

2. Пинчук, В. В. Минимизация гидравлических потерь давления в каналах соединительно-монтажного модуля при построении структурных схем агрегатно-модульных гидроблоков управления технологического оборудования / В. В. Пинчук, С. Ф. Андреев, Е. В. Иноземцева // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2016. – № 4. – С. 41–45.
3. Пинчук, В. В. Расчет и конструирование агрегатно-модульных гидроблоков управления гидроприводов технологических машин / В. В. Пинчук, В. К. Шеле. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 270 с.
4. Справочник технолога машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мешярова. – 4-е изд. – М. : Машиностроение. – 1986. – Т. 1. – 656 с.

УДК 004.942:532

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
С АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ В ПРОГРАММЕ
LMS Imagine.Lab AMESim**

А. С. Колодко, Ю. А. Андреев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Исследованы возможности применения программы LMS Imagine.Lab AMESim для моделирования гидравлических систем с адаптацией к нагрузке. Применение программы LMS Imagine.Lab AMESim позволяет в короткие сроки исследовать системы без физической модели, а также позволяет сразу оптимизировать систему. Помимо исследования отдельного элемента также можно исследовать несколько систем одновременно и то, как они между собой взаимодействуют. Возможности данного продукта позволяют проводить моделирование не только гидравлических систем, но и систем других видов. Произведено компьютерное моделирование гидравлической системы с объемной адаптацией к нагрузке и дроссельным регулированием, получены характеристики систем с установкой дросселя на напорной и сливной гидролиниях, произведено сравнение параметров гидросистем.

Ключевые слова: гидропривод, моделирование, адаптация к нагрузке, LMS Imagine.Lab AMESim.

**SIMULATION OF THE HYDRAULIC SYSTEM
WITH ADAPTATION TO THE LOAD
IN THE LMS Imagine.Lab AMESim PROGRAM**

A. S. Kolodko, YU. A. Andreyevets

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The possibilities of using the LMS Imagine.Lab AMESim program for modeling hydraulic systems with load adaptation are studied. The use of the LMS Imagine.Lab AMESim program allows you to quickly investigate systems without a physical model, and also allows you to immediately optimize the system. In addition to studying a single element, it is also possible to study several systems at the same time and how they interact with each other. The capabilities of this product allow you to simulate not only hydraulic systems, but also systems of other types. A computer simulation of a hydraulic system with volumetric adaptation to the load and throttle control was performed, the characteristics of systems with a throttle installed on the pressure and drain hydraulic lines were obtained, and the parameters of the hydraulic systems were compared.

Keywords: hydraulic system, simulation, load adaptation, LMS Imagine.Lab AMESim.

AMESim – это система моделирования, позволяющая виртуально оценивать и оптимизировать производительность систем. Это возможность оптимизировать динамическое поведение гидравлических и пневматических компонентов, делая физическое про-

тотипирование необязательным. Благодаря широкому выбору компонентов, функций и инструментов, Simcenter позволяет моделировать жидкостные системы широкого спектра, такие как мобильные гидравлические приводные системы, системы силовых агрегатов или авиационные топливные системы и системы контроля окружающей среды [1–3].

Целью данной работы является исследование системы с адаптацией к нагрузке с дроссельным регулированием.

При моделировании с использованием AMESim реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым пользователь на экране из библиотеки стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты. При этом пользователю не нужно изучать язык программирования и численные методы математики, а достаточно общих знаний, требующихся при работе на компьютере, и знаний той предметной области, в которой он работает.

Объектом исследования в данной работе являются гидросистемы (рис. 1), в которых реализован принцип LS-регулирования (load sensing) – принцип адаптации к нагрузке, который используется в современных гидравлических приводах мехатронных систем. Принцип адаптации к нагрузке позволяет осуществлять регулирование входного давления системы по давлению на наиболее нагруженном рабочем органе, обеспечивает одновременное независимое управление при приемлемом уровне энергетических потерь, что расширяет область применения и технические характеристики системы.

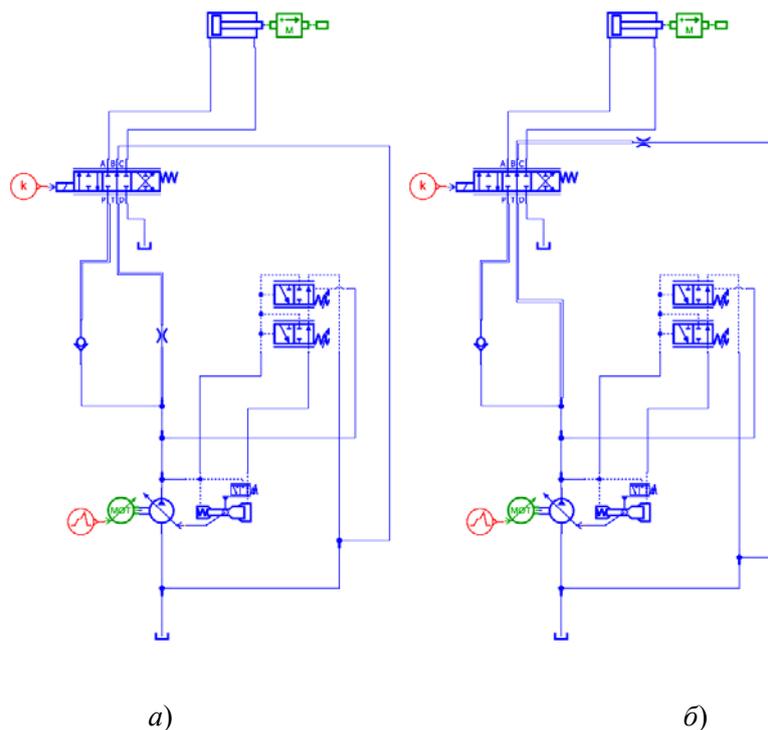


Рис. 1. Принципиальная схема гидравлической системы с объемной адаптацией к нагрузке:
 а – с регулятором давления золотникового типа и дросселем в напорной линии; б – с регулятором давления золотникового типа и дросселем в сливной линии

Исследуемая система состоит из одинакового набора элементов, принципиальным различием является место установки дросселя: на напорной линии до гидроцилиндра (рис. 1, а) и на сливной линии после цилиндра (рис. 1, б). Большинство элементов вхо-

74 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

дит с библиотеку программы, однако не все. Программа позволяет разрабатывать оригинальные гидроаппараты с помощью небольшого набора операций. Остальные параметры системы заданы самой программой автоматически.

Параметры системы: диаметр поршня равен 25 мм, диаметр штока – 12 мм, длина штока – 300 мм, расход жидкости – 0,02 л/мин; параметры на управляющем поршне: эквивалентная предварительная нагрузка пружины – 10 бар, дифференциальное давление пилота для минимального рабочего объема – 1 бар.

В результате моделирования в программе LMS Imagine.Lab AMESim получены графики изменения давления (рис. 2, а) и расхода (рис. 2, б) на гидродвигателе для исследуемых случаев установки дросселя в гидросистемах.

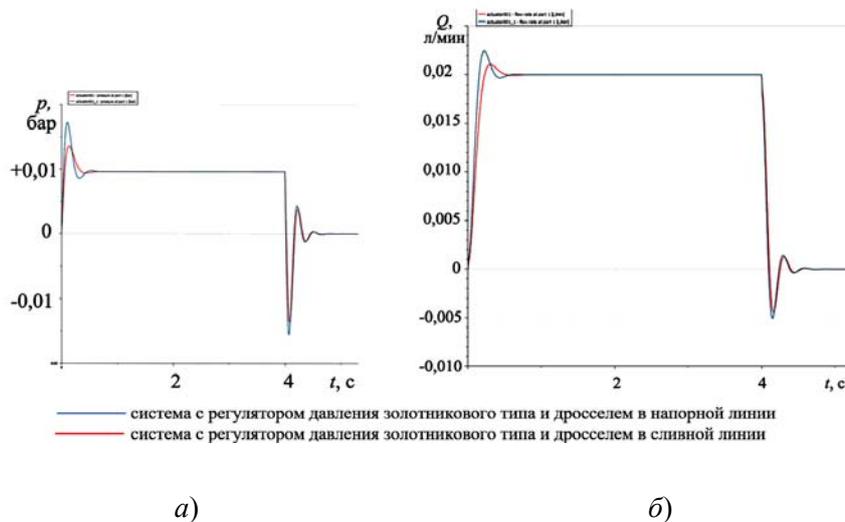


Рис. 2. Графики изменения параметров систем:
а – давления; б – расхода

Графически установлено, что система с дросселем, установленным после гидроцилиндра на сливной линии, имеет меньшую амплитуду пульсаций давления и расхода в начальный переходный период работы, т. е. обеспечивает более плавный запуск. В остальном же изменения давления и расхода абсолютно одинаковы.

На рис. 3 видна разница между регулирующим давлением. Также тут можно наблюдать, что при резком изменении параметров в системе происходит отдача давления для регулирования системы.

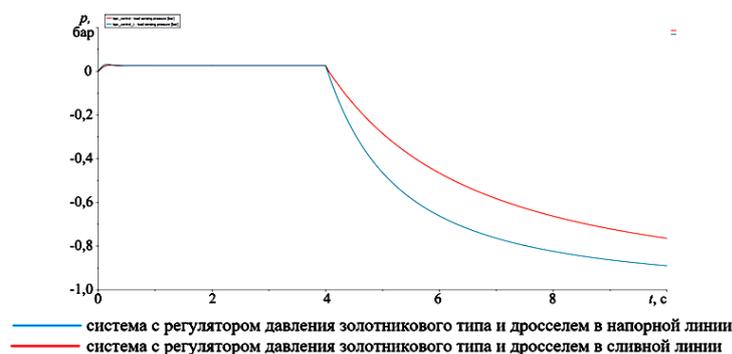


Рис. 3. Сравнение нагрузки давления в управляющих поршневых приводах

В данной работе был проведен анализ гидравлической системы в программе LMS Imagine.Lab Amesim. За счет широкой библиотеки элементов программный комплекс AMESim позволяет производить сложные исследования рабочего процесса гидро- или пневмопривода. Анализ данных систем позволил увидеть и сравнить результаты и выявить, что дроссель, установленный на сливе, обеспечивает более плавную работу системы.

Литература

1. Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах / А. Г. Гимадиев, П. И. Грешняков, А. Ф. Синяков. – Самара : Изд-во Сам. НЦ РАН, 2014.
2. Мельниченко, М. С. Компьютерное моделирование гидросистем с LS-регулированием / М. С. Мельниченко, Ю. А. Андреевец, Д. Л. Стасенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2019. – С. 45–48.
3. Хазеев, Е. В. Анализ имитационного моделирования гидравлических систем мобильных машин в различных программных комплексах / Е. В. Хазеев, Ю. А. Андреевец, К. В. Пупенко // Машиностроение: инновационные аспекты развития : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 26 апр. 2022 г. / Науч.-исслед. центр «Машиностроение». – СПб., 2022. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48655231_94822366.pdf.

УДК 629.114.2

АГРЕГАТИРОВАНИЕ БЕЛОРУССКИХ ТРАКТОРОВ С РОССИЙСКИМИ НАВЕСНЫМИ МАШИНАМИ

В. Б. Попов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

В. П. Бойков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Результаты агрегатирования машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов «БЕЛАРУС» зависят от параметров их подъемно-навесных устройств. Рациональный выбор последних улучшает количественные показатели агрегатирования.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, подъемно-навесное устройство, навесная машина, передаточное число, устойчивость.

AGGREGATION OF BELARUSIAN TRACTORS WITH RUSSIAN MOUNTED VEHICLES

V. B. Popov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

V. P. Boykov

Belarusian National Technical University, Minsk