

УДК 62-82-112.6(083.13)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

**В.В. Пинчук<sup>1</sup>, А.А. Гинзбург<sup>2</sup>, О.К. Гурбан<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «ГСКТБ ГА», г. Гомель, Республика Беларусь

**Введение.** Создание конструкций гидроблоков управления машин и механизмов на основе гидравлической схемы привода является одной из основных задач при его проектировании. Решить эту задачу возможно только на основе учета факторов, оказывающих влияние на эффективность гидроблоков управления (систематические изменения: принципиальных гидросхем, вызванные конструктивными особенностями технологических машин; присоединительных размеров гидроаппаратов, вызванные их параметрической оптимизацией; граничных условий, исходящих от используемых в гидроблоках управления аппаратов и устройств комплектуемой машины при их функционировании; ошибки при конструировании и выход параметров гидроблоков управления за допустимые пределы, которые вызваны тем, что задачу поиска оптимальных структур гидроблоков управления решают на основе эвристического подхода). Рациональное проектирование гидроблоков управления является предпосылкой того, что бы с одной стороны они могли выполнять свои задачи, а с другой – функционировали с необходимой эксплуатационной надежностью. Большое количество требований при постановке задачи, а также многочисленные граничные условия и воздействующие факторы, исходящие от используемых в гидроблоках управления аппаратов и устройств при их функционировании, вынуждают разработчиков становиться на путь системного подхода. В связи с чем при проектировании гидроблоков управления возникают многочисленные варианты технических решений, которые должны быть проанализированы с целью выбора оптимального.

Однако, решение этой задачи представляет определенные трудности из-за проведения работы по выбору ограниченного числа критериев их оптимальности, что до настоящего времени в полной мере не сделано.

**Постановка задачи.** Сократить количество подлежащих анализу вариантов технических решений гидроблоков управления и тем самым упростить процесс их проектирования позволяет ограничение и усреднение отдельных его показателей и параметров путем классификации гидроприводов машин. В работе [1] гидроприводы машин классифицированы по давлению, способу регулирования скорости движения исполнительных органов, виду циркуляции рабочей жидкости в гидросистеме, методу контроля при различных нарушениях в работе гидропривода.

С учетом классификации гидроприводов в работе [1, с.452] приводится типовая последовательность этапов разработки гидроприводов, которая должна начинаться с анализа технического задания (ТЗ) технологической машины.

Далее, при проектировании анализируются различные варианты принципиальной гидросхемы. При этом решаются вопросы техники безопасности, в том числе при различных нарушениях в работе гидрооборудования (случайные падения давления, сгорание обмотки электромагнита, засорение малых отверстий и т.п.); вводятся блокировки, исключающие возможность несовместимых движений, падения вертикально расположенных рабочих органов, включения движений при отсутствии смазки и т.п.; обеспечивается необходимый минимум регулировок.

После составления принципиальной схемы приступают к подбору гидроаппаратов и других узлов гидропривода по их функциональному назначению и величине условного прохода, рассчитывают проходные сечения трубопроводов в зависимости от расхода масла, проходящего по тому или иному участку гидросистемы, и рекомендуемой скорости потока рабочей жидкости.

На основе принципиальной гидросхемы и выбранных гидроаппаратов и узлов выполняют проектирование гидропривода. При этом гидравлические схемы приводов современных машин, как правило, состояются из нормализованных аппаратов и агрегатов, серийно изготавливаемых специализированными заводами, что позволяет упростить процесс проектирования, монтаж гидравлических систем и их эксплуатацию.

Из нормализованных аппаратов (или функциональных узлов) создаются разнообразные системы, обеспечивающие работу по сложным циклам с широким диапазоном регулирования скорости.

Следовательно, в процессе конструирования как ГУ, так и гидроаппаратов необходимо учитывать фактор вариативности принципиальных гидросхем приводов.

Таким образом, гидроблок управления является составной частью гидросистемы, поэтому все требования, предъявляемые к гидроприводу, в

равной степени относятся и к гидроблокам управления. Вместе с тем, при составлении принципиальной гидросхемы, являющейся основой для проектирования гидроблоков управления, рассматриваются только гидроаппараты, где учитывается их функциональное назначение и величина условного прохода, определяемая исходя из рекомендуемой скорости потока рабочей жидкости [2]. Однако в состав гидроблоков управления кроме гидроаппаратов входят и монтажные корпуса, параметры которых также необходимо учитывать не только при конструировании гидроблоков управления, как сборочной единицы гидропривода, но и в процессе создания самих гидроаппаратов.

**Целью** настоящего исследования является обоснование и выбор критериев оптимальности ГУ приводов технологического оборудования при их проектировании.

**Методы исследований.** В общем случае исходным требованием при проектировании гидроблоков управления является получение конструкции, обеспечивающей минимум затрат на ее изготовление и эксплуатацию при удовлетворительных значениях надежности. То есть, математическую модель гидроблоков управления ( $W$ ) можно выразить следующей формулой [1]:

$$W = \langle x, D, X \rangle, \quad (1)$$

где  $x$  - вектор управляемых переменных;  $D$  - множество допустимых вариантов проектируемой конструкции (т.е. конкретное значение  $x$ , определяемое некоторым числом ограничений);  $X$  - функционал цели, описывающий эффект от выбора того или иного варианта проектируемого гидроблоков управления.

Задача оптимизации гидроблоков управления состоит в определении значения  $X$ , удовлетворяющего условию:

$$X \rightarrow \text{extr} \quad (2)$$

$$x \in D$$

Однако, ГУ является сложной технической системой, включающей гидроаппараты и монтажные корпуса, каждый из которых характеризуется своими признаками, в связи с чем, для реализации условия (2) необходим выбор показателей качества ГУ и назначение критериальных ограничений.

Под признаками технической системы [4, с.99] (гидроблока управления) понимаются характеристики ее свойств, причем они могут быть как качественными, так и количественными.

По способу определения они могут быть измеряемыми и оцениваемыми в баллах. К измеряемым показателям относятся: размерные (габаритные размеры всего ГУ и его составных частей), массы

(конструктивная масса, общая масса и др.). К показателям, оцениваемым в баллах, относятся: способ монтажа, демонтажа и др.

Отработка конструкции гидроблоков управления на технологичность связана со снижением трудоемкости и себестоимости его изготовления, технического обслуживания и ремонта. Некоторые из приведенных показателей могут иметь абсолютные значения, другие относительные и удельные.

Установленные признаки гидроблоков управления в процессе проектирования вступают в бинарные отношения с целями разработки. Описание, включающее цели и признаки, является концептуальным. Оно сводится к построению подмножества признаков, элементы которого вступают в бинарные отношения с элементами выбранного подмножества целей.

То есть, совокупность частных признаков лишь сужает множество допустимых вариантов  $D$  проектируемых конструкций гидроблоков управления, задавая в нем область Парето - множество компромиссно-оптимальных проектов, оценки которых не могут быть улучшены одновременно по всем частным признакам. Область Парето является важной характеристикой многокритериальной задачи (многокритериальный оптимум всегда находится в области Парето) [4]. Однако эта область имеет слишком много элементов, поэтому для выбора оптимального варианта нужна дополнительная информация. Методы Парето, используемые для решения задач инженерного синтеза [4], позволяют оценивать решение по множеству противоречивых критериев и учитывать опыт конструктора при назначении критериальных ограничений. Выделение множества паретовских решений в ходе исследования пространства параметров гидроблоков управления существенно облегчает конструктору поиск оптимальных вариантов, особенно при синтезе структурно-сложных многопараметрических систем на заключительных его этапах.

Таким образом, оптимальные конструкции гидроблоков управления могут быть получены при установлении бинарных отношений. На основе учета результатов исследований конструктивных решений гидроблоков управления установлено [4, 7], что таковыми являются следующие признаки ГУ:

- занимаемый объем и его масса;
- трудоемкость, и соответственно, стоимость изготовления;
- гидравлические потери давления в системе (энергетические характеристики);
- надежность;
- шумоизлучение;
- герметичность ГУ, т.е. "гидравлические утечки рабочей жидкости";

– способ монтажа системы элементов и уровень их унификации в гидроблоках управления.

В этом случае оптимальным параметрам гидроблоков управления будет отвечать минимальное значение  $V$ . Трудоемкость же изготовления гидроблоков управления, которую мы можем учитывать на этом этапе разработки, зависит от размеров поверхностей  $S$  монтажных корпусов, обрабатываемых в процессе их изготовления. От размера поверхностей  $S$  зависит и шумоизлучение. То есть, для удовлетворения требованиям минимальных значений стоимости и шумоизлучения размеры поверхностей монтажных корпусов также должны быть минимальны.

Гидравлические потери давления  $\Delta p$  при проходе жидкости по каналу с диаметром  $d$  определяют по известной формуле Дарси [5]:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

где  $\lambda$  - коэффициент Дарси,  $l$  – длина канала,  $\rho$  - плотность жидкости,  $v = 4Q/\pi d^2$  - средняя скорость течения жидкости по каналу,  $Q$  – расход жидкости по каналу.

Увеличение давления в гидросистеме, также увеличивает объем и размеры поверхностей монтажных корпусов, т.к. безотказность для блочных способов монтажа проектировщики рассчитывают из условия достаточной прочности крепежных элементов (шпилек, болтов) при подаче в каналы гидроблоков управления рабочей жидкости под давлением, а также конструктивно задаваемых размеров стенок между смежными каналами в корпусах [4].

Вместе с тем получить одновременно оптимальные значения всех перечисленных ранее признаков гидроблоков управления невозможно из-за противоречия параметров, возникающих по следующим причинам:

- габаритные и присоединительные размеры компонентов должны обеспечивать собираемость агрегатно-модульных гидроблоков управления, что не позволяет минимизировать все их размеры без исключения;

- с повышением давления в гидросистеме, а также улучшением энергетических характеристик гидроблоков управления увеличиваются их габаритные размеры и вес, повышается трудоемкость изготовления.

Таким образом, выражение (1), если учесть перечисленные признаки гидроблоков управления будет содержать параметры, между которыми необходим поиск оптимально-компромиссных решений. Установлено [4], что для выполнения параметрической оптимизации гидроблоков управления в расчетную модель оптимизации гидроблоков управления (1) должны быть включены: объем гидроблоков управления и его масса, гидравлические потери давления гидроблоков управления в

системе (энергетические характеристики), трудоемкость и стоимость изготовления, а также приняты ограничения, (количество подлежащих уплотнению отверстий на одной стыковой плоскости и уровень унификации в гидроблоках управления разрабатываемой системы блоков).

#### Литература

1. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. 5-е издание переработанное и дополненное / В.К. Свешников. – М.: Машиностроение, 2008. – 510 с.
2. Дабагян А.В. Оптимальное проектирование машин и сложных устройств/ А.В. Дабагян. – Москва: Машиностроение, 1979 – 280с.
3. Пинчук В.В. Обобщенные модели гидроблоков управления /В.В. Пинчук // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2007, №2 – С. 58 – 63.