

Зная же величину  $X$  и (исходя из статистических данных) среднее число включений сцепления при трогании на километр  $X_{\text{км}}$ , можно вычислить средний пробег автомобиля до замены фрикционных накладок:

$$\bar{S} = \frac{X}{X_{\text{км}}} \quad (12)$$

Сравнив, таким образом, различные законы управления и найдя среди них оптимальный, можно, зная используемые в данном законе параметры, говорить о разработке оптимальной конструкции устройства управления, при разработке которой (несмотря на наличие довольно обширных возможностей современной электронной техники) следует учитывать как функциональные и эксплуатационные особенности различных исполнительных агрегатов, так и критерий стоимости.

#### Вывод

Сформулированный подход к выбору критериев оценки работы автоматического сцепления позволяет повысить эффективность разрабатываемых конструкций.

#### Литература

1. Кретов А.В. Выбор параметров и законов регулирования автоматического сцепления по критериям минимизации нагрузочных режимов трансмиссии: Дис. канд. техн. наук: М., 1987 – 214 с.
2. Шипилевский Г.Б. Тракторная автоматика. Методические указания к разделу дисциплины "Автоматические системы колесных и гусеничных транспортно-тяговых машин". – М.: МГТУ "МАМИ", 2001. 16 с.
3. Гусак А.А. Высшая математика. В 2-х т. Т. 2.: Учеб. для студентов вузов. – 2-е изд., испр. – Мн. ТетраСистемс, 2000. – 448 с.

#### **Исследование возможностей оптимизации объемной гидропередачи по показателям динамики разгона и топливной экономичности**

д.т.н., проф. Бахмутов С.В., Гусаков Д.Н.  
МГТУ «МАМИ»

*В статье приводятся особенности работы объемной гидропередачи в качестве трансмиссии многоосного полноприводного автомобиля. Приведена методика расчета статических режимов движения. Проведен сравнительный анализ использования законов управления с последовательным и параллельным регулированием гидромашин с точки зрения тяговооруженности и топливной экономичности.*

Исследования бесступенчатых передач показали, что их КПД меньше, чем у ступенчатых механических передач, и имеет максимум в узком диапазоне регулирования. Преимущество бесступенчатых передач состоит в плавном изменении передаточного отношения и постоянном подводе мощности к колесам автомобиля. Однако более низкий, чем у трансмиссии с постоянным зацеплением, КПД заставляет искать наиболее благоприятные с точки зрения топливной экономичности режимы работы. Обычно параметры бесступенчатой передачи подбираются таким образом, чтобы обеспечивать наибольший КПД в условиях основного режима нагружения – для автомобиля в качестве такого режима может быть принято движение по ровной дороге с номинальной скоростью.

В случае объемной гидропередачи с регулируемым насосом и мотором ставится задача выбора рационального закона управления гидромашинами. Необходимо исследовать режимы работы гидропередачи с целью определения оптимальных законов регулирования рабочих объемов гидромашин на разных режимах нагружения по показателям динамики разгона и топливной экономичности.

В данной работе расчет ведется по стандартной методике. Не учитываются динамические погрешности в гидропередаче, что в дальнейшем должно быть оценено количественно.

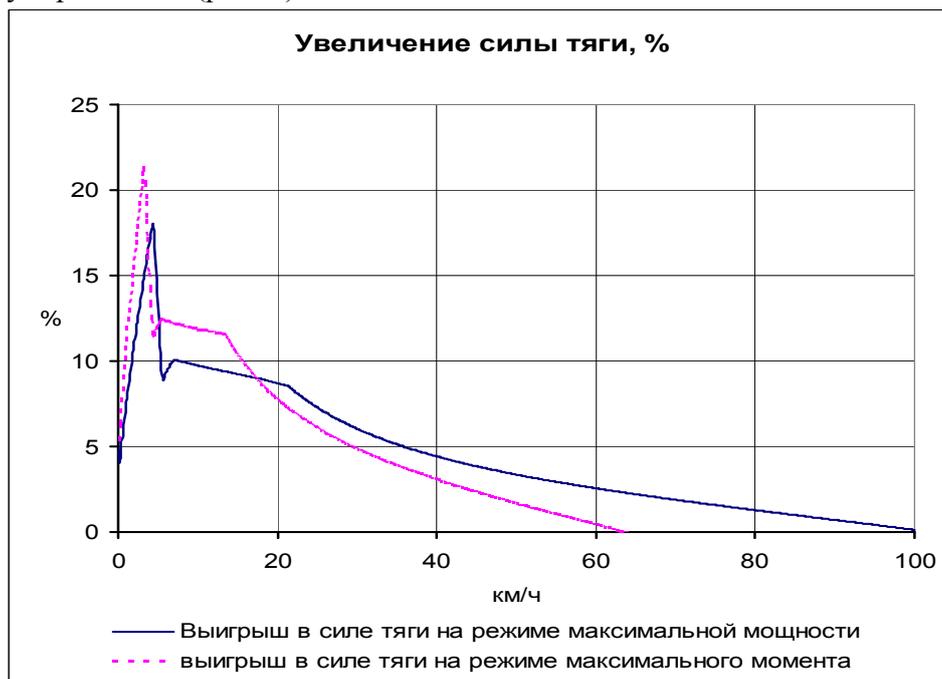
В качестве объекта исследований используется полноприводный экспериментальный автомобиль «Гидроход»<sup>1</sup> с объемной гидропередачей, полной массой 12т.

Задачей данной работы является определение влияния различных алгоритмов управления гидрообъемной трансмиссии на динамику и топливную экономичность прямолинейного движения. С этой целью рассматриваются два закона управления гидромашинами – последовательного и параллельного регулирования, – позволяющих использовать полный диапазон рабочих объемов гидромашин в условиях ровной асфальтированной дороги. Поскольку оценка динамических качеств автомобиля производится на основе тягового баланса, дальнейший расчет будем проводить для такого закона регулирования, который обеспечивает наибольший запас тяги в дорожном диапазоне скоростей, а в случае, если такой закон обеспечивает меньшую максимальную скорость, – для обоих законов.

Для оценки возможностей оптимизации алгоритмов управления трансмиссией при равномерном движении воспользуемся сравнительным анализом полного и частичного регулирования гидромашин. Под полным регулированием будем подразумевать тот из алгоритмов, который будет выбран на первой стадии расчетов, а под частичным – его вариации с ограниченным диапазоном регулирования рабочих объемов гидронасосов<sup>2</sup>.

Анализ максимальных скоростей движения показывает, что последовательное регулирование рабочих объемов гидромашин при разгоне дает преимущество по сравнению с параллельным регулированием.

Для количественной оценки преимущества последовательного регулирования подсчитаем выигрыш в силе тяги при подобном регулировании гидромашин по сравнению с параллельным регулированием (рис. 1).



**Рис. 1. Выигрыш от применения закона последовательного регулирования по сравнению с законом параллельного регулирования**

<sup>1</sup> «Гидроход» (разработан и построен специалистами ОАО «Инновационная фирма 'НАМИ-Сервис'») представляет собой полноприводный автомобиль типа бхб с полнопоточной гидрообъемной трансмиссией с электронной системой управления. Приводной двигатель внутреннего сгорания развивает максимальную мощность  $N_e = 187$  кВт (252 л.с.). Гидрообъемная трансмиссия (ГОТ) состоит из 3-х аксиально-плунжерных регулируемых, реверсивных и обратимых насосов и 6-ти аксиально-поршневых регулируемых и обратимых гидромоторов фирмы "Bosch Rexroth" (Германия). Каждый насос связан с 2-мя параллельно включенными гидромоторами, приводящими в движение колеса одной условной оси. ГОТ выполнена по закрытой схеме. Все три магистральных насоса заблокированы между собой и имеют общий привод от двигателя через редуктор, образуя насосную станцию.

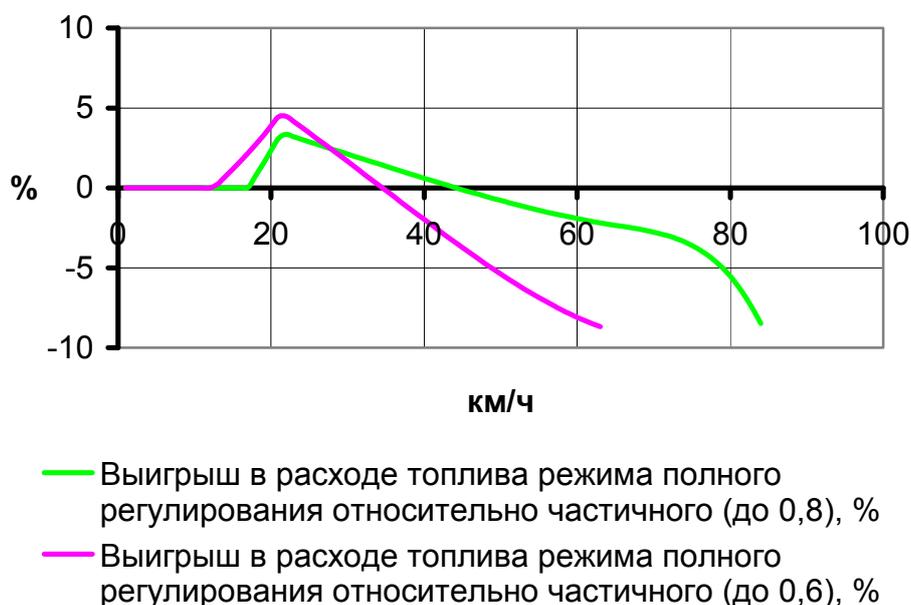
<sup>2</sup> при регулировании рабочий объем гидронасосов не доводится до максимального значения.

Анализ характера кривых сил тяги также показывает преимущество последовательного регулирования гидрообъемной трансмиссии на всех скоростных режимах.

Поскольку верхний предел диапазона передаточных отношений трансмиссии выбранной схемы и параметров соответствует режиму движения на максимальной скорости по ровной асфальтированной дороге, дальнейшее увеличения топливной экономичности за счет уменьшения передаточных отношений на высокоскоростных режимах нереализуемо. Тем не менее, на режимах движения со средними и малыми скоростями необходимо произвести поиск возможности улучшения топливной экономичности за счет выбора законов регулирования гидротрансмиссии. Это связано со спецификой работы гидротрансмиссии, поскольку ее КПД зависит от режима нагружения и при движении автомобиля с частичной нагрузкой поднятие давления в гидротрансмиссии может привести к увеличению ее КПД. При этом КПД на режимах полного нагружения снизится из-за роста влияния объемных потерь в гидромашинах и более высокое давление в гидромагистралях не приведет к увеличению силы тяги на колесах автомобиля.

Для оценки законов управления гидротрансмиссией с неполным регулированием проведем сравнение полного последовательного регулирования гидромашин с законами, при котором регулирование гидронасосов ограничивается соответственно 80% и 60% от их максимального рабочего объема, а характер совместного регулирования гидромашин остается последовательным.

Расход топлива на 100 км пути при равномерном движении представлен на рис. 2. Из графиков видно, что в зависимости от скорости движения экономически выгодными являются различные законы движения: от частичного регулирования на низких скоростях движения до полного – на высоких.

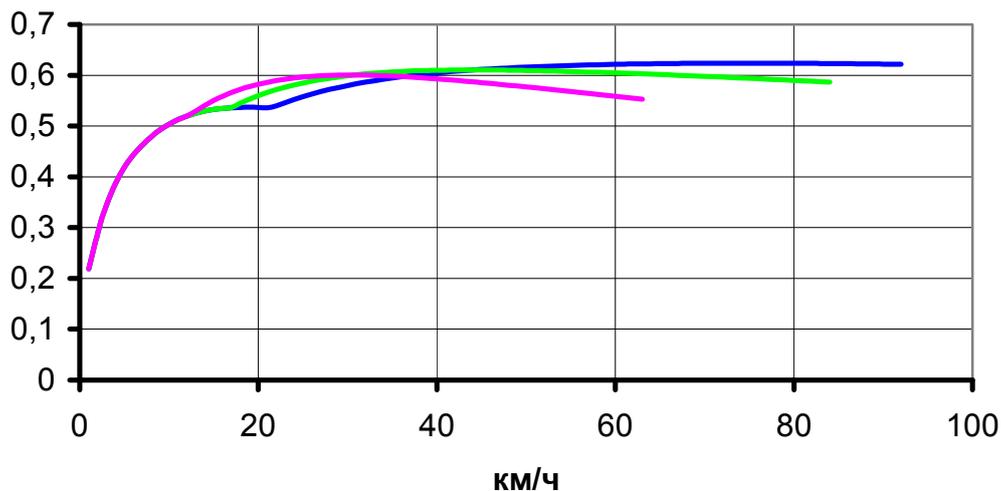


**Рис. 2. Увеличение расхода топлива на режиме полного регулирования относительно режимов частичного регулирования.**

Чтобы разобраться в причинах снижения КПД при полном регулировании на малых скоростях, определим параметры работы гидропередачи в этом случае. Равномерное движение на малых скоростях характеризуется небольшими нагрузками в трансмиссии. При этом возможно увеличение давления за счет изменения рабочих объемов гидромашин при сохранении общего передаточного отношения. В нашем случае это обеспечивается уменьшением рабочего объема гидронасоса(ов).

Изменение давления повлечет за собой изменение механической составляющей КПД, влияние которой на низкой скорости значительно. При этом на высокой скорости велико влияние объемной составляющей КПД, в большей степени зависящей от рабочего объема

гидромашин. Соответствующие характеристики представлены на рис. 3.



- КПД гидрообъемной трансмиссии при максимальной нагрузке и полном регулировании
- КПД гидрообъемной трансмиссии при максимальной нагрузке и частичном (0,8) регулировании
- КПД гидрообъемной трансмиссии при максимальной нагрузке и частичном (0,6) регулировании

**Рис. 3. КПД ГОТ при равномерном движении**

Количественная оценка уменьшения расхода топлива на частичных законах регулирования по сравнению с полным показывает, что однозначного преимущества того или иного закона регулирования на всех режимах движения не существует. В зависимости от условий или задач движения может быть рекомендован тот или иной закон управления рабочими гидромашинами. Следует также отметить, что в зависимости от параметров гидрообъемной трансмиссии скоростной диапазон, в котором наблюдается преимущество частичного регулирования, а также величина этого преимущества могут быть увеличены.

#### **Вывод**

Таким образом, параметры регулирования гидрообъемной трансмиссии следует выбирать, руководствуясь целью достижения наивысших показателей эффективности машины, критерии которой изменяются в зависимости от условий движения. Результаты проведенного сравнительного анализа указывают на необходимость использования методов многокритериальной оптимизации при определении законов управления гидрообъемной трансмиссией полноприводной колесной машины.

#### **Экспериментальная оценка влияния распределения мощности по осям полноприводного многоосного автомобиля на показатели управляемости и устойчивости**

д.т.н., проф. Бахмутов С.В., Гусаков Д.Н.  
МГТУ «МАМИ»

*Статья посвящена обзору и сравнительному анализу результатов экспериментального исследования полноприводного автомобиля бхб, оснащенного гидрообъемной трансмиссией. Предложена методика экспериментальной оценки управляемости и устойчивости многоосного полноприводного автомобиля. Сделаны выводы о необходимости создания автоматизированной системы управления.*

При проектировании многоосного автомобиля с возможностью индивидуального при-