

ПРОБЛЕМЫ АНТЕННОЙ ТЕХНИКИ

Под редакцией члена-корреспондента АН СССР Л. Д. Бахраха
и профессора Д. И. Воскресенского



Москва
«Радио и связь»
1989

ГЛАВА 17. ЭКОНОМИКА АНТЕННОСТРОЕНИЯ

Г. Г. БУБНОВ, С. Н. ГАРИЧЕВ, Э. А. ТРЕТЬЯКОВ

17.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ АНТЕННОСТРОЕНИЯ

Экономика антенностроения, являясь по существу экономикой подотраслей промышленности, как предмет отличается от любой другой отраслевой экономики только областью применения и ох-

ватывает общепринятый круг вопросов. Здесь сосредоточим внимание только на тех, которые представляются наиболее важными и в определенной мере отличают современное антенностроение.

Рост сложности, масштабов и задач, решаемых современными антенными системами, приводит к значительному увеличению стоимости их создания и эксплуатации. Это относится в первую очередь к большим радиотелескопам, радиointерферометрам, солнечным космическим электростанциям (СКЭС), РЛС и т. п. Например, стоимостная доля ФАР доходит до 50...60% затрат на создание РЭС, а иногда, например для СКЭС, она может быть и того больше.

Как известно, одним из главных факторов, сдерживающих применение ФАР, является их относительно, а иногда и абсолютно высокая стоимость. Зачастую высокая стоимость антенн является не только главным фактором при выборе варианта ее построения, но и определяет целесообразность, а иногда и возможность реализации проекта РЭС в целом. Поэтому одной из важнейших проблем экономики антенностроения является проблема оценки совокупных народнохозяйственных затрат на создание и эксплуатацию антенных систем, начиная с ранних стадий проектирования, и поиск путей снижения их стоимости.

Как известно, в качестве совокупных затрат принимают дифференциальные или в частном случае приведенные затраты: $Z = C + \epsilon_n K_{нд}$ [1].

Затраты на создание антенны:

$$K_{нд} = K_n (1 + \alpha_n + \alpha_m + \alpha_{и}),$$

где K_n — затраты на изготовление; α_n , α_m , $\alpha_{и}$ — отношение затрат на проектирование, монтаж, настройку и испытания к затратам на изготовление соответственно. По опубликованным данным отношения α_n , α_m , $\alpha_{и}$ достаточно устойчивы в определенном классе антенн при изменении K_n в довольно широком диапазоне. В частности, для некоторых классов антенн $\alpha_n = 0,1 \dots 0,2$; $\alpha_m = 0,8 \dots 1,5$; $\alpha_{и} = 0,1 \dots 0,4$. Для оценок затрат на создание на ранних стадиях проектирования (техническое предложение, эскизный проект) этих соотношений, как правило, бывает достаточно. При рабочем проектировании такие оценки могут и должны уточняться.

Из опыта экономических оценок в машиностроении известно, что на стоимость изготовления в основном влияют массогабаритные характеристики, требования к техническим характеристикам, особенно по точности геометрических форм, технические (схемно-конструктивные) решения и технико-экономический уровень конкретного производства. Поэтому очень важно уже на ранних стадиях проектирования новой антенной системы располагать методологией и методами оценки стоимости изготовления в зависимости от перечисленных факторов, чтобы достоверно оценить экономические последствия реализации того или иного проекта, найти оптимальный по экономическому критерию вариант.

Не менее важно и на последующих стадиях проектирования располагать комплексной системой экономических оценок по мере материализации проекта, которая могла бы стать основой экономического управления разработкой. Это в равной мере относится и к оценке эксплуатационных затрат. Стоимость эксплуатации за срок службы может стать близкой к стоимости создания или даже превышать ее. Большие ФАР, такие как зеркальная система Сибирского солнечного телескопа, являются не только сложными и дорогостоящими объектами, но и уникальными в целом. Наряду с большим количеством многократно повторяющихся элементов широкой номенклатуры они содержат и единично применяемые узлы и конструкции, требуют специальной технологической подготовки производства и часто освоения новых технологий. При этом, как правило, соотношение затрат прошлого и живого труда в изготовлении антенных систем существенно отличается в менее благоприятную сторону от изготовления традиционной РЭА. В результате один нормо-час в производстве антенн создает меньшую стоимость готового продукта, чем один нормо-час в производстве РЭА (например, серийных ЭВМ).

Заводам-изготовителям в условиях действующего хозяйственного механизма иногда становится экономически невыгодна антенная продукция, поскольку результаты их хозяйственной деятельности и фонды экономического стимулирования сильно зависят от объема реализации в стоимостном выражении. Поэтому важнейшей проблемой экономики антенностроения является проблема определения таких условий, при которых производство не сдерживало бы освоение новейшей СВЧ аппаратуры, конструкций и выделенных для этих целей капитальных вложений. По-видимому, приемлемые для завода условия должны формироваться и в ходе разработки, и при подготовке производства, и в хозяйственном механизме, и в текущих планово-экономических показателях. При этом первостепенными являются следующие задачи:

повышение степени стандартизации и унификации в проектах антенных систем и такая организация процессов их создания, при которой на каждом уровне изготовления доля прошлого труда не только превышала бы долю живого труда, но и возрастала бы по мере развития антенного производства;

роботизация и гибкая автоматизация при изготовлении компонент, узлов, агрегатов, повышенная заводская готовность блоков при монтажных работах, при которых существенно сокращаются затраты живого труда на собственную технологическую подготовку, переналадку металлорежущего оборудования и т. д.;

совершенствование кооперационных связей и хозяйственного механизма, а также оценки результатов деятельности промышленных предприятий таким образом, чтобы антенная продукция, имеющая высокую потребительскую стоимость, была и экономически выгодна предприятию.

Решение названных проблем и задач, свойственных сложному машиностроению, сегодня пока далеко от своего завершения. Дополнительные трудности связаны еще и с тем, что антенностроение, не имеющее самостоятельного целевого управления, должно укладываться в усредненные рамки машино- и радиостроения. Однако определенные и немалые достижения в экономике отечественного антенностроения имеются.

17.2. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Кратко рассмотрим так называемый функционально-эконометрический метод оценки затрат на изготовление сложных антенных систем и результаты его применения на практике в последние 10...15 лет. Дело в том, что долгое время основным методом расчета стоимости изготовления был нормативно-калькуляционный метод, основанный на составлении калькуляций по элементам, материалам и видам работ. Он предусматривает составление подробного и конкретного описания технологического процесса изготовления антенны и ее элементов. По существу такой метод может быть реализован тогда, когда проект практически готов и осуществляется его технологическая проработка, т. е. на самых поздних стадиях проектирования.

Более того, этот метод чрезвычайно громоздок и трудоемок, практически недоступен разработчику и не позволяет выявить основные интересующие разработчика взаимосвязи. Вместе с тем создавшийся банк данных по нормативно-калькуляционным методам позволил перейти к методам математического моделирования в экономике антенностроения. Первые экономико-математические модели антенн (ЭММ) были эконометрического типа. Вначале они описывали стоимость антенн как функцию трудоемкости изготовления, где коэффициенты при аргументах определялись на основе обработки фактических статистических данных. Эти модели давали приемлемую точность прогноза при использовании на этапе конструкторской проработки. Однако они не позволяли установить влияние на окончательную стоимость антенн основных радиотехнических параметров и ввиду этого не могли быть корректно применены на ранних стадиях проектирования.

Как известно, на основе прямой статистической обработки фактических данных можно одношагово построить модели, связывающие стоимость конструкций и механизмов антенн с такими радиотехническими параметрами, как длина волны и ширина диаграммы направленности. Подобные модели наиболее применимы при проектировании и технико-экономической оптимизации зеркальных антенн. Для оценки совокупной стоимости изготовления здесь не требуются знания детальной трудоемкости, достаточно знать их основные выходные радиотехнические параметры, которые всегда первичны и задаются в ТЗ на разработку. Именно это, являясь большим преимуществом такого типа моделей, позволяет применять их на ранних стадиях проектирования и выяв-

лять основные интересующие разработчика взаимосвязи. Однако прямой эконометрический подход предопределил и серьезные недостатки моделей. В частности, не учитывались схемно-конструктивные особенности антенн и технико-экономический уровень производства заводов-изготовителей, так как для получения априорных оценок коэффициентов проводилось усреднение по некоторой выборке уже реализованных изделий. В свою очередь, это приводило к достаточно большим ошибкам прогнозирования стоимости, что и подтверждалось в дальнейшем. Использование эконометрических моделей на ранних стадиях проектирования для оценки стоимости ФАР перспективных типов оказывается еще более неприемлемым из-за высокой степени новизны технологических процессов и отсутствия достаточного объема соответствующих фактических данных по аналогам. Оценки показывают, что в результате ошибки в оценке затрат на ранних стадиях проектирования могут составлять 100—150%.

В начале 70-х годов авторами настоящей главы был предложен, разработан и реализован на практике новый функционально-эконометрический метод [2]. Суть его состоит в построении ЭММ, связывающей стоимостные и радиотехнические показатели антенных систем через их конструктивные параметры введением в модель как функциональных, так и эконометрических связей. В настоящее время соответствующая методология оценки затрат и методы построения ЭММ являются основными не только в антенностроении, но и получают распространение в машиностроении в целом. Коротко методология состоит в следующем.

На первом этапе осуществляется декомпозиция антенны на основные конструктивные элементы. Например, для вибраторной АР типа УТР (декаметровый радиотелескоп Харьковского ИРЭ АН УССР) — это вибраторы, опорные сооружения, фидерные тракты, рефлектор и т. д. Далее определяется функциональная связь между основными конструктивными параметрами (количество вибраторов, опорных металлоконструкций, длина трактов и т. п.) и радиотехническими параметрами антенн: шириной ДН и сектором сканирования в двух плоскостях, уровнем боковых лепестков, длиной волн и т. п. Затем конструктивные параметры антенны дополняются конструктивными параметрами элементов и строится их экономико-математическая модель, связывающая конструктивные параметры со стоимостью элементов. Эта связь устанавливается эконометрически, как правило, через удельные показатели на основе обработки фактических данных и может включать зависимость от некоторых радиотехнических параметров, в основном таких, как длина волны, фазовая стабильность в трактах и т. п. Применение удельных показателей в ЭММ конструктивных элементов позволяет учесть конкретный текущий и ожидаемый уровень развития техники и технологии производства, серийность однотипных элементов антенного устройства, условия кооперации заводов-изготовителей.

Построение факторных моделей на уровне конструктивных элементов позволяет расширить статистический материал за счет фактических данных по их конструктивным аналогам, изготавливаемых в различных отраслях промышленности. При этом, например, вибратор трактуется как алюминиевый сварной или омедненный паяный узел, и основными факторами, определяющими его стоимость, является масса, габариты и т. п., получающиеся в результате факторной обработки. И, наконец, стоимость антенной системы в целом определяется как аддитивная функция стоимостей конструктивных элементов.

На этой основе были апробированы ЭММ для различных типов ФАР, отличающихся конструктивным обликом: пассивной вибраторной, волноводно-щелевой, волноводно-рупорной, логопериодической и других видов АР. Модели исследовались на область применения, чувствительность по отношению к изменению основных радиотехнических, конструктивных параметров и удельных показателей, достоверность и точность прогноза, включая сопоставление результатов прогноза на ранних стадиях проектирования с фактическими затратами в изготовлении. В частности, установлено, что область применения ЭММ ограничена в основном конструктивным обликом АР, стоимость ее наиболее сильно зависит от λ , $2\theta_{0.5}$, q и других факторов, а точность прогноза составляет 10—20%.

Развивая данный подход, оказалось возможным создать ЭММ и методики определения и уточнения стоимости на всех последующих стадиях проектирования, в частности, при эскизном и техническом проектировании, когда возрастает степень материализации проектов. Здесь уже имеются эскизные схемы, рабочие чертежи и даже опытные образцы отдельных устройств и конструкций. Это позволяет вести технико-экономические исследования на уровне составных частей и элементов антенн, уточнять удельные показатели и другие исходные данные. В этом случае используются факторные ЭММ конструктивных элементов, в которых факторами (аргументами) являются параметры, отражающие конструктивно-технологическую сложность: масса, габариты, число деталей в узле, число типоразмеров, основных деталей и т. п. Факторные ЭММ строятся с использованием множественного корреляционно-регрессионного анализа. Для уменьшения ошибки прогнозных оценок затрат конструктивные элементы можно классифицировать по группам однородных узлов. В эти группы должны быть включены узлы, для которых закономерность влияния факторов на экономические показатели одинаковы. В основу классификации целесообразно положить такие качественные признаки, как основной материал, из которого изготовлены детали узла, основной вид сборочных операций на узле и т. п. Модели такого типа построены для многих основных конструктивных элементов антенн: излучателей, волноводных устройств СВЧ трактов, других металлоконструкций и т. п.

Таким образом создается основа комплексной системы оценки затрат для антенных систем, главными компонентами которой являются: совокупность ЭММ и методик оценки экономических показателей антенн и элементов на всех стадиях проектирования; банк фактических данных по конструктивным элементам антенн и ФАР в целом. Это и составляет методическую базу экономическо-

го управления разработкой на всех стадиях. Ее применение на практике позволяет найти эффективные пути снижения затрат на создание антенных систем, разработать и осуществить конкретные меры по экономии затрат на всех стадиях разработки, что дает значительный экономический эффект. Поэтому одной из перспективных задач экономики антенностроения является развитие методической базы экономического управления, пополнение ее новыми моделями, методиками, фактическими данными, реализация на ЭВМ в виде системы экономического проектирования и расширение сферы ее применения на практике.

17.3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ АНТЕНН

Одним из наиболее эффективных путей снижения затрат на создание и эксплуатацию ФАР является их технико-экономическая оптимизация, особенно на ранних стадиях проектирования в рамках технического предложения и эскизного проекта. Создание ЭММ, обеспечивающих высокую точность оценки стоимости изготовления на основе функционально-эконометрического метода, а также ЭММ для оценки стоимости эксплуатации на основе так называемых матриц эксплуатационных затрат, позволяет перейти к конкретной постановке и практическому решению задач многокритериального выбора вариантов антенн и в частном случае к оптимизации по экономическому критерию на ранних стадиях проектирования. При этом, однако, исключительно важным является правильная исходная постановка и методология решения подобных задач.

Наиболее распространенной из них является задача на минимум приведенных затрат при ограничении на технические показатели антенн, т. е. классическая задача математического программирования. Иногда минимизируют затраты на создание антенн. Однако такая постановка задачи, как исходная, страдает серьезным недостатком. Дело в том, что при всей важности минимизации затрат в интенсивной экономике не менее важным является максимизация их отдачи, т. е. эффективности. Там, где отдача затрат велика, целесообразно не уменьшать, а увеличивать вложения. К тому же, как убедительно показали многие ученые, неизменным условием правильности подхода к проблеме поиска и выбора вариантов является соответствие постановки данной задачи непосредственной цели социалистического производства, т. е. увеличению его результата [3].

Исходя из этих посылок и системного подхода к проектированию разработана и применена на практике при проектировании больших антенн методология поиска и выбора вариантов проектов, лучших с народнохозяйственной точки зрения [4]. Суть ее состоит в следующем. Проектируемый объект рассматривается как сложная система, продукт и средство труда, предназначенное для удовлетворения вполне определенных общественно необходимых народнохозяйственных потребностей. За результат принимается

степень удовлетворения потребностей и совокупный народнохозяйственный эффект. Проблема измерения результата решается введением измеримого критерия-заместителя, а именно качества проектируемого объекта в виде векторного показателя $K(\pi) = (k_j(\pi))$, $j = \overline{1, n}$, где π — вариант проекта; k_j — количественные показатели, характеризующие семь системных свойств объекта: производительность, точность, эффективность, экологичность и электромагнитную совместимость, надежность, ресурсоемкость, экономичность. При определении каждого системного свойства в задачах поиска и выбора вариантов применяется метод элиминирования факторов, ответственных за неопределенность выходных параметров антенн. Суть его состоит в том, что непересекающиеся подмножества данных факторов связываются с некоторыми и только этими системными свойствами. Остальные факторы в рамках данного свойства не учитываются по определению. В совокупности все факторы учитываются в данном методе, однако каждый из них связывается с одним и только одним свойством объекта.

Такой подход в отличие от метода обобщения, когда вводится обобщенный критерий эффективности и стоимости, позволяет упростить анализ свойств, уменьшить размерность факторного пространства и пространства внутренних параметров каждого из показателей качества. Однако он приводит к оценке результатов в векторной форме и увеличивает размерность критериального пространства, что порождает новые методологические трудности. Для их преодоления вводится предпочтение вариантов по качеству в форме доминирования векторного показателя K и в целеполагающей части постановки задачи поиска и выбора варианта проекта вводится требование $K(\pi) \rightarrow \text{exit}$ с обязательным удовлетворением потребностей: $k_j(\pi) \geq k_j^0$, $j = \overline{1, n}$, или $K(\pi) \geq K^0$. Основным фактором, ограничивающим стратегию разработчика $K(\pi) \rightarrow \text{exit}$, как показывает практика, является ограниченность труда и условий его приложения и в первую очередь лимитированность ресурсов: $R_j(\pi) \leq R_j^0$, $j = \overline{1, r}$. Среди других ограничений целесообразно выделить фундаментальные $\Phi(\pi) \leq \Phi^0$, которые при каких условиях не могут быть нарушены, например уравнения энергетического баланса; формализуемые нересурсные ограничения $Q(\pi) \leq Q^0$, которые в принципе допускают варьирование Q^0 ; неформализуемые, которые оцениваются экспертным методом.

Прежде чем изложить методологию решения задачи поиска и выбора варианта проекта в данной постановке, необходимо отметить одно очень важное обстоятельство. Если теория своих главных усилия сосредоточила на поиске наилучших решений в условиях жестких ограничений, то практика давно и безуспешно ведет борьбу с различного рода ограничениями, которые мешают реализовать зачастую совершенно ясный эффективный вариант проекта, удовлетворяющий потребностям заказчика. По-видимому, первым обратил на это внимание Д. Уайлд [5]. Он пишет, что современным эквивалентом представителей философского оптимизма являются те проектировщики, которые принимают плохое проектное решение именно потому, что оно оптимально, т. е. яв-

ляется наилучшим из имеющихся при данных условиях, вместо того, чтобы попытаться изменить эти условия. В действительности борьба с ограничениями отражает объективное противоречие между способностями человека по созданию новой техники в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса и возможностями отраслей, народного хозяйства в целом в условиях действующего хозяйственного механизма, а также возможностями окружающей среды. Следовательно, изменение условий приложения труда, т. е. ограничений, должно являться неотъемлемой составной частью общей методологии решения задачи. А главным ее содержанием является цикличность итерационного процесса, направленного на достижение стратегической цели $K(\pi) \rightarrow \text{extr}$, основными этапами которого являются:

1. Генерация парето-оптимальных вариантов на исходной элементной базе и структуре объекта; построение множества рациональных вариантов P_p , оценка проектной ситуации $\text{sit}(\pi)$, выбор базового π^* , например, по критерию минимума $Z(\pi)$ и переход ко второму этапу, если $P_p = \emptyset$ или требуется улучшить качество.

2. Ослабление ограничений задачи R^0, Q^0 для построения более предпочтительного, чем исходное, множества рациональных вариантов, оценка проектной ситуации, выбор базового, например, снова по критерию минимума $Z(\pi)$, повторение ослабления ограничений и т. д. И, наконец, переход к третьему этапу, если множество $P_p = \emptyset$ и возможности по ослаблению ограничений исчерпаны, а также в том случае, если требуется дальнейшее улучшение качества.

3. Переход на новую элементную базу или новую структуру объекта и возвращение к первому этапу решения задачи.

Процесс продолжается до тех пор, пока результаты оправдывают затраты. Возможны по крайней мере три способа определения данного критерия остановки итерационного процесса поиска и выбора: а) на каждом i -м шаге итерационного процесса сопоставляются проектные ситуации $\text{sit}(\pi^*_{i-1})$ и $\text{sit}(\pi^*_i)$, экспертным методом устанавливается оправданность затрат и принимается решение об остановке или продолжении процесса; б) процесс продолжается до тех пор, пока темпы роста результатов превышают темпы роста затрат; в) процесс продолжается до тех пор, пока не исчерпано время, отведенное на решение задачи.

Полученный в результате вариант проекта исследуется на устойчивость по отношению к изменению внешних входных параметров и чувствительность при изменении внутренних параметров с целью определения окончательного варианта и допусков на внутренние параметры антенной системы. Данная методология полностью формализована и доведена до алгоритма, хотя и изложена здесь только качественно.

Как видно, экономические показатели используются и как критериальные функции, и как варьируемые ограничения задачи. Они определяют также критерии остановки итерационного процесса поиска и выбора решений. Этим и обусловлена их большая роль в системной оптимизации. Отметим, что традиционная зада-

ча на минимум приведенных затрат может использоваться на всех этапах процесса для определения базового варианта, а для определения окончательного варианта используется только тогда, когда дальнейшее увеличение затрат не оправдывается получаемыми результатами. Изложенная методология сложна, однако она в большей степени, чем классические задачи математического программирования, отражает реальные процессы поиска и выбора технических решений при проектировании сложных технических систем вообще и больших антенных систем в частности. При проектировании отдельных устройств суть не меняется, но существует больше возможностей сведения исходной задачи к задачам математического программирования.

Данная методология применена в ряде конкретных разработок 1973—1985 гг. Это позволило улучшить качество базовых проектов, способствовало принятию технических, организационных решений, реализация которых принесла значительную фактическую экономию затрат в изготовлении и эксплуатации при сохранении результатов и удовлетворении потребностей. Это оказалось возможным благодаря разработке достоверных ЭММ. Опыт применения методологии на практике показал, что реализация методологии требует, как правило, генерации и комплексного анализа 100...150 вариантов на каждом этапе для получения нового качества или экономии затрат на 5...10%. Однако разработчик на практике не в состоянии в отведенные сроки выполнить такой объем работ, если он не обеспечен развитыми средствами автоматизации на ЭВМ. Поэтому итерационный процесс часто заканчивается на первом этапе.

В связи с этим возникает необходимость создания человеко-машинной системы как средства, реализующего идеи экспертного синтеза на ЭВМ, алгоритмического аппарата решения задачи поиска и выбора лучших вариантов. В качестве такого средства авторами принята «имитационная система» в концепции акад. Н. Н. Моисеева [6]. Данная концепция развита и конкретизирована применительно к задачам поиска, выбора, технико-экономической оптимизации вариантов РЭС с ФАР. Создана и внедрена соответствующая диалоговая система.

В развитии и расширении сферы применения на практике задач технико-экономической оптимизации на базе средств автоматизации видится одно из перспективных направлений экономики антенностроения.

17.4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Практика показывает, что даже лучшие или оптимальные с народнохозяйственной точки зрения антенны или их составные части оказываются не всегда экономически выгодными изделиями для конкретного промышленного предприятия. Понятно, что разработка и производство должны развиваться «навстречу» друг другу: с одной стороны, модели технико-экономического анализа и оптимизации и в конечном счете проекты антенн должны в большей мере учитывать конкретный уровень и специфику развития антенного производства, с другой — производство должно

подтягиваться до уровня требований, предъявляемых к нему в проектах антенн.

С организационно-экономической точки зрения в этих встречаемых процессах особое место занимают стандартизация и унификация, развитие и повышение степени адекватности технико-экономических моделей, на основе которых принимаются технические решения в проектах, роботизация и гибкая автоматизация антенного производства, внедрение новых технологий и некоторые другие мероприятия. Однако именно эти мероприятия не всегда подкрепляются экономическими стимулами и при действующем механизме нередко носят директивный или инициативный характер.

Например, материально не всегда поощряются решения по применению стандартных и унифицированных элементов антенн, которые позволяют снизить затраты на реализацию проектов в производстве и эксплуатации без снижения качества, а иногда и при его повышении. Это относится и к деятельности по технико-экономической оптимизации антенных систем, когда экономический эффект достигается не за счет применения оригинальных решений, а за счет удачного сочетания известных вариантов и правильного выбора их параметров. Здесь целесообразно отметить следующее немаловажное обстоятельство. Дело в том, что в задачах технико-экономической оптимизации разработчик проекта обязан руководствоваться народнохозяйственными критериями и на множестве рациональных вариантов принимать тот вариант, который дает минимум народнохозяйственных затрат.

Однако затраты распределяются по заводам-изготовителям отдельных составных частей и элементов антенны и другим производственным предприятиям. Предприятие, руководствуясь и своими экономическими интересами, стремится к реализации таких решений, при которых максимизируются или минимизируются его целевые функции, например прибыль, фонды экономического стимулирования и т. д.

Очевидно, что сумма частных максимумов в общем случае не дает народнохозяйственного минимума. Как раз наоборот, на практике часто возникает сильное противоречие, которое, как правило, разрешается в пользу производства. Таков, к сожалению, удел многих оптимальных по народнохозяйственному критерию проектов.

Следовательно, с точки зрения возможности реализации варианта проекта, недостаточно учета схемно-конструктивных особенностей и конкретного уровня развития техники и технологии производства в ЭММ антенн, а также глобальных (народнохозяйственных) целей их создания. Необходимо учитывать и возможности развития производства, а также локальные (хозрасчетные) цели промышленных предприятий, участвующих в создании той или иной антенной системы. При этом существенно то, что такого рода анализ желательно начинать до выпуска конструкторской документации на изделия, т. е. по крайней мере на этапе эскиз-

ного проекта антенной системы. Поэтому единственным средством, которое может позволить решать такие задачи, вести поиск лучших вариантов развития производства и совершенствования хозяйственного механизма, является математическая модель промышленного предприятия (объединения).

Построение и применение математической модели социалистического промышленного предприятия (завода-изготовителя) является важнейшей задачей, решение которой позволит вести заблаговременную экономическую подготовку производства к освоению антенной продукции. Остановимся только на основной концепции, которая может быть положена в основу ее решения.

Принимается, что объектом моделирования являются машиностроительное хозрасчетное предприятие (объединение) и элементы хозяйственного механизма, непосредственно влияющие на его деятельность, а также отдельно производственный процесс, включающий заготовительное и основное производство, транспортировку и складирование. Соответственно и модели должны быть двух типов: макромодель предприятия во взаимодействии с окружающей организационно-экономической средой и макромодель производственного процесса, интегрированная с микро моделью по входной — выходной информации. Предприятие работает в условиях, определенных новым «Законом о Государственном предприятии (объединении)», и для него характерны следующие основные особенности:

многопродуктовость производства, постоянное обновление номенклатуры выпускаемой продукции и превышение потребностей в продукции над возможностями производства;

обновление активной части основных фондов, внедрение высокопроизводительных станков, оборудования, роботов, робототехнических комплексов, гибких автоматизированных производств и другой перспективной техники и технологии.

Обобщая ранее сказанное, можно сформулировать и совокупность задач, которые должна позволять решать макромодель предприятия:

многовариантный анализ и поиск оптимального внутреннего плана производства и мероприятий по повышению его эффективности за счет роботизации, гибкой автоматизации, внедрения другой прогрессивной техники и технологии, нормирования, распространения режимов экономии и бережливости и т. д., оценка хозрасчетного эффекта и эффективности (I тип);

многовариантный анализ влияния изменений в хозяйственном механизме на результаты деятельности предприятия и поиск рационального внешнего плана, обеспечивающего выполнение народнохозяйственных задач, оценка народнохозяйственного эффекта и эффективности (II тип);

согласование плана с хозрасчетом, обеспечение единства хозрасчетных и народнохозяйственных целей, поиск таких внутренних и внешних планов и элементов хозяйственного механизма,

при которых достигается максимум хозрасчетной и народнохозяйственной эффективности или возможный приемлемый компромисс (III тип).

Понятно, что макро модель предприятия необходимо строить на основе системного подхода, используя основные принципы системного анализа. Для этого целесообразно осуществить декомпозицию предприятия на три составные части (подсистемы), взаимодействующие друг с другом в процессе переработки входного потока материальных и энергетических ресурсов в готовую продукцию: производственный процесс (П), движение основных фондов (Ф) и трудовых ресурсов (L). Для того чтобы иметь возможность решения задач I типа, целесообразно на данном уровне декомпозиции отказаться от эконометрических моделей типа производственных функций, осуществить дальнейшую декомпозицию П, Ф, L, вскрыть производственно-технологическую структуру, установить функциональные связи между основными технико-экономическими показателями П, Ф, L и выпуском продукции в динамике в пределах пятилетки. Для производственного процесса П это будет двумерная декомпозиция по укрупненной номенклатуре выпускаемой продукции и технологическим операциям с основными технико-экономическими показателями в виде матриц плана-выпуска, длительностей операционных циклов, трудоемкости, расхода материальных и энергетических ресурсов, построенных на базе соответствующих начальных данных, исходных норм и нормативов. На этом уровне декомпозиции для установления связей между отдельными показателями целесообразно пользоваться и моделями эконометрического типа, которые в таком случае будут иметь внутривзаводской характер, т. е. получаться в результате обработки внутривзаводских статистических данных конкретного предприятия. Следовательно, речь идет о применении того же функционально-эконометрического метода и просматривается определенная аналогия с методологией построения ЭММ антенн.

Для решения задач II и III типов целесообразно выделить следующие элементы окружающей организационно-экономической среды, которые в основном описывают хозяйственный механизм: а) оценка результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятия, т. е. объема реализации продукции, себестоимости, производительности труда, рентабельности и т. д.; б) планирование вышестоящего органа управления и оценка выполнения данного плана; в) формирование фондов предприятия: основных, оборотных, фондов на материальные и энергетические ресурсы, фонда зарплаты и фондов экономического стимулирования, включая, конечно, фонд развития производства.

Отметим, что в общем случае план вышестоящего органа управления (внешний план) целесообразно представить в виде совокупности количественных значений показателей производственно-хозяйственной деятельности предприятия и совокупности мероприятий и параметров внутреннего (заводского) плана: заданий

по снижению норм трудоемкости, расхода ресурсов, внедрению новой техники и технологии и других мероприятий по совершенствованию и повышению эффективности производства и всей деятельности предприятия.

Отметим, что предложенная модель может быть реализована только как алгоритмическая, имитационная модель, под которой в широком смысле понимают модель, предназначенную для вариантных расчетов на ЭВМ [6]. В качестве основного метода решения сформулированных задач целесообразно принять метод экспертного синтеза на ЭВМ в диалоге человека с машиной. При этом важно, чтобы ее алгоритмическая и программная реализация обладала свойством адаптивности. В частности, под адаптивностью здесь понимается способность модели настраиваться на конкретное машиностроительное, антенное производство и хозяйственный механизм. Адаптация включает определение конкретной номенклатуры продукции и технологических операций, введение фактических начальных данных, базовых норм и нормативов, параметров алгоритмов оценки результатов производственно-хозяйственной деятельности, выполнения внешнего плана, формирования фондов и т. д. Это позволит учесть отраслевую и другую специфику заводов-изготовителей и в случае удачного ее построения потенциально расширить сферу применения модели, что в конечном счете должно дать более богатый материал для обобщений, построения ЭММ антенн, оценки возможности реализации в производстве оптимальных проектов. Работа по построению математических моделей завода-изготовителя в изложенной концепции началась в текущей пятилетке и, по-видимому, к концу ее можно ожидать определенных теоретических и практических результатов в антенностроении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ГЛ. 17

1. Новожилов В. В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. — М.: Наука, 1972. — 256 с.
2. Третьяков Э. А., Гаричев С. Н. Проблемы экономики сложных технических систем // Вестник машиностроения. — 1985. — № 5. — С. 32—36.
3. Иванов Ю. Эффективность социалистического производства: вариант политико-экономического анализа // Коммунист. — 1983. — № 14. — С. 39—49.
4. Третьяков Э. А., Гаричев С. Н. Экономика и системный подход при проектировании радиотехнических комплексов. XI Всесоюз. науч. сессия, посвященная Дню Радио. — М.: Радио и связь, 1985. — Ч. 1, с. 121—122.
5. Уайлд Д. Оптимальное проектирование. — М.: Мир, 1981. — 18 с.
6. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981. — 213 с.