

А.С. Лапидус

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОПТИМИЗАЦИЯ
ХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

49. Рахмилевич З. З., Мыслицкий Е. Н., Хачатурян С. А. Компрессорные установки в химической промышленности. М., Химия, 1977. 279 с.
50. Френкель М. И. Поршневые компрессоры. Л., Машиностроение, 1969. 744 с.
51. Conry T., Schneider D. SMESMESME, 75—FE—21, p. 1—9.

К главе 6

1. Кузнецов М. М. и др. Автоматизация производственных процессов. М., Высшая школа, 1978. 431 с.
2. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями. М., Госкомитет СССР по науке и технике. 1978.
3. Липатов Л. Н. Типовые процессы химической технологии как объекты управления. М., Химия, 1973. 320 с.
4. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М., Советское радио, 1962. 552 с.
5. Базовский И. А. Надежность. Теория и практика. Мир, 1965.
6. Розанов М. Н. Надежность электро-энергетических систем. М., Энергия, 1974. 175 с.
7. Липидус А. С. — Хим. и нефт. машиностр. 1981, № 8, 21.
8. Oheef H., Binroth W., Nabouch A. — JEEE. Trans. on Reliability, N 1, p. 16—22.
9. Powers C., Lapp S. — Chem. Eng. Prog. 1976, v. 72, N 4, p. 89.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

Александр Семенович Липидус ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Редактор Р. Е. Миневиц
Художник Н. М. Биксентеев
Художественный редактор Н. В. Носов
Технический редактор О. В. Тюрина
Корректор М. В. Черниховская

ИБ № 872

Сдано в наб. 02.10.85. Подп. в печ. 03.03.86. Т-05096.
Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 3. Гарн. лит. латинская. Печать
высокая. Усл. печ. л. 10,92. Усл. кр.-отт. 11,13. Уч.-изд. л. 11,88.
Тираж 2900 экз. Заказ № 1050. Цена 60 коп. Изд. № 1751.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия», 107076, Москва,
Стромынка, 21, корпус 2

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
129041, Москва, Б. Переяславская ул., 46.

А.С. Лапи

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОПТИМИЗАЦИЯ
ХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ**



Москва «Химия»
1986

338 : 6П7
Л24
УДК 66.01

Рецензент — канд. экон. наук С. Л. Кантарджян

УДК 66.01

Лapidус А. С.

Экономическая оптимизация химических производств. — М.: Химия, 1986. — 208 с., ил.

Рассмотрены вопросы экономической оптимизации химико-технологических процессов и производств при их проектировании и управлении. Показана возможность нахождения с учетом экономических критериев оптимальности наиболее рациональных решений по выбору конструкций, производительности, режимов работы отдельных аппаратов и технологических установок. Дана экономическая оценка надежности функционирования производств в целом.

Предназначена для инженерно-технических работников и экономистов предприятий, проектных организаций и научно-исследовательских институтов химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и смежных отраслей промышленности. Может быть использована слушателями институтов повышения квалификации.

22 табл., 19 рис., 111 литературных ссылок.

Л $\frac{2801000000-190}{050(01)-86}$ 42—85

© Издательство «Химия», 1986 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
ГЛАВА 1. КРИТЕРИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	7
1.1. Значение экономической оптимизации	7
1.2. Выбор критериев оптимальности	10
1.3. Основные показатели, используемые в качестве критериев экономической оптимизации	16
1.4. Влияние научно-технического прогресса на экономическую оптимизацию	28
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ АНАЛИЗА, СИНТЕЗА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ	37
2.1. Классификация и характеристика объектов оптимизации	37
2.2. Методы экономического анализа объектов	46
2.3. Методы экономического синтеза объектов	52
2.4. Экономико-математические модели аппаратов, блок-узлов и ХТС	58
2.5. Методы экономической оптимизации	65
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ ПРИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	72
3.1. Определение стоимости оборудования	72
3.2. Укрупнение единичных мощностей оборудования и снижение его стоимости	79
3.3. Методы оценки стоимости нового химического оборудования	83
3.4. Методы оценки капитальных вложений на ранних стадиях разработки объекта	87
ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	90
4.1. Цели и условия оптимизации при проектировании	90
4.2. Анализ и синтез объектов при проектировании	94
4.3. Методы оптимизации при проектировании	95
4.4. Оценка надежности при проектировании	105
4.5. Оптимизация на ранних стадиях разработки объекта	108

ГЛАВА 5. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ	111
5.1. Оптимизация ХТС на стадии проектирования	111
5.2. Оптимизация укрупнения единичных мощностей ХТС	113
5.3. Примеры оптимизации ХТС	117
5.4. Оптимизация химических реакторов	127
5.5. Оптимизация теплообменных аппаратов и тепловых систем	144
5.6. Оптимизация установок разделения	159
5.7. Оптимизация машинного оборудования	172
ГЛАВА 6. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА СТАДИИ УПРАВЛЕНИЯ	177
6.1. Цели оптимального управления	177
6.2. Методы оптимизации при управлении установками и производствами	181
6.3. Оптимизация надежности оборудования	191
6.4. Оптимизация долговечности оборудования	197
Приложения	202
Литература	205

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с развитием методов математического моделирования, внедрением химической кибернетики, а также широким использованием и внедрением ЭВМ для проектирования и управления в сфере производства появилось много работ по оптимизации химико-технологических процессов.

Из этих работ заслуживают внимания работы В. В. Кафарова, В. Л. Перова, А. И. Бояринова, В. П. Мещалкина, Г. М. Островского, М. Г. Слинько, Г. Е. Каневца, Л. Н. Липатова, О. В. Голованова, В. Л. Клименко, И. А. Садчикова, И. П. Минскер, В. С. Балакирева, М. А. Берлина и др.

В большинстве этих работ подробно анализируются технологические и математические проблемы оптимизации при разработке и управлении работой химических установок и производств. Во многих работах (В. С. Сомицкий, И. Д. Зайцев, М. А. Берлин, С. Л. Кантарджян, Т. Л. Панферова и др.) в качестве критериев оптимальности использованы экономические показатели (себестоимость, мощность, капитальные вложения). Внедрение в математическое моделирование экономико-математических методов и моделей позволяет проводить всесторонний анализ, синтез и оптимизацию химико-технологических схем (ХТС). Таким образом, появилось новое направление математического моделирования процессов — так называемое технико-экономическое моделирование, или экономическая оптимизация. Основная задача экономической оптимизации — определение оптимального технологического режима и соответствующих ему оптимальных конструкций аппаратов и оборудования при наилучших экономических показателях.

Экономическая оптимизация послужила базой для создания функционально-стоимостного анализа (ФСА), который широко используется в машиностроении, где он оформился и развился. С целью повышения экономической эффективности производства этот метод начинают применять также в химической промышленности.

Применение ФСА в химической промышленности позволяет на основе экономических показателей оптимизировать действующие технологические процессы и ап-

параты, а также выявлять наилучшие варианты при разработке новых процессов, реконструкции и модернизации действующих установок и производств. Правильный выбор оптимального технического варианта возможен только при использовании экономических показателей (критериев).

По мнению автора, принципиальным положением для разработки и решения задач экономической оптимизации является условие, при котором принятые в отраслевой экономике методы являются основой экономико-математических моделей.

В книге рассмотрены условия, критерии и методы экономической оптимизации применительно к проектированию различных объектов и управлению работой действующих производств и установок. Изложены проблемы выбора критериев оптимальности и дан анализ основных экономических показателей для различных подотраслей и объектов химической промышленности. Показаны возможные пути улучшения технико-экономических показателей при решении оптимизационных задач.

Изложены общие положения для составления экономико-математических моделей аппаратов, типовых процессов и ХТС. Приведены примеры экономической оптимизации ХТС (с выбором оптимальной мощности производств), химических реакторов для различных процессов, установок разделения, теплообменных аппаратов, а также синтеза тепловых систем в составе ХТС. Методы экономической оптимизации изложены с учетом надежности работы оборудования при выборе числа аппаратов, входящих в производство, оптимального резерва и т. д.

При изложении вопросов экономической оптимизации различных объектов большое внимание уделено экономически корректной постановке задач, анализу экономических показателей и обоснованному выбору критериев оптимальности. Основная цель книги заключается в выработке общих положений по экономической оптимизации основных типовых процессов и аппаратов.

Все критические замечания и пожелания будут приняты автором с благодарностью.

КРИТЕРИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

1.1. ЗНАЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

При оптимизаций объектов химической промышленности решаются оптимизационные задачи двух типов: экономическая оптимизация в процессе проектирования новых аппаратов, установок или производств; экономическая оптимизация в ходе эксплуатации, при автоматическом и оперативном управлении работой производств. Эти задачи решаются путем возможного увеличения объема производства по сравнению с запланированным, снижения себестоимости продукции и капитальных вложений, повышения производительности труда.

Рассмотрение указанных оптимизационных задач и их особенностей при общей цели — повышении эффективности производства — позволяет находить рациональные пути их решения.

Сущность оптимизационных расчетов заключается в выборе из предложенного множества вариантов оптимального, т. е. обеспечивающего максимальное значение выбранного критерия при заданных ограничениях.

Ниже анализируются сходство и различие оптимизационных задач при рассмотрении иерархического ряда объектов оптимизации: аппарат, установка (блок-узел), производство (группа производств), предприятие. Такой анализ позволяет найти общий подход к решению оптимизационных задач для различных объектов [1—6]. Указанные объекты различаются не только масштабом, но и показателями работы — технологическими, экономическими, экологическими, социальными. При решении задач одного класса эти показатели играют доминирующую роль, а при решении другого класса задач их действие проявляется косвенно, или оно вводит наперед заданные условия ограничений.

Целью экономической оптимизации в процессе проектирования аппаратов, установок, производств является разработка объекта при заданных условиях с отысканием оптимальных технических решений по экономическим критериям. Оптимизация работы установок

и химических производств может быть достигнута при автоматическом и оперативном управлении ими [1—4]. При автоматическом управлении обеспечивается регулирование процесса путем коррекции технологических параметров, выбранных на стадии проектирования, по экономическим критериям в зависимости от режима работы оборудования и средств регулирования. При оперативном управлении производится сбор и обработка технико-экономической информации для своевременного принятия решений в зависимости от параметров работы, имеющих временную характеристику, от показателей надежности работы оборудования, наличия резервного оборудования, транспорта, запасов материалов и т. п.

Характерными чертами современной химической промышленности являются непрерывность производственных процессов, их многостадийность, специализация оборудования на получении определенных продуктов, возможность использования различного сырья для получения одинаковых продуктов. Большинство химических производств, особенно крупнотоннажных, предназначено для получения одного продукта. В малотоннажных производствах, наоборот, установленное оборудование позволяет получать большой ассортимент продуктов при незначительном изменении сырья или параметров процесса.

При экономической оптимизации необходимо учитывать специфику производства, поскольку в зависимости от нее по-разному формулируются цели и условия оптимизации. Например, на производствах анилино-красочной промышленности и промышленности пластических масс одной из главных задач является обеспечение народного хозяйства продуктами заданного ассортимента. Эти продукты можно получить в различном сочетании при одних и тех же производственных мощностях. На предприятиях промышленности минеральных удобрений, продуктов органического синтеза и т. п. одной из основных задач является получение максимального объема продукции с установленных мощностей.

При решении оптимизационных задач целесообразно классифицировать аппараты и блок-узлы в соответствии с номенклатурой протекающих в них типовых процессов, принятой в химической промышленности:

химические процессы, осуществляемые в различных химических реакторах;

массообменные процессы (абсорбция, ректификация, экстракция);

теплообменные процессы, реализуемые в различных теплообменных аппаратах;

вспомогательные процессы, реализуемые в компрессорах, насосах, фильтрах и т. п.

Такое деление позволяет конкретизировать формулировку оптимизационной задачи для различных объектов и составлять наиболее целесообразные экономико-математические модели.

При решении задач оптимального проектирования и оптимального управления объектами первоочередной целью является сокращение затрат сырья и энергии. В настоящее время стоимость сырья возрастает. Это обусловлено увеличивающимся объемом производства продуктов химической промышленности, а также уменьшением запасов дешевого сырья (горно-химическая и другие подотрасли).

В последние годы возрастает также стоимость энергетических ресурсов, поэтому разработчики химико-технологических процессов должны решать проблемы их экономии. Следует подчеркнуть, что в современных условиях необходима экономия всех видов ресурсов, а не какого-либо одного вида за счет другого. Дальнейшее развитие химической промышленности должно базироваться на принципе, сочетающем увеличение объема производства продукции с экономией удельных сырьевых и энергетических ресурсов, что позволит обеспечить прирост продукции при возрастающем дефиците ресурсов.

В химической и смежных отраслях промышленности удельные капитальные вложения в строительство новых предприятий и реконструкцию действующих значительны, поэтому необходимо всемерно снижать требуемые затраты на строительство.

Возможности улучшения технико-экономических показателей при оптимальном проектировании производств и оптимальном управлении действующими производствами различны. При оптимальном проектировании могут изменяться все технологические параметры и соответственно экономические показатели производства (мощность, себестоимость и капитальные вложения), что

позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели (на 3—7% снизить себестоимость и на 20—30% — капитальные вложения. Оптимальное управление действующим производством позволяет уменьшить энергоматериальные затраты и накладные расходы (при постоянных капитальных вложениях) в результате увеличения объема производства или (при постоянном объеме производства) улучшения технико-экономических показателей вследствие наиболее рациональной загрузки отдельных узлов или стадий.

Возможности улучшения экономических показателей при оптимальном управлении меньше, чем при оптимальном проектировании. Однако оптимизацией надежности работы оборудования, играющей большую роль при современной тенденции укрупнения единичных мощностей, можно существенно повысить экономические показатели.

1.2. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ

При решении задач экономической оптимизации очень важно правильно выбрать критерии оптимальности.

В экономико-математических моделях оптимального проектирования и управления объектами проблема выбора критерия оптимальности имеет решающее значение: лишь на его основе можно выбрать оптимальное техническое решение, поскольку выбора «вообще» не существует [2,6—8].

Основным принципом выбора критерия оптимальности технических и плановых решений для различных объектов (аппаратов, блок-узлов, ХТС) является главенствующее значение народнохозяйственной эффективности по сравнению с частными (локальными) экономическими показателями [10, 11].

Различают два вида критериев оптимальности — *натуральные* и *экономические* (стоимостные). В свою очередь, натуральные критерии можно разделить на три группы: технологические (расход, давление, температура и т. п.); технические (частота вращения, давление нагнетания и всасывания для компрессоров и насосов и др.); геометрические (диаметр, высота, объем и т. п.). При использовании натуральных критериев наиболее трудным является правильный выбор того или иного критерия, позволяющего улучшить показатели процесса или конструкции аппарата.

Экономические (стоимостные) критерии, в отличие от натуральных, обладают универсальностью, с их помощью можно сопоставлять различные технические решения и, главное, решать вопросы производственно-хозяйственной деятельности при управлении действующими предприятиями. Экономический критерий оптимальности неадекватен цели оптимизации (цель оптимизации — понятие значительно более широкое, чем экономический критерий). Показатели, получение которых связано с достижением цели оптимизации, учитываются не только в самом экономическом критерии, но и в системе ограничений модели (например, ограниченность сырьевых ресурсов, объем выпуска продукции, качества). Экономический критерий отражает не только результаты оптимизации, но и затраты на получение этих результатов.

Универсальность экономических критериев связана с тем, что они позволяют оценивать объекты при одноразмерном сопоставлении. Несколькими натуральными критериями можно «уравновесить» один экономический критерий, но полностью заменить его нельзя. Например, можно оптимизировать аппарат по геометрическим параметрам (диаметру, высоте и т. п.), но при этом стоимость его может быть не оптимальной.

Единого экономического показателя, который может быть использован во всех случаях, нет; необходимо использовать экономические (стоимостные) показатели в сочетании с натуральными, например, с мощностью производства [12—15]. Такой набор показателей позволяет описать поведение сложной иерархической системы, какой является предприятие (или производство). Экономические (стоимостные) критерии позволяют сравнивать различные варианты как при проектировании, так и при управлении действующим производством. Однако выбор экономических критериев для этих двух стадий отличается, поскольку для них различны методы оценки экономической эффективности.

Для оценки экономической эффективности технических решений на стадии проектирования используют *общую* (абсолютную) и *сравнительную* эффективность вложений [12]. Общая эффективность характеризуется прибылью на 1 руб. капитальных вложений, сравнительная — относительной экономией затрат на каждый рубль осуществленных капитальных вложений при реализации рассматриваемого варианта технического решения по

сравнению с базовым. Для оценки общей эффективности используют такие показатели, как рентабельность, фондотдача, затраты на 1 руб. реализованной продукции, для оценки сравнительной эффективности — срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, экономический эффект и др. [10, 11]. Показатели общей эффективности используют для технико-экономического анализа исходных вариантов, оценки реальности внедрения оптимального технического решения. Однако их нельзя использовать для непосредственного выбора оптимального варианта. Для этого используют показатели сравнительной эффективности, входящие в критерий минимизации приведенных затрат:

$$P_z = (C_i + EK_i) O_p \quad (1.1)$$

где C_i , K_i — соответственно удельные себестоимость и капитальные вложения по i -му варианту, руб.; O_p — годовой объем продукции; E — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Важнейшими принципами расчета сравнительной экономической эффективности являются следующие: *единство критерия народнохозяйственной эффективности* (прирост национального дохода в результате создания и эксплуатации объекта, который определяется по разности приведенных затрат базового и нового варианта в расчете на годовой объем эксплуатируемого производства или годовой выпуск продукции по новой технологии); *единство нормативного коэффициента экономической эффективности* новой техники и изобретений для всех отраслей промышленности, равного 0,15 (устанавливается Госпланом СССР) и определяемого на основе средней рентабельности общественного производства [10, 11]. Большое значение имеет учет экономического эффекта от использования новой техники в сферах производства и потребления.

Сравнение вариантов технических решений может быть проведено путем учета и соизмерения следующих величин: себестоимости единицы продукции до (C_1) и после (C_2) внедрения технических решений; удельных капитальных вложений при базовом (K_1) и новом (K_2) вариантах; увеличения объема производства в результате внедрения новой техники или проведения экономической оптимизации; роста производительности труда (годового объема продукции); увеличения срока службы (долговечности) оборудования; снижения удельного рас-

хода сырья и материалов на единицу продукции; изменения годовых эксплуатационных затрат. По разности приведенных затрат или отдельных их составляющих (себестоимости и капитальных вложений), выбирают оптимальный вариант технических решений (подробно методика сравнения вариантов изложена в гл. 2).

Критерии оптимальности при экономической оптимизации следует выбирать, исходя из существующих в настоящее время системы оценок эффективности для объектов новой техники и системы основных хозрасчетных показателей работы промышленных предприятий. Для экономической оптимизации при проектировании или модернизации объекта химической промышленности могут быть применены экономические показатели, используемые при оценке новой техники или эффективности капитальных вложений.

При оценке новой техники за основу принимают «Методику (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» (утверждена в 1977 г.), «Методику определения экономической эффективности капитальных вложений» (утверждена в 1981 г.), а также положения, определенные Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1985 г. «О широком распространении новых методов хозяйствования и усилении их воздействия на ускорение научно-технического прогресса». Эти методики рекомендуют сравнивать варианты научно-технических решений (в том числе и экономической оптимизации) на основе системы показателей (себестоимость продукции, капитальные вложения с учетом фактора времени производительности труда), соизмеряя приведенные затраты или срок окупаемости капитальных вложений.

Срок окупаемости капитальных вложений T_c — величина, обратная коэффициенту народнохозяйственной эффективности:

$$T_c = 1/E_p = K/Pr \quad (1.2)$$

где Pr — прибыль от реализации продукции.

Для условий экономической оптимизации на действующих предприятиях при существующей системе хозрасчетных отношений можно использовать в качестве критерия оптимальности прибыль (Pr) или рентабель-

ность (Р). Прибыль определяют как разницу между ценой Ц и себестоимостью С, а рентабельность рассчитывают по формуле

$$P = \text{Пр}/K = (Ц - С)/K \quad (1.3)$$

Лучшим считают тот вариант развития производства, который обеспечивает наибольшее превышение достигнутого уровня прибыли (рентабельности). Чем больше прирост прибыли, тем выше эффективность производства. Однако по уровню рентабельности нельзя оценить народнохозяйственную эффективность тех или иных вариантов организационно-технического совершенствования производства, для реализации которых требуются дополнительные капитальные вложения. Это объясняется следующим образом. Можно показать [13], что абсолютной мерой эффективности производства является расчетная (чистая) прибыль (ПР), которая равна

$$\text{ПР} = Ц - (С + \text{ЕК}) \geq 0 \quad (1.4)$$

Выражение (1.4) характеризует ту дополнительную, или сверхнормативную, экономию, которая достигается на данном предприятии или в отрасли при использовании выделенного лимита капитальных вложений.

По экономическому содержанию расчетная прибыль тождественна расчетному народнохозяйственному эффекту, но она учитывает только часть экономии, полученной от использования новой техники в народном хозяйстве. Это, в первую очередь, связано с тем, что эффект от использования новой техники определяется суммой эффектов, получаемых как в сфере производства, так и в сфере потребления. Прибыль определяется только для сферы производства и не учитывает сферу потребления и продолжительность использования новой техники в этой сфере, т. е. уменьшается общий народнохозяйственный эффект от использования новой техники.

Оба показателя — приведенные затраты и прибыль — взаимосвязаны, однако существуют различия в методах их определения. По мнению большинства экономистов [12, 13], для увязки планово-проектных и хозрасчетных критериев, действующих в промышленности, первые должны быть еще больше увязаны с народнохозяйственным планом и в первую очередь должны отражать значимость использования всех дополнительных ресурсов: труда, материалов, природных богатств, условий улуч-

шения охраны окружающей среды и др. Это может быть реализовано путем установления дополнительной платы за указанные ресурсы, при этом будет в наибольшей степени осуществлен народнохозяйственный подход к определению эффективности различных вариантов.

При решении задач оптимизации управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий в качестве критериев применяют объем товарной продукции ($T_{\text{п}}$) и объем реализованной продукции ($T_{\text{р}}$). Эти показатели в денежном выражении учитывают все затраты, связанные с получением продукции, а также овеществленный труд, заложенный в стоимость сырья, материалов и энергоресурсов. Поэтому при использовании их в качестве экономических критериев оптимизации трудно учесть влияние изменения их отдельных частей. Так, эти показатели могут увеличиваться вследствие роста затрат на добычу сырья, использования дорогого сырья и материалов, что не позволяет учесть вклад самого предприятия в производство продукции. Для более строгого учета живого труда (т. е. труда, непосредственно затрачиваемого на производство продукции) используют показатель нормативной чистой продукции (НЧП)

$$\text{НЧП} = \text{НПр} + Z_{\text{т}} \quad (1.5)$$

где НПр — нормативная прибыль; $Z_{\text{т}}$ — заработная плата производственных рабочих с начислениями; $\text{НПр} = C_{\text{п}}P$ (где $C_{\text{п}}$ — себестоимость за вычетом стоимости сырья, материалов, энергоресурсов; P — рентабельность, принятая в подотрасли, %).

Использование указанного показателя в качестве экономического критерия позволяет исключить влияние материалоемкости и более точно учесть трудовые затраты на получение продукции, т. е. позволяет сравнивать варианты технологических схем производства, различающиеся трудоемкостью. Этот показатель очень важен при оптимизации управления деятельностью предприятий.

При решении экономических задач как для макроэкономических объектов (регион, отрасль), так и для микроэкономических объектов (блок-узел, ХТС) следует исходить из условия ограниченности ресурсов — капитальных затрат, энергоматериальных, трудовых и других видов затрат, потребляемых оптимизируемым объектом. Учет этих ограничений позволяет правильно формулировать экономическую постановку задачи оптимизации [14—17].