

Литература

1. Антипирены для строительных полимерных материалов / Д. Л. Подобед [и др.] // Горная механика и машиностроение. – 2016. – № 4. – С. 5–10.
2. Бобрышева, С. Н. Применение метода дисперсионного анализа однофакторной математической модели для оптимизации состава полимеров с пониженной горючестью / С. Н. Бобрышева, Л. И. Буякевич, Д. Л. Подобед // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 3. – С. 45–51.

УДК 621.225.7

**ПРИКЛАДНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ  
С КЛАПАННОЙ АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ**

**Е. В. Хазеев, Д. Л. Стасенко**

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

*Рассмотрены вопросы построения прикладного моделирования гидравлических систем с клапанной адаптацией к нагрузке при помощи программного пакета «AmeSim». Определено, что для прикладного моделирования с полным анализом работы гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке рационально применять данный программный пакет.*

**Ключевые слова:** гидравлическая система, клапанная адаптация к нагрузке, прикладное моделирование.

**APPLIED MODELING OF THE HYDRAULIC SYSTEM  
WITH VALVE ADAPTATION TO LOAD**

**Y. V. Khazeyeu, D. L. Stasenko**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*In this paper, the issues of constructing applied modeling of hydraulic systems with valve adaptation to load using the "AmeSim" software package are considered. It is determined that it is rational to use this software package for applied modeling with a complete analysis of the operation of a hydraulic system with valve adaptation to load.*

**Keywords:** hydraulic system, valve adaptation to load, applied modeling.

В настоящее время во многих мобильных машинах при работе используются гидравлические системы, работающие по принципу клапанной адаптации к нагрузке, в которых источником питания служит нерегулируемый насос. Данный тип гидравлических систем можно считать относительно простым, надежным и экономически эффективным [1].

Исследования, направленные на построение математических моделей данных систем, являются важнейшей задачей для получения точных значений параметров работы системы. В связи с этим выбор типа моделирования становится актуальной задачей. Построение математических моделей при помощи теоретического моделирования требует большого количества времени на проведение исследований, в то время как при использовании имитационного моделирования можно упростить решение задач регулирования, управления, статики, динамики, исходя из единых методических позиций гидравлических систем и объединить все исследования в одно ядро расчетного комплекса [2].

Целью настоящей работы является построение модели гидравлической системы с клапанной адаптацией к нагрузке при помощи прикладного моделирования, определение принципов работы данной системы и выявление ее достоинств и недостатков.

Для проведения прикладного моделирования использовался программный пакет «AmeSim». На начальном этапе работы в данной программе была построена принципиальная схема гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке (рис. 1) [2]. Описан принцип работы системы. После чего были заданы начальные параметры работы системы (см. таблицу) с последующей в автоматическом режиме эмуляцией с учетом указанных параметров. По окончании эмуляции исследуемой гидросистемы были получены основные зависимости величины расхода от величины давления (рис. 2), а также выведена диаграмма времени работы элементов гидросистемы (рис. 3).

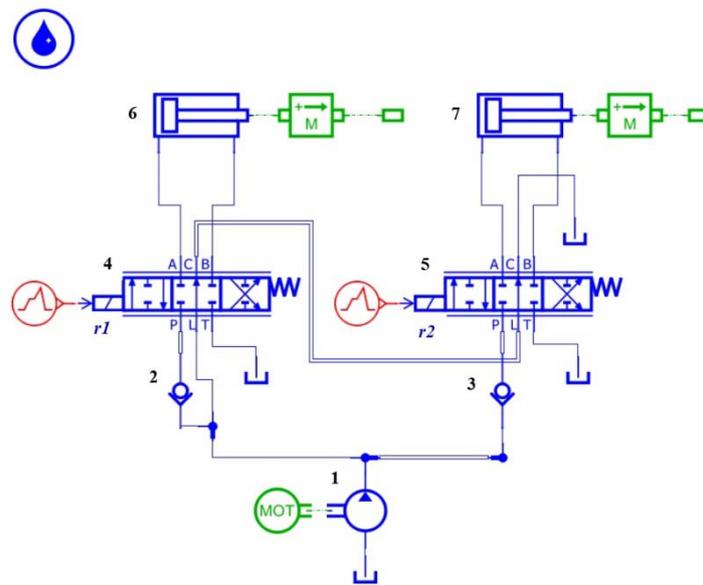


Рис. 1. Принципиальная схема гидравлической системы с клапанной адаптацией к нагрузке и нерегулируемым насосом:  
 1 – нерегулируемый насос; 2, 3 – обратный клапан;  
 4, 5 – распределитель; 6, 7 – цилиндр;  
 r1, r2 – электромагнит распределителя

Принцип действия гидросистемы состоит в следующем: при срабатывании электромагнитов  $r1$ ,  $r2$  золотники распределителей 4, 5 смещаются в крайнее правое положение, таким образом через обратные клапаны 2, 3 рабочая жидкость от нерегулируемого насоса 1, проходя через каналы  $P$  распределителей, поступает в поршневые полости цилиндров 6, 7. При достижении заданных позиций штоками цилиндров 6, 7 срабатывают датчики положения (на рис. 1 не указаны) и электромагниты  $r1$ ,  $r2$  отключаются, золотники распределителей за счет пружин возвращаются в нейтральное положение. Поддержание постоянной величины перепада давления в системе происходит за счет дополнительных каналов в распределителях  $L$ , через которые рабочая жидкость сливается в бак, тем самым регулируя величину расхода в системе.

Значения основных параметров исследуемой гидросистемы

Наименование параметра	Значение параметра		
Максимальный рабочий объем насоса $q_n$ , см <sup>3</sup>	20		
Приведенная к штоку масса подвижных частей цилиндра $m$ , кг	0,025		
Диаметр цилиндра $D_{ц}$ , мм	25		
Плотность рабочей жидкости $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1000		
Величина давления в системе $p_{i1}$ , МПа	15	12	6

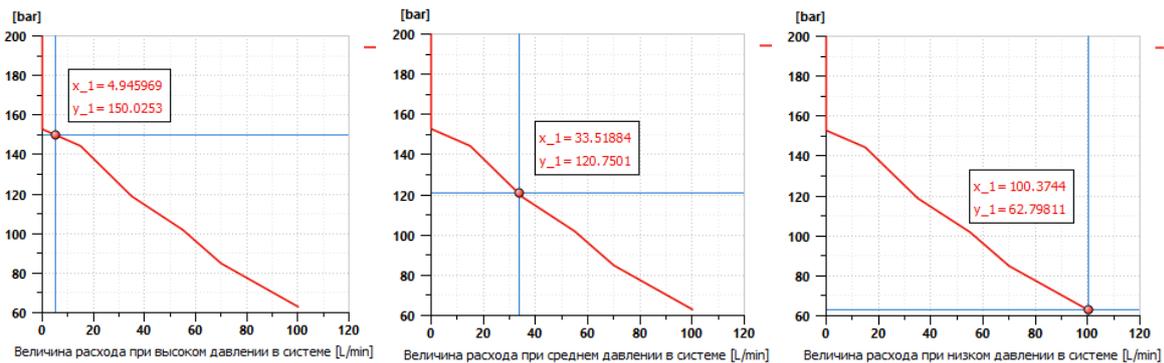


Рис. 2. График зависимости величины расхода от величины давления в системе

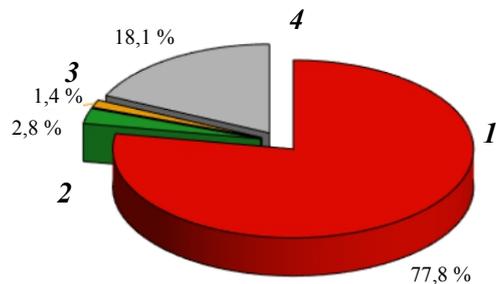


Рис. 3. Диаграмма времени работы элементов гидросистемы:  
 1 – нерегулируемый насос; 2 – распределители;  
 3 – обратные клапаны; 4 – цилиндр

После изучения результатов эмуляции исследуемой гидросистемы выяснилось, что в гидравлических системах с клапанной адаптацией к нагрузке уровень величины давления на одном потребителе может существенно влиять на величину скорости другого потребителя. Кроме того, величина расхода в исследуемой системе зависит не только от положения золотников распределителей, но и от величины давления нагрузки на потребителя. Данная особенность обеспечивает системе с клапанной адаптацией к нагрузке естественно высокое демпфирование, что способствует гашению колебаний. Чтобы повысить величину демпфирования в данном типе гидравлических систем, величина рабочего потока жидкости должна увеличиваться при увеличении перепада давления на распределителе и, наоборот, чтобы уменьшить величину демпфирования в системе, величина рабочего потока жидкости должна уменьшаться при падении величины перепада давления на распределителе. Данная

особенность дает возможность преодолевать большие инерционными нагрузками, что позволяет использовать гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке в мобильных машинах по типу мобильного крана [3].

В результате проделанной работы была построена прикладная модель гидравлической системы с клапанной адаптацией к нагрузке в среде «AmeSim». Анализ диаграммы времени работы элементов гидросистемы показал, что насос работает практически постоянно, а наименее нагруженными элементами системы являются обратные клапаны. Анализ значений зависимости расхода от давления в системе показал, что оба параметра изменяются пропорционально. Таким образом, полученная имитационная модель гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке может использоваться для дальнейших исследований, направленных на определение оптимальных параметров работы данного типа гидросистем.

#### Литература

1. Stasenko, D. Comparative analysis of load-sensing hydraulic systems for mobile machines / D. Stasenko, A. Hinzburh, Y. Khazeyeu // Scientific-technical union of mechanical engineering "INDUSTRY 4.0" : VI International scientific conference winter session, Borovets, Bulgaria, 08–11 Dec. 2021. – Borovets, 2021. – P. 189–192.
2. 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 Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 2022 / НИЦ МС. – СПб., 2022. – № 5. – С. 18–22.
3. Хазеев, Е. В. Анализ современных гидросистем с объемной адаптацией к нагрузке / Е. В. Хазеев, Д. Л. Стасенко, А. А. Гинзбург // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 2021 г. / Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2021. – С. 62–64.

УДК 621.225.7

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ С КЛАПАННОЙ АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ**

**Е. В. Хазеев, Д. Л. Стасенко**

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

*Рассмотрены вопросы построения теоретического моделирования гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке средствами узлового метода моделирования. Определено, что данный метод моделирования рационально применять для данного типа гидросистем.*

**Ключевые слова:** гидросистема, клапанная адаптация к нагрузке, теоретическое моделирование.

### **THEORETICAL MODELING OF THE HYDRAULIC SYSTEM WITH VALVE ADAPTATION TO LOAD**

**Y. V. Khazeyeu, D. L. Stasenko**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*In this paper, the issues of constructing a theoretical simulation of a hydraulic system with valve adaptation to load by means of a nodal modeling method are considered. It is determined that this modeling method is rational to apply for this type of hydraulic systems.*

**Keywords:** hydraulic system, valve adaptation to load, theoretical modeling.