

**К МЕТОДИКЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА  
ОТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ  
(НА ПРИМЕРЕ БЕТАТРОНОВ)****П. С. МОРОЗ**

(Представлена научным семинаром кафедры экономики)

За термином «новая техника» фактически скрываются различные понятия, однако во всех терминах подразумевается, что это экономически выгодная техника. Под термином «принципиально новая техника» понимается техника, которая должна приводить к весьма значительным сдвигам в экономических результатах ее применения. Однако требуется решить целый ряд задач для получения этих экономических результатов. На таких стадиях научно-технического комплекса, как прикладные теоретические исследования, научно-технические разработки, которые входят в научно-технический предпромышленный комплекс, и на стадии внедрения результатов работы комплекса в промышленность, т. е. экономической реализации, где проходит основная линия стыка науки с производством, решается целый ряд отдельных технико-экономических задач, каждая из которых способствует получению и увеличению экономического эффекта от применения этой новой техники.

Принципиально новая техника таит в себе значительные возможности, использование которых приводит к скачкообразным (значительным, однократным) сдвигам в развитии производства [8]. Большие промежутки времени от возникновения идеи до экономического использования ее, недостаточно комплексный подход к вопросу применения этой новой идеи в значительной мере отодвигают во времени и уменьшают общий экономический эффект.

Исследователи, конструкторы на различных этапах решают частные задачи, и с их точки зрения они кажутся важными. Прежде всего они исходят из затрат на исследования, которые в большинстве случаев ограничены, и того эффекта, который могут дать эти исследования. Стратегическое направление в планировании и управлении научными разработками может увеличить и ускорить получение общего экономического эффекта от реализации принципиально новой идеи. Такой подход анализируется на базе развития электронных ускорителей — бетатронов — и их применения в радиационной дефектоскопии.

В развитии электронных ускорителей — бетатронов — можно выделить следующие характерные этапы.

На первом этапе стояла задача создания работоспособных ускорителей, задача осуществления идеи получения тормозного излучения с помощью бетатронов. Когда такая задача была решена и появился целый ряд бетатронов, то возникла задача применения тормозного излучения, в частности, в радиационной дефектоскопии. С этого момента практически начинаются исследования прикладного характера.

С одной стороны, ведутся исследования по совершенствованию бетатронов [2], с другой — исследуются возможности тормозного излучения различных параметров (энергии и мощности экспозиционной дозы) по выявлению внутренних дефектов в приемлемых диапазонах толщин различных материалов [3]. Эти исследования позволили перейти к оптимизации методик контроля с учетом производственных условий [14]. Рассматриваются вопросы эффективности применения бетатронов для просвечивания материалов больших толщин [5]. В этих работах решались в основном задачи использования уже имеющихся типов ускорителей, созданных с целью перекрытия определенного диапазона толщин.

Накопленный к этому моменту большой теоретический и практический материал по использованию ускорителей в дефектоскопии, созданная теория и имеющийся опыт производства ускорителей различного типа в широком и перекрываемом диапазоне энергии и мощности экспозиционной дозы позволили разработать методику выбора параметров пучка тормозного излучения [6, 7]. Апробация методики для Барнаульского котельного завода показала, что только за счет объективного выбора параметров бетатрона с учетом производственных условий можно получить положительный экономический эффект.

На Барнаульском котельном заводе производится просвечивание сварных соединений толстостенных сосудов толщиной 100—160 мм. Средняя годовая программа равна  $300 \text{ м}^2$  ( $250 \text{ м}^2$  с толщиной 100 мм и  $50 \text{ м}^2$  — 160 мм). На заводе установлен бетатрон с максимальной энергией  $E_m = 25 \text{ Мэв}$  и мощностью экспозиционной дозы  $P_x = 40 \text{ р/мин}$ . При фокусном расстоянии  $F = 2 \text{ м}$  среднее годовое число часов использования бетатронной лаборатории составляет 320. Оптимизация по критерию минимум приведенных затрат при заданных производственных ограничениях по методике [6, 7] показала, что при  $E_m = 25 \text{ Мэв}$ ;  $P_x = 6 \text{ р/мин}$ ;  $F_1 = 3,2 \text{ м}$ ;  $F_2 = 1,5 \text{ м}$ ;  $T_2 = 1873 \text{ час}$ . средние удельные приведенные затраты на контроль составляют  $Z_{\text{пр}} = 19 \text{ руб/м}^2$ . Проведенные расчеты по той же самой методике при фактических условиях показали, что  $Z_{\text{пр}} = 29 \text{ руб/м}^2$ , следовательно, годовой экономический эффект составляет 3000 руб.

Технико-экономическая оптимизация радиометрических систем контроля [8] показала, что выбор параметров ускорителя должен проводиться совместно с выбором параметров приемника излучения, т. е. существует оптимальное соотношение между параметрами источника и параметрами приемника излучения для каждой толщины контролируемого материала, скорости контроля, чувствительности метода.

В работах [6, 8] минимизировались приведенные затраты на контроль, где в основу методики были заложены весовые характеристики бетатронов, полученные для одного типа конструкции и с такими постоянными во всем диапазоне энергий и мощностей экспозиционных доз параметрами, как частота питания, напряжение инжекции и др. Существуют и другие конструктивные решения, например, безжелезные бетатроны. Это говорит о том, что полученные весовые характеристики в работе [9] не являются оптимальными, т. е. такая задача получения оптимальных характеристик может быть поставлена. Трудность заключается в выборе критерия оптимизации. Если взять за критерий минимум веса бетатрона, то стоимость его может быть значительной. Если взять за критерий минимум стоимости, то могут оказаться большие эксплуатационные расходы за счет неэкономичности (большой потребляемой мощности). Критерием оптимизации должны стать приведенные затраты, учитывающие стоимость ускорителя, и эксплуатационные расходы. Минимизация стоимости ускорителя может производиться

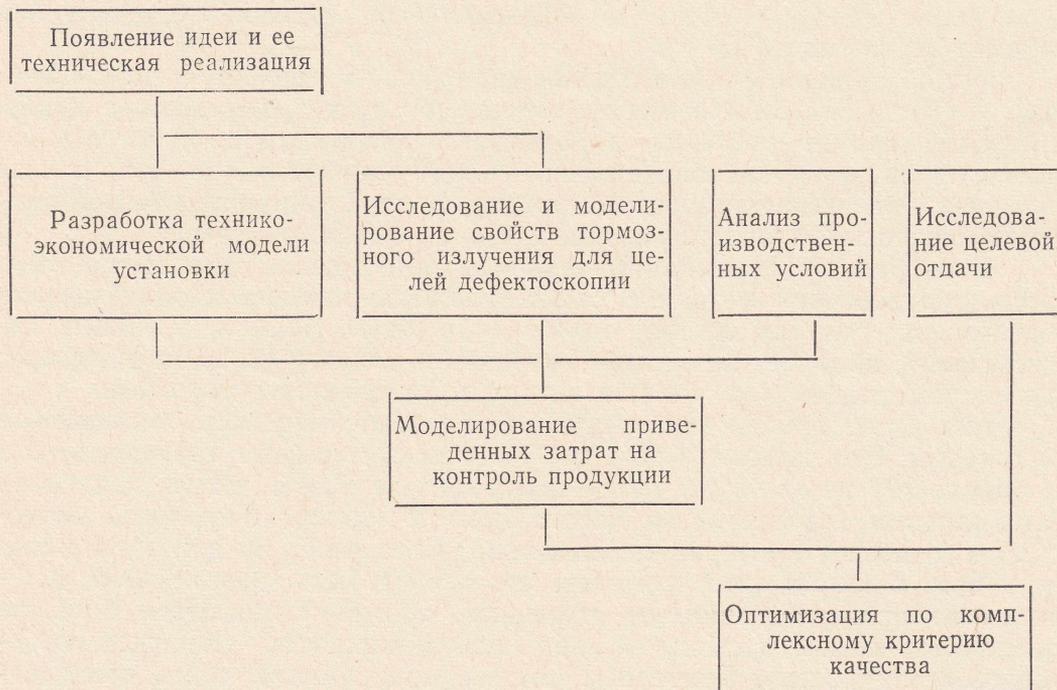
только в том случае, если зафиксированы параметры, влияющие на эксплуатационные расходы.

При решении оптимизационных задач в дефектоскопии приходится задаваться чувствительностью метода. В большинстве случаев считается, что чувствительность задана из производственных соображений или ссылаются на ГОСТы. Но так как бетатроны являются новой техникой с совершенно новыми возможностями, то оптимальные нормы на выявление дефектов с точки зрения показателя интегрального качества продукции могут значительно отклоняться от ГОСТов.

Путь максимизации экономического эффекта от применения бетатронов, лежащий через решение отдельных частных технико-экономических задач, можно назвать итеративным. При этом методе частные задачи решаются последовательно, т. е. возникновение следующей определяется решением предшествующей. В результате раздельного решения задач возникают погрешности из-за несогласованности локальных оптимумов с глобальными. При последовательном решении задач сужается фронт исследований и увеличивается общее время исследований.

Возможен другой подход к максимизации экономического эффекта новой техники на пути от прикладных исследований до экономической реализации этих результатов. Современное состояние методов математического моделирования, возможности вычислительной техники и математические методы решения задач позволяют осуществить другой подход. Его можно назвать интегральным, так как предлагается решать задачу комплексно, рассматривая по возможности всю ту систему, в которую вносит изменение новая техника. Он отличается стратегической направленностью на ускоренное достижение предельного экономического эффекта от использования новой техники.

Схема формирования задачи оптимизации экономического эффекта на примере применения бетатронов в дефектоскопии представлена ниже.



В схеме можно выделить четыре основных ступени развития от возникновения идеи до получения полного экономического эффекта.

Первый этап. Возникновение идеи и возможности создания принципиально новой техники и ее физическая реализация, подтверждающая реальность идеи. Эти исследования относятся к фундаментальным.

Второй этап. Начало прикладных исследований, которые тем или иным образом связаны или будут связаны с применением новой техники. Здесь формируются направления прикладных исследований, конкретные задачи. В нашем случае формируются четыре направления. Задача при разработке технико-экономической модели и оптимизации характеристик может быть сформулирована так: разработать математическую модель, ряд математических моделей, учитывающих различные конструкции бетатронов, инженерные решения, а также разработать алгоритм и программы, позволяющие с помощью ЭВМ при заданных максимальной энергии и мощности экспозиционной дозы, ограничениях по весу, габаритам, потребляемой мощности и т. п. определять такие независимые параметры (например, частоту питания, напряжение инжекции), такую конструкцию бетатрона, при которых стоимость основных материалов или себестоимость бетатрона минимальны. Желательно, чтобы на этом этапе план экспериментальных исследований был направлен преимущественно на получение таких моделей, а не на окончательную разработку, предположим, серийного образца машины.

При исследовании и моделировании свойств тормозного излучения необходимо получить взаимосвязь между такими параметрами, как параметры пучка тормозного излучения, параметры приемника излучения, толщина контролируемого материала, вид материала, величина выявляемых дефектов и т. п.

Анализ возможных производственных ситуаций должен дать ограничения на выбор некоторых параметров, например, энергии, габаритов источника, фокусного расстояния.

Самостоятельное значение имеет вопрос изучения влияния различного рода и величины дефектов на качество продукции.

Решение первых трех задач является основной для моделирования, исследования и оптимизации приведенных затрат на контроль с учетом конкретных производственных условий.

Оптимальное значение чувствительности и, следовательно, нормы на выявление дефектов могут быть определены из совместного анализа приведенных затрат на контроль и целевой отдачи, зависящей от чувствительности, по максимуму интегрального критерия качества [7, 10].

Таким образом, оптимизация экономического эффекта от применения бетатронов может быть произведена при наборе ряда моделей, причем разработка некоторых из них может происходить параллельно, что ускоряет весь процесс внедрения техники.

Представляется возможным, что подобный комплексный подход к освоению другой новой техники может оказаться эффективным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Кац. Динамический экономический оптимум. «Экономика», 1970.
2. Л. М. Ананьев, А. А. Воробьев, В. И. Горбунов. Индукционный ускоритель электронов — бетатрон. М., Атомиздат, 1961.
3. А. В. Воробьев, В. И. Горбунов, В. А. Воробьев, Г. В. Титов. Бетатронная дефектоскопия материалов и изделий. М., Атомиздат, 1965.
4. И. А. Абрамович и др. Сварочное производство, 1970, с. 7, 36.
5. В. А. Бердоносков и др. Дефектоскопия. 1969, с. 2, 137.
6. В. И. Горбунов и др. Дефектоскопия. 1971, с. 3, 117.
7. П. С. Мороз, А. В. Покровский. Критерий и методика выбора типа и параметров электронных ускорителей в дефектоскопии. Известия ТПИ. Томск, 1972, с. 269.
8. П. С. Мороз. Техничко-экономическая оптимизация радиометрических систем контроля с использованием электронных ускорителей. Известия ТПИ. Томск, 1973.
9. В. П. Беляев, А. А. Воробьев и др. Известия вузов. Электромеханика, 1971, № 1, с. 38—43.
10. А. В. Гличев. Стандарты и качество. 1968, с. 8.