. М.** Энергосберегающая система торможения фронтального погрузчика / А. М. Щемелев, А. С. Шибеко // Строительно-дорожные машины. – 2004. – № 5. – С. 10–14.

6. **Шибеко, А. С.** Система рекуперативного торможения фронтального погрузчика / А. С. Шибеко // Вестн. Харьковского национ. авто.-дор. ун-т. – 2004. – № 27. – С. 86–88.