

УДК 62-82-112.6(083.13)

ПЕРСПЕКТИВНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНТАЖНОГО КОРПУСА ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН

О. К. Гурбан, В. В. Пинчук

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

Оптимизация параметров присоединительных размеров СММ на основе критериев: объем и масса, гидравлические потери давления, трудоемкость и стоимость изготовления позволяет выполнить параметрический синтез агрегатно-модульных ГУ. Для решения поставленной задачи проведен анализ общего критерия оптимальности СММ с учетом техпроцесса (ТП) его изготовления.

То есть, если учитывать весь срок эксплуатации изделия, затратами на стоимость материала (которая находится на уровне затрат на обработку) и обработки заготовки СММ можно пренебречь, а расчет и выбор оптимальной конструкции СММ вести исключительно на основе учета энергозатрат при работе привода.

Ключевые слова: приводы технологического оборудования, гидроблоки управления, технологические машины, гидроаппараты, критерий оптимальности.

Введение

В процессе создания гидроприводов технологических машин разрабатывают гидроблоки управления (ГУ), состоящие из соединенных между собой гидроаппаратов согласно принципиальным гидросхемам [1]. Проблема повышения эффективности ГУ является актуальной для любого машиностроительного предприятия [2]. Вместе с тем, при создании конструкций гидроаппаратов монтажные корпуса во внимание не принимаются, что ухудшает показатели конструкций ГУ в целом. Одной из главных причин снижения эффективности ГУ является вариативность структурных решений в процессе их конструирования, которая существенно усложняет этот процесс. при этом считают [3], [5], что переход к агрегатно-модульному конструированию ГУ позволит снизить негативное влияние фактора вариативности процесса проектирования на выходные показатели создаваемых ГУ (материало - и энергоёмкость, затраты и сроки создания).

Постановка задачи

Конструкция гидропривода и его основные параметры определяются типом машины, для которого он предназначен, поэтому разработка должна начинаться с анализа технического задания (ТЗ). В ТЗ приводятся: методы управления и контроля; требуемые блокировки; нагрузочные характеристики и режимы движения каждого рабочего органа; циклограмма рабочего цикла станка; необходимые средства диагностики технического состояния; основные требования надежности. Особое внимание уделяется сокращению энергетических потерь. Обычно в гидросистемах станков температура не превышает 55 °С и лишь в простейших гидроприводах, к стабильности работы которых не предъявляется высоких требований, может достигать 70 °С. Поддержание теплового режима гидропривода, в котором имеются значительные потери мощности вследствие дросселирования масла, – весьма сложная техническая проблема, требующая существенного увеличения объема бака или применения эффективной системы искусственного охлаждения. После составления принципиальной схемы приступают к подбору гидроаппаратов и других узлов. Совокупность признаков совершенства входящих в ГУ компонентов позволит сформулировать задачу многокритериальной оптимизации ГУ.

Решение задачи оптимального конструирования агрегатно-модульных ГУ следует вести путем разработки и использования монтажных модулей, определяемых принципиальными гидравлическими схемами. Установлено [2], [4], что разработка и обоснование параметров присоединительных размеров соединительно-монтажных модулей (СММ) позволяет выполнить проектирование гаммы компонентов агрегатно-модульных ГУ: СММ, замыкающих блоков (БЗ), блоков распределителей (БР) и присоединительных блоков (БП). Таким образом, оптимизация параметров присоединительных размеров СММ на основе критериев: объем и масса, гидравлические потери давления, трудоемкость и стоимость изготовления позволяет выполнить параметрический синтез агрегатно-модульных ГУ.

Для оптимизации параметров СММ получено выражение общего критерия оптимальности [1]:

$$X = \left(C_1 \frac{V}{V^*} + C_2 \frac{S}{S^*} + C_3 \frac{\Delta P_B}{\Delta P_B^*} + C_4 \frac{\Delta P_\Gamma}{\Delta P_\Gamma^*} \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где: $C_1 - C_4$ – коэффициенты взаимной важности критериев, назначаемые экспертным путем, ΔP_B - потери давления в вертикальных каналах СММ; ΔP_Γ - потери давления в горизонтальных каналах СММ, V и S –

соответственно объем и полная поверхность СММ, $\Delta P_B^*, \Delta P_T^*, V^*, S^*$ - нормирующие множители.

Однако, общий критерий оптимальности СММ (1) лишь сужает допустимое множество вариантов проектируемой конструкции соединительно-монтажного модуля, задавая в нем множество компромиссно-оптимальных проектов – область Парето.

Целью настоящего исследования является упрощение процесса оптимизации параметров СММ.

Методы исследований

Принимая во внимание критерии оптимальности СММ рассмотрим присоединительные размеры СММ, общий вид которого представлен на рис. 1.

Для решения поставленной задачи проведем анализ общего критерия оптимальности СММ (1). При этом, анализ формулы будем проводить с учетом техпроцесса (ТП) его изготовления, который в общем случае включает следующие операции: 1 - вертикально фрезерная (черновая); 2 - горизонтально фрезерная (черновая); 3 - шлифовальная (черновая); 4 - сверлильная; 5 - шлифовальная (чистовая).

Однако, учитывая ТП изготовления СММ, нам необходимо учесть операцию 4 – сверлильная.

$\frac{C_V}{C_V^*}$ – как отношение стоимостей объёма первоначальной заготовки;

$\frac{C_S}{C_S^*}$ – как отношение стоимостей площадей обработанных поверхностей

СММ;

$\frac{C_{cb}}{C_{cb}^*} + \frac{C_{\varepsilon}}{C_{\varepsilon}^*}$ - как стоимость структуры каналов СММ (включает стоимость

потерь энергии при проходе рабочей жидкости по каналам СММ и стоимость сверления этих каналов).

Таким образом рубль (например), будет являться единым параметром для всех частей уравнения (1), а оптимизация будет сводиться к расчету минимальной стоимости готового изделия.

Формула (1) примет следующий вид:

$$X = \left(C_1 \frac{C_M}{C_M^*} + C_2 \frac{C_O}{C_O^*} + C_3 \frac{C_{CB}}{C_{CB}^*} + C_4 \frac{C_{\varepsilon}}{C_{\varepsilon}^*} \right) \rightarrow \min \quad (2)$$

где: C_M – стоимость материала, руб., C_O – стоимость обработки, за операции фрезеровки и шлифовки, руб., C_{CB} – стоимость операции сверление каналов СММ, руб., C_{ε} – цена затраченной энергии на гидравлические потери давления в каналах СММ, руб.

Анализ формулы (2) показывает, что определение первых двух слагаемых затруднений не вызывает, в тоже время оптимизация стоимости структуры каналов вызывает определенные затруднения из-за ее вариативности. Для решения этой задачи рассмотрим конструктивное устройство СММ, представленное схематично на рис. 1.

Цифрами 1 – 8 обозначены магистральные каналы СММ, 9 – 24 – его коммуникационные каналы. Чтобы выполнить расчеты стоимости структуры СММ введем индексы отверстий СММ: входа (i) и выхода (j) рабочей жидкости. Тогда $i = 9, 10, \dots, 23$, а $j = 10, 11, \dots, 24$. Введенные обозначения и размеры позволяют нам задавать и определять характеристику каналов СММ при проходе рабочей жидкости с одной его плоскости на другую, и таким образом определять стоимость потерь энергии ζ_{Σ} и сверлений ζ_{CB} в соединениях между установленными на СММ гидроаппаратами.

На рис. 1 нанесена для пояснения трассировка соединения между отверстиями $i = 9$ и $j = 11$.

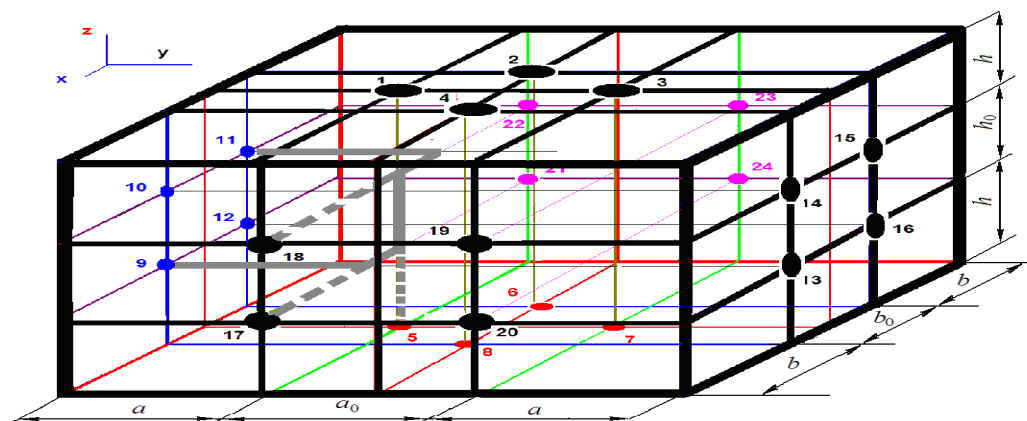


Рис. 1 – Конструктивное устройство СММ (схема)

Следует отметить при этом, что конфигурация каналов, учитываемая для расчетов стоимостей ζ_{Σ} и ζ_{CB} , может несколько отличаться между собой, что обусловлено технологическими особенностями изготовления каналов СММ. Так на рис. 1 для расчетов ζ_{Σ} будет использоваться структура каналов, нанесенная сплошной линией, а для расчетов ζ_{CB} необходимо добавлять еще и участки каналов, нанесенные штриховыми линиями.

Гидравлические потери давления в соединениях между гидроаппаратами посредством СММ можно рассчитать при помощи формул (4):

$$\Delta p_{i,j} = \sum_{k=1}^{m_j} \Delta p l_k + \sum_{s=1}^{n_i} \Delta p m_s, \quad (4)$$

где n_i – число местных сопротивлений (поворотов); m_j – число прямолинейных участков каналов; $\Delta p_{i,j}$ – потеря давления в заданном направлении; $i = 9, 10, \dots, 23$ – номера входных отверстий; $j = 10, 11, \dots, 24$ – номера выходных отверстий;

Для определения длины L_k прямолинейного участка канала используем размеры СММ, указанные на рис. 1.

Расчеты стоимости C_{CB}^{ij} выполним, используя следующие формулы:

$$C_{CB}^{ij} = \frac{1000}{S_n \cdot n} \sum L_{ij} \cdot \text{ТАРИФ}_{\text{н_час}},$$

где, для принятых нами размеров СММ: $n = 500$ об/мин – частота вращения сверла;

$S_n = 0.14$ мм/об – подача сверла; L_{ij} – длина каналов между отверстиями входа i и выхода j ; $\text{ТАРИФ}_{\text{н_час}} = 0.457$ руб – стоимость нормочаса операции сверление техпроцесса [7].

Используя полученные значения $C_{\text{э}}^{ij}$ (рис. 2) и C_{CB}^{ij} можно выполнить расчеты стоимости структуры каналов C_{ij} , таким образом, если учитывать весь срок эксплуатации изделия, то даже за год эксплуатации, при 2-х сменной работе оборудования (годовой фонд рабочего времени – 4018 часов) соотношение $C_{\text{э}}^{ij}$ против C_{CB}^{ij} резко изменяется в сторону увеличения свыше 300 раз. То есть, при назначении коэффициентов важности критериев $C_1 - C_4$ по формуле (1), учитывая длительность срока эксплуатации СММ, которая может достигать 10 лет и более, затратами на стоимость материала (которая находится на уровне затрат на обработку) и обработки заготовки СММ можно пренебречь, а расчет и выбор оптимальной конструкции СММ вести исключительно на основе учета $C_{\text{э}}^{ij}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свешников В. К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников. -4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. -510с.
2. Красневский Л. Г. Роль наукоемких компонентов в машиностроении / Л.Г. Красневский / Современные методы проектирования машин. -2004, - Т.1 –вып.2, -С. 47-50.
3. Создание конструкций гидроприводов машин методом агрегатирования / А.Я. Оксененко, Ф.А. Наумчук, П.О. Водопьян, Я.Е. Рубинфайн, В.И. Дорощенко, М.К. Гераймович, В.В. Пинчук, Г.Я. Салов - М.:НИИМАШ, 1985. - 77 с.
4. 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 // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2016, № 4 с.41-45