ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. С. М. КИРОВА

Том 299 1976

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

А. С. БАТУРИН

(Представлена научным семинаром кафедры экономики)

С введением в действие в девятой пятилетке автоматизированных систем управления (АСУ) расширяются возможности применения электронно-вычислительных машин (ЭВМ) для инженерных расчетов и оптимизации разрабатываемых изделий.

В связи с этим приобретает особое значение оптимизация технических решений в инженерной деятельности. Следует также принимать во внимание, что современные требования к новым изделиям стали весьма высокими. Новые изделия должны находиться на уровне изобретения и обладать высокой экономичностью, так как существенный скачок в росте производительности труда можно получить при внедрении принципиально новых оптимальных решений.

Одним из главных направлений оптимизации новых изделий является экономическая оптимизация технических параметров. Существо этого вопроса можно кратко представить так. При разработке нового изделия все параметры можно подразделить на две группы. Оптимизируемые (управляемые) параметры — такие параметры, которые может изменять инженер-разработчик, и тем самым влиять на экономичность изделия. К таким параметрам могут быть отнесены: сила тока, напряжение, давление пара, газа или жидкости, скорость, производительность, режимы работы, вес, габариты, надежность и т. п. Оптимизируемые параметры варьируют в определенных пределах, которые предопределяются исходными условиями. Неоптимизируемые (неуправляемые) параметры не допускают их изменения (за исключением определенных допусков на параметр). К этим параметрам может относиться ряд входных и выходных параметров изделия, которые предопределяются исходными условиями. Примерами неуправляемых параметров могут быть: мощность на выходе изделия, входная или выходная частота тока и т. п.

Одни и те же параметры при разработке для одного изделия могут быть оптимизируемыми, а для другого — неизменными. Все зависит от исходных данных на разработку и тех условий, в которых будет использоваться новое изделие. Оптимизируемые параметры входят в целевую функцию и являются неизвестными, а неуправляемые параметры включаются в состав ограничений решаемой задачи.

Кроме того, в инженерных разработках важно различать два рода связей: физико-технические и стоимостные. Физико-технические

связи обусловлены процессами, которые протекают в изделии (электрический ток, магнитное поле, механическое движение, движение жидкости, пара, газа и т. п.). Физико-технические связи в изделии сложны и часто делают невозможным нахождение строгого аналитического решения. Для этого могут быть использованы численные методы решения и современные ЭВМ. Стоимостные параметры связаны с физическими, так как изменение физических параметров приводит к соответствующим изменениям цены изделия и величины эксплуатационных расходов. Стоимостные параметры неизменны только в пределах коротких отрезков времени, а на длительных промежутках времени они претерпевают изменения. Это объясняется тем, что цены на сырье, материалы, полуфабрикаты, изделия, а также тарифы на электрическую энергию не остаются неизменными в течение длительного времени. За счет роста общественной производительности труда, освоения новых природных ресурсов и научно-технического прогресса они имеют тенденцию к снижению. В расчетах с учетом перспективы развития это должно приниматься во внимание.

Важное значение при оптимизации технических параметров имеет критерий оптимальности. С экономической точки зрения наиболее приемлемым критерием является минимум суммы годовых приведенных затрат, определяемых по формуле:

$$З_г = С + Е_н \cdot К \qquad (1),$$

где $З_г$ — годовые приведенные затраты, $\frac{\text{руб.}}{\text{год}}$;

$С$ — годовые эксплуатационные расходы, $\frac{\text{руб.}}{\text{год}}$;

$Е_н$ — нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, $\frac{\text{руб.}}{\text{руб. год}}$;

$К$ — единовременные капитальные вложения, руб.

Из формулы (1) видно, что в сумму годовых приведенных затрат включаются как эксплуатационные расходы, так и капитальные вложения, что является важным преимуществом данного критерия. Варьирование технических параметров воздействует на стоимостные показатели изделия чаще всего противоречиво. Так, увеличение технического параметра может приводить к сокращению эксплуатационных расходов и одновременно к росту капитальных вложений или наоборот. При варьировании многих параметров картина изменений усложняется. Оптимальное значение параметров характеризуется минимумом годовых приведенных затрат.

Формула годовых приведенных затрат (1) для оптимизации конкретного изделия усложняется, так как годовые эксплуатационные расходы (С) и капитальные вложения (К) должны быть выражены через факторы эксплуатации и оптимизируемые параметры. Это, в свою очередь, делает более сложным процесс нахождения оптимума и приводит к необходимости выбора наиболее выгодного метода решения.

Чтобы оптимизировать параметры изделия, необходимо провести эксперименты, с помощью которых установить взаимосвязи физико-технических и стоимостных параметров. Для этого можно воспользоваться несколькими методами.

Эксперименты можно проводить непосредственно на изделии, но тогда необходимо его изготовить и иногда даже не одно, а несколько изделий с различными параметрами, затем провести опыты по выявлению закономерностей изменения технических параметров и стоимост-

ных показателей для определения оптимума. При этом все изделия должны выполнять свои функции в определенных условиях эксплуатации. Проведение таких работ требует больших затрат, а также продолжительного времени. Поэтому метод оптимизации непосредственно на изделие является неэкономичным и часто трудно реализуемым. В практике этот метод применяется редко. Следует отметить, что при этом само изделие в процессе экспериментов изменять нельзя.

Целесообразнее для оптимизации использовать модели, заменяющие разрабатываемое изделие. Модели могут быть аналогами: физическими (схемы замещения), графическими (графики, диаграммы) или символическими (математические модели). Выбор той или иной модели зависит от вида разрабатываемого изделия, а также других факторов, связанных с проведением оптимизации.

Для экономической оптимизации технических параметров могут быть использованы математические модели линейного, нелинейного, целочисленного, а в ряде случаев и стохастического программирования [1, 2, 3]. Кроме того, можно применить метод базовой точки [4], который рассмотрен применительно к энергетике, но может быть использован и в других отраслях. когда удается составить функцию годовых приведенных затрат от оптимизируемых параметров и преобразовать ее в уравнение в критериальном безразмерном виде.

Более совершенным методом является совмещение расчета изделия и его оптимизация на ЭВМ. В этом случае мы имеем машинное проектирование [5], в котором могут использоваться схемы замещения, описываемые математическими уравнениями. Эксперименты по программе проводятся на ЭВМ. Время разработки изделия и оптимизации сокращается во много раз. Результаты расчетов выдаются в виде графиков, таблиц, чертежей либо в другой форме. Машинное проектирование изделий дает скачок в росте производительности труда, а новые оптимальные изделия воздействуют на повышение эффективности общественного производства.

Во многих случаях при оптимизации необходимо выбирать существенные параметры, а также решать вопросы: как изменять оптимизируемые параметры, сколько экспериментов и в какой последовательности их проводить. Важно не делать излишних экспериментов, которые не дают заметного вклада в повышение точности результатов. Возникает задача спланировать наилучшим образом эксперименты так, чтобы обеспечить достаточную точность результатов и не делать излишней работы. Для решения этой задачи можно воспользоваться математическим планированием экспериментов [6].

Таким образом, достижения современной экономики, математики и вычислительной техники дают возможность проводить машинное проектирование и экономическую оптимизацию технических параметров разрабатываемых изделий. Однако для реализации этих весьма перспективных возможностей необходима подготовка и переподготовка кадров преподавателей и инженеров.

Многое в этом направлении могут сделать технические вузы: пересмотреть программы, включить новые курсы и разделы, чтобы инженеры-выпускники были посвящены в вопросы оптимизации и машинного проектирования. При решении этой проблемы должны принять участие как технические, так и экономические кафедры. Следует учесть, что в настоящее время наши вузы выпускают инженеров-математиков, которые являются специалистами в области решения прикладных задач математическими методами. Поэтому инженеры технических специальностей должны изучить только основы экономической оптимизации и машинного проектирования, а также приобрести

умение решать простейшие задачи. Наряду с этим они должны уметь ставить сложные задачи для инженеров-математиков.

Такой подвид будет способствовать повышению качества подготовки инженеров и улучшит использование техники АСУ.

Не менее важное значение имеет включение вопросов экономической оптимизации и машинного проектирования в программе факультетов повышения квалификации дипломированных инженеров.

Решение этой проблемы нельзя мыслить без разработки учебников и учебных пособий, а также соответствующих программ по различным специальностям. Было бы желательно, чтобы эта работа координировалась централизованно, чтобы избежать ненужного дублирования. Это не исключает конкурсов на соответствующие учебники и программы, которые разрабатываются институтами, а затем лучшие издаются массовым тиражом.

Нельзя также упустить из внимания и дополнительного оснащения соответствующей техникой (ЭВМ и другое оборудование) для организации учебного процесса вузов.

Следует осуществить также и переподготовку соответствующих преподавателей технических вузов, так как самостоятельное освоение требует много времени.

Целесообразнее провести переподготовку преподавателей через специальные кафедры и вузы.

Решение проблемы внедрения экономической оптимизации и машинного проектирования в учебный процесс является важным направлением реализации достижений научно-технического прогресса. Это окажет влияние на рост производительности инженерного труда, на внедрение оптимальных изделий и на повышение эффективности общественного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Канторович, А. Б. Горстко. Оптимальные решения в экономике. М., «Наука», 1972.

2. В. Е. Лихтенштейн. Модели дискретного программирования. М., «Наука», 1971.

3. А. А. Корбут, Ю. Ю. Финкельштейн. Дискретное программирование. М., «Наука», 1969.

4. Ю. Д. Арсеньев. Теория подобия в инженерных экономических расчетах. М., «Высшая школа», 1967.

5. В. Н. Ильин. Машинное проектирование электронных схем. М., «Энергия», 1972.

6. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.