

улучшенными технико-экономическими показателями.//Новые информационные технологии в науке и производстве. Тезисы докладов международной научн.-технической конференции. - Минск, 1998.-С.89-92.

УДК 621.001.24

В.С. Шевченко

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Институт надежности машин Национальной академии наук
Минск, Беларусь*

В практике машиностроения чаще всего разрабатываются нормализованные ряды гидрооборудования по отраслям и с учетом типажа машин. В основном ряды построены в виде геометрической прогрессии с использованием ряда предпочтительных чисел. При оптимизации типоразмерного ряда устройств очень важно определить его границы, за которыми целесообразно принципиальное изменение конструктивной схемы устройства. В качестве подходящих методов исследования такого типа задач могут быть использованы методы теории подобия и размерностей [1].

В теории подобия и размерностей широко используется графический способ выбора оптимальных параметров типоразмерного ряда технических устройств. Отображение используемых зависимостей может производиться в различных координатах. Так, если определить удельный вес гидромашинны как отношение ее веса к развиваемой производительности G/Q , то можно с помощью графика исследовать зависимость веса от производительности.

На рисунке по оси ординат отложены значения удельных весов поршневых гидромашин, а по оси абсцисс производительности машин данной серии. Удельный вес представлен в виде суммы двух слагаемых. Одно слагаемое отображает изменение производительности насоса от геометрических размеров (парабола авс), второе - характеризует производительность как функцию скорости ротора насоса (гипербола dek). Суммарная кривая имеет характерную зону экстремума. Эта - зона наиболее целесообразного изменения производительности насоса. Границы зоны определяются максимальными допустимыми значениями $(G/Q)_{\max}$, которые определяются условиями применения данного типа насосов на конкретной машине. Для различных конструктивных вариантов насосов можно построить соответствующие кривые и таким образом определить крайние пределы размеров конструкции.

Для поршневых гидромашин допустимые значения G/Q в большей степени определяются установлением величин рабочего объема q , диаметра поршня d , хода поршня S , сечения каналов распределителя f и их отношений. Опытном проектировании установлено [2], [5], что так называемый конструктивный симплекс S/d является основным фактором, определяющим конструктивное и эксплуатационное совершенство поршневой гидромашинны, ее габариты, вес и в определенной степени ресурс. Так, уменьшение отношения S/d приводит к росту нагрузок на опоры и к утяжелению поршневой группы. Уменьшение хода поршня и увеличение скорости вращения ротора также благоприятно сказывается на объемном к.п.д. гидромашинны. Однако для уменьшения механических потерь (при одинаковой производительности) лучше увеличивать диаметр

поршня, чем ход и скорость перемещения. Эти особенности подтверждают наличие зоны оптимума при изображении суммарного оценочного критерия.

Подобный анализ проводится также, когда в качестве критерия оптимальности выбираются стоимостные параметры или показатели надежности.

С использованием основных положений теории подобия, проведен анализ размерных рядов некоторых типов гидромашин, выпускаемых промышленностью.

Для выполнения условий соблюдения соответствия динамических процессов, происходящих в исследуемых гидромашинах, предполагалось равенство основных критериев: числа Рейнольдса Re , критерия Эйлера Eu , числа Струхала Sh , критерия Пекле Pe , критерия Прандтля Pg и др.

Рассматривались отношения параметров в подобных гидромашинах.

Мощность гидромашин

$$N_T = \frac{\Delta P \cdot Q_T}{45 \cdot 10^4} \text{ л.с.},$$

где ΔP - рабочее давление в системе;

Q_T - теоретическая производительность гидромашин.

При подобии

$$N_c = \frac{N_H}{N_M} = \Delta P Q_c - \text{idem}.$$

Здесь N_H - мощность исследуемой гидромашин;

N_M - мощность гидромашин, выбранной в качестве модели (базы).

Для гидромашин с одинаковым давлением рабочей жидкости

$$\Delta P_c = \frac{\Delta P_H}{\Delta P_M} = 1.$$

Тогда

$$N_c = Q_c = l^3 c.$$

Это обозначает, что мощности подобных гидромашин относятся как их производительности (или как кубы линейных размеров). Таким образом, рабочий объем поршневой группы, имея геометрический смысл, определяет конструкцию и эксплуатационные качества гидромашин в пределах типоразмерного ряда.

Были произведены расчеты с целью проверки наличия динамического подобия между всеми типоразмерами аксиально-поршневых гидромашин Г15-2 [4]. В качестве модели при этом была принята гидромашин Г15-21. Анализ подтвердил динамическое подобие гидромашин этого размерного ряда. Погрешность расчета согласно теории подобия и данных опыта составляет

$$\frac{\Delta N_c}{N_c} = 3,8 - 3,9\%$$

Аналогичным образом было подтверждено динамическое подобие между шестеренными насосами типа Г11-2 [4] в пределах одного размерного ряда.

В данном случае установленное соответствие позволило результаты испытанной отдельных образцов гидромашин с определенной степенью доверия переносить на более широкий размерный ряд.

Оптимизация типоразмерных рядов гидрооборудования является важным разделом более широкого класса задач синтеза устройств с оптимальными параметрами [6]. Процесс расчета основывается обычно на использовании неоднородной информации: уравнений, таблиц, правил, графиков, разнородных приемов и т.п. Поэтому очень важно представить процедуру проектирования (в т.ч. и построение оптимальных рядов оборудования) в формализованном виде, т.е. в виде строгих аналитических зависимо-

стей. Подходящим инструментом для построения удобных моделей проектирования может служить аппарат математического планирования экспериментов.

В отличие от вышеописанного графического способа оптимизации параметрического ряда устройств, который основывается на однопараметрической функциональной зависимости, полиномиальные модели позволяют более достоверно произвести оценки исследуемых критериев, и, кроме того, обнаружить интересные и очевидные на первый взгляд особенности. Необходимые полиномиальные модели можно получить, планируя расчеты (даже на стадии эскизного проектирования) с использованием имеющихся в литературе формул и известных методов теории планирования экспериментов. При этом каждый из расчетов представляет собой отдельный эксперимент.

Основные методические положения процедуры экспериментальной оптимизации типоразмерного ряда гидравлических устройств могут быть сформулированы следующим образом:

1. Составляется план «расчетного эксперимента» относительно исследуемых факторов x_i ($i=1 - k$).

2. Для заданного диапазона факторов $x_i - x_k$ находятся их оптимальные значения x_{jopt} , при которых критерий оптимизации принимает экстремальное значение. При этом учитываются и известные ограничения. В каждом конкретном случае в зависимости от вида математической модели существующих ограничений, природы и значений исследуемых факторов применяется подходящий метод оптимизации (симплексный метод, крутого восхождения и т.п.).

3. Вводя допустимые ограничения (технические, экономические и т.д.) на критерий оптимизации и другие параметры, получаем оптимальный диапазон изменений определяющего параметра для типоразмерного ряда устройств.

Для гидравлических машин одновременно можно выбирать производительность и скорость вращения ротора, для силовых цилиндров - развиваемое усилие, длину хода штока; для регулирующей аппаратуры - условный проход, частоту срабатываний, перепад давления и т.д.

В отрасли производства гидравлической аппаратуры задача оптимизации рядов связана с задачей организации межотраслевого производства. В этом случае густота ряда оборудования видимо будет больше, чем при отраслевой специализации. В задачах выбора оптимальных рядов подлежат учету дополнительные условия, связанные со стандартизацией. Часто принимается условие: все выбираемые значения аргументов x_i должны являться членами геометрической прогрессии со знаменателем q . Наложение дополнительных условий приводит к увеличению затрат и к отклонению от оптимальных значений аргументов. Поэтому целесообразнее рассчитывать оптимальный типоразмерный ряд гидрооборудования сначала без учета дополнительных условий, а затем отдельно проводить анализ с учетом введения каких-либо ограничений.

Задача оптимизации ряда может быть решена методом динамического программирования. При этом проводятся последовательные вычисления в соответствии с выражением

$$D_j(x) = \min \{ D_{j-1}(x) + [P(x) - F(y)] C_j(x) \}, \\ \alpha \leq y \leq x; j = 1, 2, \dots, N.$$

Алгоритм решения задачи легко реализуется на ЭВМ. Вызывает определенное затруднение определение функций стоимостей в каждом случае разработки типажа гидроустройств. При активном участии заводских инженерных и экономических служб и эта задача может быть оперативно решена.

Литература. 1. Седов Л.И. Методы теории размерностей и теории подобия в механике. Гостехиздат, 1957.- 428 с. 2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика.

М.: Машиностроение, 1971.- 672 с. 3. Осипов А.Ф. Объемные гидравлические машины. М.: Машиностроение, 1966.- 160 с. 4. Гидравлическое оборудование. Каталог-справочник., М.: НИИМАШ, 1967.- 232 с. 5. Богдан Н.В., Кишкевич П.Н., Шевченко В.С. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро-пневмосистем. Минск, Ураджай, 2001.- 397 с. 6. Шевченко В.С. Введение в оптимальное проектирование машин. Минск, Наука и техника, 1974.- 112 с.

УДК 621.793

И.С. Фролов, С.А. Иващенко, Ж.А. Мрочек

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ НЕМАГНИТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Повышение работоспособности деталей машин и механизмов является важнейшей народнохозяйственной задачей. Наиболее остро она проявляется в тех отраслях промышленности, где для изготовления деталей широко используются коррозионно-стойкие немагнитные металлические материалы (стали аустенитного класса, латуни, бронзы и алюминиевые сплавы), которые не упрочняются традиционными методами объемной и поверхностной обработки.

Практически единственным и эффективным путем повышения работоспособности деталей из немагнитных металлических материалов является нанесение на их рабочие поверхности износостойких покрытий. Анализ способов формирования износостойких покрытий показал, что наиболее перспективным для этих материалов является вакуумно-плазменный электродуговой способ [1].

Сущность этого способа заключается в том, что генерация плазменного потока обеспечивается за счет эрозии одного из электродов в вакуумной электрической дуге. При этом имеет место самогенерация, т.е. среда, необходимая для поддержания разряда, возникает вследствие испарения материала электрода, и дуга горит в его парах. Процесс испарения сопровождается интенсивной ионизацией, степень которой зависит от материала эродирующего электрода, и может составлять от 12...15% для легкоплавких металлов до 50...100% для тугоплавких металлов. Такая высокая степень ионизации позволяет управлять потоком, во-первых, на стадии его ускорения (например, использование криволинейных плазмодов или магнитных островков позволяет полностью избавиться от микрокапельной фазы в потоке) и, во-вторых, на стадии его конденсации. Процесс взаимодействия потока с подложкой сводится к протеканию взаимосвязанных физических процессов конденсации, внедрения в поверхность и распыления.

К достоинствам способа следует отнести универсальность, позволяющую использовать подложки из различных по физико-механическим свойствам материалов; высокие энергии частиц, обеспечивающие необходимую адгезию покрытий; сравнительно низкие температуры процесса и возможность их регулировки, в том числе за счет импульсного режима работы испарителей; достаточно высокую производительность способа; простоту оборудования и возможность получения композиционных покрытий без его переналадки.

Наиболее широко этот способ используется для нанесения защитно-декоративных