

УДК 62-82-112.6(083.13)

## **ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ОБОРУДОВАНИЯ**

О.К. Гурбан, В.В. Пинчук

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

### **Аннотация**

Повышение эффективности проектирования монтажных корпусов гидроблоков через внедрение декомпозиционных методов анализа задач. Предлагаемый подход включает три этапа: формулирование потребностей и целей нового объекта, декомпозиция задач на более простые компоненты, а также выбор оптимальных решений из множества альтернатив. Исследование также акцентирует внимание на важности системного подхода и применения научных принципов в процессе проектирования. Реализация разработанных методов на конкретных примерах гидроблоков позволит проверить их эффективность и обеспечить постоянное совершенствование проектных процессов. Установлено, что показатели качества с учётом гидравлических потерь давления зависят от конструктивной схемы присоединительных плоскостей гидроаппаратов. По результатам проведенных численных исследований получена зависимость общего критерия оптимальности гидроблока управления (ГУ) от показателей качества монтажного корпуса.

Проведя анализ различных вариантов формы корпуса и их влияния на гидравлические потери давления, можно определить оптимальную форму корпуса, которая обеспечит минимальные потери давления при работе монтажного корпуса ГУ. Такой подход позволяет сократить энергопотребление и повысить эффективность работы системы в целом.

**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. ГУ, которые являются сложной и дорогостоящей подсистемой гидроприводов технологического оборудования, а затраты на их создание, как правило, многократно превышают стоимость используемых при разработке гидроаппаратов.

Поэтому задача повышения качества функционирования ГУ является актуальной для любого машиностроительного предприятия

Организация процесса разработки нового объекта, которая в рамках условий поставленной задачи наилучшим образом позволяет получить эффективное решение в виде соответствующего комплекта документации. Управление проектированием является составной частью менеджмента. Большое количество требований при постановке задачи, а также многочисленные граничные условия и воздействующие факторы при проектировании гидроблоков управления возникают многочисленные варианты технических решений, которые должны быть проанализированы с целью выбора оптимального.

### **Постановка задачи и методы исследований**

Целью предлагаемых исследований является повышение эффективности проектирования путем интеграции автономных модулей, которые будут формировать структуру создаваемых объектов и процессов на уровне инновационных результатов (изобретений) на ранних стадиях проектирования гидроблоков управления приводов технологического оборудования.

Анализ гидравлической системы управления имеет теоретическое и практическое значение для улучшения характеристик гидроблоков управления (ГУ) приводов технологического оборудования и его структурной конструкции. Процесс получения инновационного результата при проектировании нового гидроблока управления представим в виде последовательного решения задачи, разбив на три этапа.

Формирование потребности в новом объекте позволяет установить цели и критерии для дальнейшей работы. На втором этапе задача разделяется на более мелкие, относительно независимые части, которые характеризуются определенными свойствами (признаками) создаваемого объекта. Важно указать множество альтернатив реализации каждого признака, что формирует многомерное поисковое пространство. Третий этап включает в себя «свертку поискового пространства», образованного в результате декомпозиции. На этом этапе осуществляется выбор для каждого свойства варианта реализации из множества альтернатив [1].

Обобщённая схема инвариантности в проектировании гидроблоков управления (рисунок 1) предполагает использование принципа инвариантности для создания систем, нечувствительных к внешним возмущениям и изменениям параметров. Это достигается путём применения обратной связи для компенсации нежелательных эффектов, например, перепадов давления или температуры, обеспечивая тем самым стабильность и точность выполнения технологических операций в гидравлической системе.



Рис. 1 – Обобщённая схема инвариантности в проектировании гидроблоков управления технологического оборудования

При проектировании решаются также 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.

Задача оптимизации гидроблоков управления состоит в определении значения  $X$ - функционал цели, описывающий эффект от выбора того или иного варианта, проектируемых гидроблоков управления, удовлетворяющих условию:  $X \rightarrow extr$

Однако, ГУ является сложной технической системой, включающей гидроаппараты и монтажные корпуса, каждый из которых характеризуется своими признаками, которые могут быть как качественными, так и количественными.

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.

Оптимизацию гидроблоков управления мы рассматриваем на уровнях структуры и параметров. Так как элементная база гидроблоков управления еще не определена и сведения о ее возможностях и свойствах носят пока предположительный характер, то на этапе разработки структуры гидроблоков управления первый показатель в приведенном перечне мы можем, используя подход нисходящего проектирования, оценивать таким параметром, как объем  $V$  монтажных корпусов (учитывая конструктивное устройство гидроблоков управления, которое других элементов кроме гидроаппаратов и монтажных корпусов не содержит). 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.

Для оптимизации параметров монтажных корпусов получена математическая модель общего критерия оптимальности[2].



Рис. 2 – Модель расчета функциональных показателей ГУ приводов ТО при их проектировании

Анализ математической модели расчета показателей гидроблока управления показывает, что определение первых двух слагаемых затруднений не вызывает, т.к. стоимость материала, из которого предполагается изготавливать СММ и трудоемкость, а следовательно стоимость обработки его поверхностей, является широко распространенной информацией, которую можно легко получить, например из общедоступных справочников. В тоже

время, оптимизация стоимости структуры каналов вызывает определенные затруднения из-за ее вариативности. Оценка работы математической модели проведена на основе схематичного конструктивного устройства (рисунок 2), где:  $C_1 - C_4$  – коэффициенты взаимной важности критериев, назначаемые экспертным путем,  $\Delta P_B$  - потери давления в вертикальных каналах СММ;  $\Delta P_T$  - потери давления в горизонтальных каналах СММ,  $V$  и  $S$  – соответственно объем и полная поверхность монтажных корпусов,  $\Delta P^*_B, \Delta P^*_T, V^*, S^*$  - нормирующие множители[3].

В общем случае монтажный корпус можно представить, как совокупность элементов, обеспечивающих надежное крепление и герметизацию гидравлических компонентов, а также оптимальное распределение потоков рабочей жидкости для эффективного функционирования всей системы. Для расчета таких корпусов учитываются механические нагрузки, давление рабочей жидкости, что позволяет определить необходимые размеры, конструктивные особенности корпуса. Исследования его распространить на анализ и оптимизацию гидродинамических характеристик, что обеспечивает повышение надежности и долговечности гидравлического оборудования.

Для решения поставленной задачи необходимо провести анализ общего критерия оптимальности. Эвристический характер построения иерархической структуры проявляется, прежде всего, в выборе числа уровней и перечня составляющих их подсистем. Наиболее сильна субъективность в ИЛИ-деревьях, когда вид системы еще не известен и возможно различное их представление.

**Выводы и рекомендации.** Таким образом, на начальных этапах проектирования необходимо проводить функционально-стоимостный анализ с целью добиться максимального снижения стоимости изделия за счет совершенствования его конструкции и технологии изготовления.

Использование математической модели монтажного корпуса представленной в работе позволяет выполнить расчет ГУ, обеспечив при этом повышение качества их функционирования уже на стадии проектирования.

Для этого необходимо: внедрить результаты расчетов в процессы проектирования и производства с целью повышения надежности и долговечности гидравлического оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bhalchandra V. Khode, Nalini Vaidya, Sujesh D. Ghodmare, Prafull Wadhai; Mathematical model & methodology for optimal hydraulic design of labyrinth spillway. AIP Conf. Proc. 6 August 2024;
2. Гурбан О.К. Выбор критериев оптимальности гидроблоков управления технологического оборудования / Гурбан О.К., В.В. Пинчук, А.А.

Гинзбург //Актуальные вопросы машиноведения: сб.науч.тр. /Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси- Минск, 2023

3. Оптимизация критериев при расчете и проектировании монтажных корпусов гидроблоков управления/ О.К. Гурбан, В.В. Пинчук, А.А. Гинзбург //Актуальные вопросы машиноведения: сб.науч.тр. /Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси».- Минск, 2024, с.