

Анализ прочности торцевых распределителей нерегулируемых гидромашин

Основными тенденциями повышения технического уровня агрегатов современного гидропривода являются увеличение рабочего давления, уменьшение массы и габаритов, а также стабилизация высокого уровня КПД в рабочем диапазоне параметров. Создание новых конструкций гидромашин, а также модернизация выпускаемых начинается с разработки качающего узла (КУ), что неразрывно связано с выбором рациональной конструкции узла распределения (УР) рабочей жидкости (РЖ). Сложность такого выбора сопряжена с тем, что при разработке качающего узла необходимо создать условия для выполнения различных, порой противоречивых требований: размеры качающего узла должны обеспечить заданный рабочий объем гидромашин, прочность, жесткость и долговечность деталей при минимальных габаритах.

Во всех видах объемных гидромашин узла распределения является одним из основных узлов, он предназначен для разделения полостей гидромашин с высоким и низким давлением в рабочих камерах, а также для их периодического соединения. В поршневых гидромашин наибольшее применение нашли золотниковые распределители, которые при направлении потока рабочей жидкости вдоль оси вращения вала называются торцевыми распределителями (ТР), а при направлении потока перпендикулярно оси вращения — цапфенными.

В технической литературе для расчета наиболее напряженной зоны — стенки распределителя — применяется теория безмоментных оболочек несмотря на то, что эта область фактически является криволинейной балкой.

Наиболее простым методом расчета ТР на прочность является метод определения напряжений и деформаций для условной толстостенной трубы.

Если в гидромашин (рабочее давление 20 МПа) разрушения этой стенки не возникали, то с переходом на высокие давления (32 МПа, а в последнее время 40 МПа) стали наблюдаться трещины на границах окон каналов

Основой расчета узла распределения является определение площади его окон и проходных каналов из условия обеспечения необходимой скорости движения рабочей жидкости. Размеры, форма окон и зазоров между контактирующими поверхностями узла распределения и деталями рабочих камер оказывают существенное влияние как на гидромеханические и объемные потери, так и на надежность гидромашин в целом. Вопрос создания адекватной модели ТР для прочностного расчета до настоящего времени остается малоисследованным, отсутствуют и практические рекомендации по выбору рациональных конструктивных параметров деталей узла распределения такого типа.

ТР различаются формой и числом окон, формой торцевой поверхности, на которую опирается ротор, и поперечным сечением каналов. По числу окон можно выделить одно-, двух- и многооконные распределители. Наибольшее распространение в аксиально-поршневых гидромашин (АПГ) получили

двухоконные распределители с серповидными каналами высокого и низкого давления (рис. 1, а). Рассмотрим методику аналитического расчета напряжений, возникающих в ТР нерегулируемой гидромашины, причем основные положения этой методики могут быть использованы и для распределителей других типов АПГ.

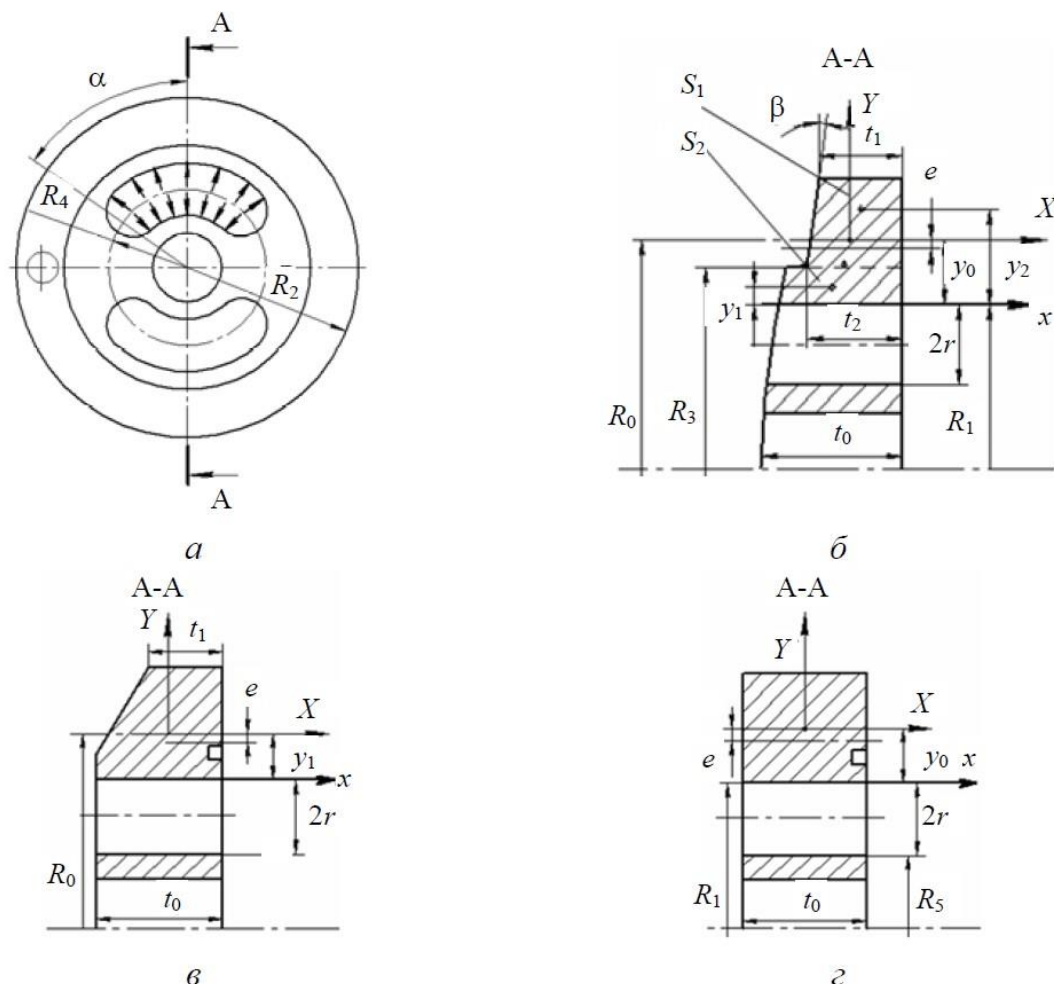


Рис. 1. Двухоконный ТР гидромашины: поверхность, обращенная к крышке корпуса (а) и многоугольная (б), пятиугольная (в), прямоугольная (г) формы поперечных сечений.

Торцевая поверхность ТР со стороны блока цилиндров может быть сферической (рис. 1, б) либо плоской (рис. 1, в, г). Применение ТР со сферической торцевой поверхностью в АПГ обеспечивает воздействие на блок цилиндров дополнительного момента, который препятствует раскрытию стыка между ними. В нерегулируемых гидромашинах наибольшее применение получили ТР с цилиндрической боковой поверхностью, а в регулируемых АПГ боковая поверхность ТР обычно является плоской. В поршневых гидромашинах в основном применяются распределители с многоугольным поперечным сечением наружной стенки (НС) (см. рисунок 1, б), используют также более простые формы — пятиугольную либо прямоугольную. Ранее выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) по методу конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS для двухоконного ТР регулируемой и

нерегулируемой АПГ, в котором использовалось трехмерное представление.

В этой модели не учитывались факторы, оказывающие незначительное влияние на действующие нагрузки и уровень напряжений, а именно, принимали, что в каналах распределителя рабочей жидкости несжимаема, а давление в них постоянно, т.е. не учитывались инерционный и скоростной напоры. Давление в напорном канале распределителя принимается постоянным и равным давлению в полости гидромашины.

Была создана модель ТР в программном комплексе КОМПАС 3D и экспортирована в ANSYS. Были приложены нагрузки. Анализ полученных результатов позволил определить зоны и величины максимальной интенсивности напряжений и максимальных деформаций в ТР. В результате анализа напряженно-деформированного состояния установлено, что, независимо от формы поперечного сечения наружной стенки, максимальные эквивалентные напряжения действуют в краевых зонах окон. Полученные результаты позволили выявить особенности напряженно-деформированного состояния наружной стенки. Тот факт, что максимальные перемещения наружной стенки с многоугольной формой сечения возникают в зоне оси симметрии канала ТР, обращенной к БЦ, свидетельствует, что деформация не является плоской, т.е. имеет место кривой изгиб.

Анализ НДС дал возможность принять ряд допущений, которые позволили выбрать расчетную схему для выполнения аналитического моделирования. Поскольку в зоне скругления, где действуют максимальные напряжения, последние распределены по толщине практически равномерно, а в плоскости симметрии, где обнаружен кривой изгиб, напряжения неравномерны, но их величина в несколько раз меньше максимальных, для аналитического расчета принята модель наружной стенки в виде бесшарнирной арки с поперечным сечением, имеющим размеры этой стенки канала. Рассматривается только половина ТР с каналом высокого давления, деформации и напряжения в зоне канала низкого давления существенно меньше.