

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ДРОССЕЛИРУЮЩИЕ ПАЗЫ УПРАВЛЯЮЩЕГО КЛАПАНА ДАВЛЕНИЯ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА ГИДРОСИСТЕМЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КАЧАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА БЛЮМОВОГО УСТРОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ**

**И. Н. Головки, Д. В. Лаевский**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Д. Н. Андрианов

В настоящее время при разработке электрогидравлических усилителей для вибрационных установок широкое применение получил метод конечных элементов (МКЭ) для моделирования течения жидкостей и газов в проточных полостях гидравлических аппаратов. Основной сложностью при проектировании гидравлических устройств с заранее известными характеристиками является трудоемкий и дорогостоящий процесс опытно-конструкторских и экспериментальных работ с многократным изготовлением и последующими экспериментальными работами.

С целью определения расходно-перепадной характеристики через дросселирующие кромки управляющего клапана от перемещения его золотника был использован МКЭ. Целью моделирования является снижение затрат, связанных с многократными опытно-экспериментальными работами, и снижение требуемых топливно-энергетических ресурсов.

В ходе работы был проведен предварительный гидравлический расчет и определены давления и расходы на участках гидравлической системы. На следующем шаге полученные давления и расходы задаются как граничные условия для решения уравнений Навье-Стокса в численном виде средствами программного комплекса ANSYS Flotran. При расчете МКЭ использовались физические характеристики рабочих жидкостей, которые предпочтительно используются в гидроприводах, работающих в составе установок непрерывной разливки стали, а именно водно-полиалкиленгликолевые (НФС) (значение вязкости и температуры принимаются постоянными).

После выбора оптимальной схемы управления давлением согласно критерию снижения полного времени переключения золотника, уменьшения зоны нечувствительности, возникающей при переключении из нулевого положения в начальное рабочее (рис. 1). Произведен расчет основных геометрических размеров корпуса гильзы, золотника управляющего гидроклапана давления направляющего устройства гидроусилителя и получена точная геометрическая расчетная область с учетом зазоров. При этом сделано допущение, что зазор между золотником и корпусом постоянный и имеет форму кольца. Также произведено сравнение с уже существующими образцами серийного производства (Parker Hann., MOOG, ОАО «ГСКТБ ГА»), занимающихся проектировкой и изготовлением гидравлических аппаратов с пропорциональным управлением.

Проанализировав полученные данные, был определен тип дросселирующих кромок золотника и спроектирован пропорциональный гидроклапан давления средствами КОМПАС 3D V10 (рис. 2, а) согласно принципиальной схеме (рис. 2, б) с требуемой геометрией дросселирующих кромок и перекрытием, близким к нулевому.

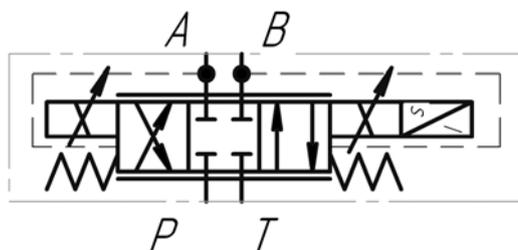


Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема управления давлением с использованием гидроклапана давления управляющего гидрораспределителя

Далее была составлена схема размеров гильзы и золотника основного каскада с учетом зазора между ними (рис. 2, б) и разработана программа для построения плоской осесимметричной параметрической модели средствами САЕ-пакета ANSYS (рис. 2, а). Так же было выполнено построение трехмерной геометрической модели (рис. 4, а).

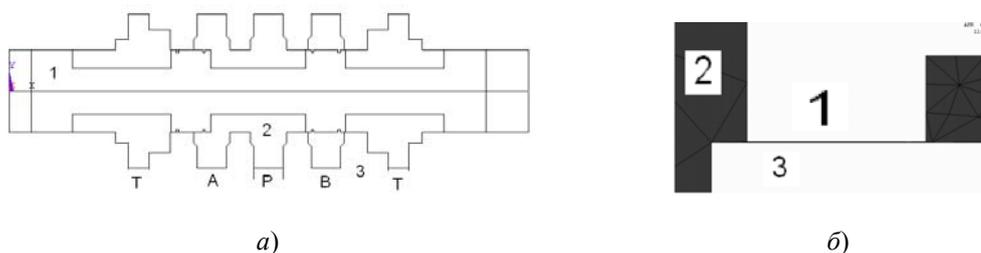


Рис. 2. Плоская осесимметричная модель (соединение гидравлических линий P-A):  
1 – золотник; 2 – расчетная область; 3 – корпус; P – напорная гидролиния;  
A, B – рабочие гидролинии, подключаемые к гидроцилиндру;  
T – сливная гидролиния

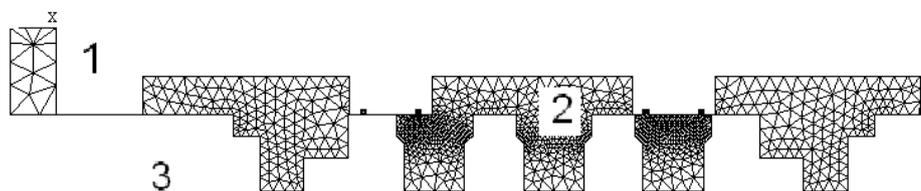
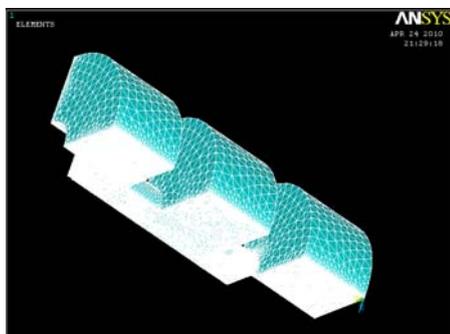


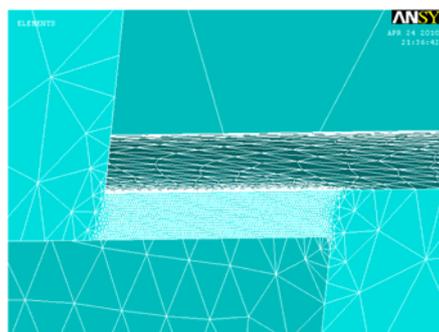
Рис. 3. Участок расчетной области с нанесенной сеткой из треугольных элементов (1180 узлов)

Преимущественное отличие параметрического метода задания расчетной области заключается в том, что при моделировании процесса изменения характера течения через дросселирующие кромки требуется многократное (20 раз) перестроение с малым шагом изменения геометрии канала, заключенного между геометрической областью гильзы корпуса и золотника основного каскада и получения конечно-элементной сет-

ки (рис. 3 – для плоской осесимметричной модели, рис. 4, а, б – для трехмерной расчетной модели). Автоматизация процесса перестроения расчетной области приводит к снижению времени расчёта и вероятности возникновения ошибки.

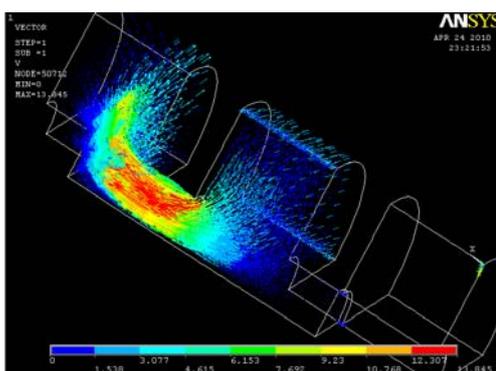


а)

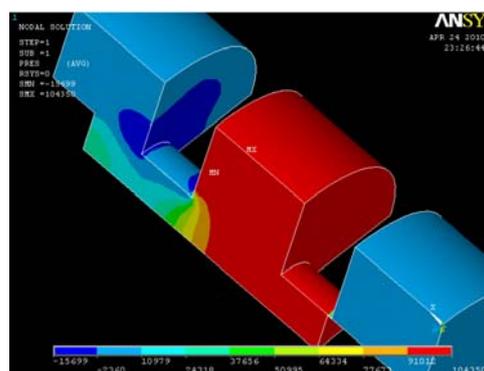


б)

Рис. 4. Расчетная область трехмерной геометрической модели:  
а – геометрия расчетной области с нанесенной конечно-элементной сеткой;  
б – конечно-элементная сетка в зазоре (10 мкм) между гильзой и золотником



а)



б)

Рис. 5. Результаты расчета:  
а – векторы скоростей в узлах сетки; б – поля давлений при открытии дросселирующего канала на 2 мм

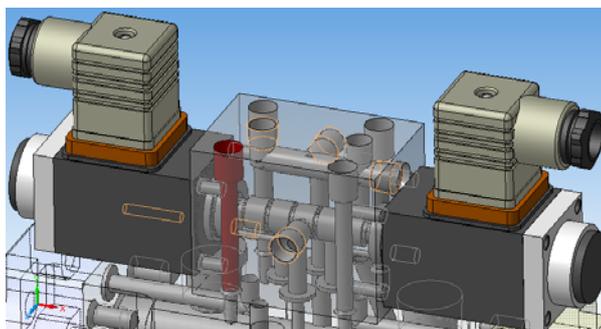


Рис. 6. Общий вид спроектированного пропорционального гидроклапана давления гидропривода механизма качания

Расчет проводился с использованием  $k$ -е модели движения рабочей среды. Результаты расчета приведены на рис. 5.

В результате проделанной работы использован комплексный подход к моделированию процесса течения через четырехдроссельный золотник с острыми кромками с учетом зазора, спроектирован пропорциональный гидроклапан давления рис. 6. Получена модель для расчета полей давлений и векторов скоростей, позволившая получить расходно-перепадные характеристики через золотник с дросселирующими кромками. Установлено, что при максимальном открытии дросселирующей щели (3 мм) при перепаде в 1 МПа расход составил 2,5–3 л/мин. Расходно-перепадная характеристика носит сложный нелинейный характер в зоне начального открытия щели исследуемой геометрии. Результаты работы могут быть использованы в дальнейших исследовательских, опытно-конструкторских работах по созданию опытного образца гидропривода качания кристаллизатора.

#### Л и т е р а т у р а

1. Головкин, И. Н. Исследование гидродинамических процессов, протекающих в главном каскаде пропорционального распределителя гидропривода механизма качания кристаллизатора установки непрерывной разливки стали / И. Н. Головкин, Д. Н. Андрианов // Сб. материалов X МНТК молодых работников «Металл-2010», 7–9 июля 2010 г. – С. 108–111.
2. Головкин, И. Н. Цели и тенденции в развитии механизмов качания гильзы кристаллизатора и их сравнительная характеристика / И. Н. Головкин, Д. Н. Андрианов // Литье и металлургия. – 2010. – № 4. – С. 195–200.
3. Прандтль, Л. Гидро-и аэромеханика. Том второй. Движение жидкостей с трением и технические приложения / Л. Прандтль, О. Титенс ; пер. с нем. Г. А. Вольперта. – М. : Ленинград, 1935. – 321 с.
4. Режим доступа: <http://www.ansysolutions.ru>.