

УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н. Н. ГОРБАТЕНКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Для исследования динамики гидравлического усилителя использована имитационная математическая модель рулевого управления грузового автомобиля, описанная в [1].

В ходе исследования варьировались геометрические параметры проходных сечений распределителя, частота вращения насоса, длина напорного трубопровода насоса. Проходные сечения рабочих окон роторного распределителя имели основные и вспомогательные дросселирующие кромки прямоугольного сечения. Вспомогательные кромки предназначены для предотвращения внезапного перекрытия потока рабочей жидкости при закрытии основных кромок.

На основе анализа результатов выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Эффективность работы гидравлического усилителя в значительной степени зависит от взаимосвязи между углом закручивания торсиона и площадями изменения проходных сечений распределителя. Указанная зависимость должна быть нелинейной и такой, чтобы при относительно малом угле закручивания торсиона проходное сечение закрывающегося окна распределителя уменьшалось быстрее, чем при большем угле закручивания торсиона. Это необходимо для быстрого увеличения усилия, прилагаемого водителем на рулевом колесе при малых углах закручивания торсиона, и предотвращения пульсаций давления в гидравлической системе при больших углах закручивания торсиона.

2. При парковке и низких скоростях автомобиля гидравлическая система должна создавать высокий перепад давления в полостях гидроцилиндра, обеспечивая значительную вспомогательную силу на выходном валу рулевого механизма при небольшом входном моменте на рулевом колесе. Это облегчает поворот управляемых колес. При высоких скоростях гидравлическая система должна создавать небольшой перепад давления в полостях гидроцилиндра, обеспечивая минимальную вспомогательную силу даже при относительно высоком входном моменте, чтобы снизить риск потери водителем контроля над автомобилем. Для стандартной конструкции гидроусилителя выполнить оба этих требования невозможно, т. к. такой усилитель имеет фиксированную характеристику усиления, не зависящую от скорости автомобиля. Решением может стать использование насоса с приводом от электродвигателя, частота вращения которого регулируется электронной системой в зависимости от скорости автомобиля.

3. Длина вспомогательной дросселирующей кромки роторного распределителя оказывает значительное влияние на динамику системы. Если все остальные параметры системы остаются неизменными, а значение длины вспомогательной кромки изменяется даже незначительно, отклик системы существенно меняется. Моделирование показало, что увеличение длины вспомогательной кромки на 4 мм по сравнению с эталонным значением приводит к уменьшению угла поворота управляемых колес на 20 % при том же входном воздействии. Амплитуда пульсаций давления в рабочих полостях гидроцилиндра значительно увеличивается, хотя его абсолютное значение изменяется незначительно. Минимальные пульсации давления в гидроцилиндре наблюдаются, когда отношение длины вспомогательной кромки к длине основной кромки составляет около 65 %. При отклонении от этого значения пульсации давления возрастают. Гидравлическая система становится неустойчивой, если отношение превышает 90 % или меньше 15 %.

4. Исследования показывают, что если колебания давления, генерируемые насосом увеличиваются с 2 % до 6 %, амплитуда пульсаций давления в гидроцилиндре возрастает с примерно 5 % до 9 %. Если пульсации расхода увеличиваются с 2 % до 6 % при постоянных других параметрах, пульсация давления возрастает с 5 % до 21 %. Это показывает, что рулевая система более чувствительна к пульсациям расхода насоса, чем к колебаниям давления насоса.

5. Длина напорной магистрали насоса и частота вращения насоса влияют на амплитуду колебаний давления в гидроцилиндре. Амплитуда достигает пика при частоте вращения насоса около 1300 об/мин. В диапазоне от 1000 до 1300 об/мин увеличение длины напорной магистрали снижает амплитуду колебаний. Это указывает на то, что длинный гибкий шланг может уменьшить колебания давления в определенном диапазоне частот вращения насоса.

6. Основной особенностью роторного распределителя является управление изменением площадей проходных сечений дроссельных кромок через угол закручивания торсионного вала. Колебания расхода и давления в магистрали изменяют рабочее давление в гидравлическом цилиндре, что через механизм обратной связи вызывает пульсации угла закручивания торсионного вала. Моделирование показало, что амплитуда пульсаций угла закручивания достигает максимума при частоте вращения насоса около 1300 об/мин. Это указывает на то, что колебания гидравлического давления могут стать неприемлемыми при такой скорости насоса из-за вибраций торсионного вала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Горбатенко, Н. Н.** Математическая модель рулевого управления грузового автомобиля с гидроусилителем интегрального типа / Н. Н. Горбатенко // Вестник Белорусско-Российского университета – 2024. – № 2 (83). – С. 5–15.