

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ  
РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**Кришан З.П., Олейникова И.Н.**

*Представлены направления деятельности лаборатории математического моделирования энергосистем (ЛММЭ) Физико-энергетического института Латвийской академии наук. Основное внимание уделено новым технологиям – разработке динамических моделей развития энергосистем и методов оптимизации развития отрасли с учетом влияния человеческого фактора.*

Для любого энергетического проекта в условиях рыночной экономики решающим является его рентабельность. Для этого необходим оперативный и качественный расчет. Чем больше капиталовложений необходимо сделать, тем важнее и точнее должен быть технико-экономический анализ. Энергетика является одной из доминирующих отраслей народного хозяйства по оборотным средствам, по восстановлению и необходимости капиталовложений на развитие.

Основным направлением деятельности лаборатории математического моделирования энергосистем Физико-энергетического института Латвийской академии наук является разработка компьютерных программ для технико-экономического анализа. Лаборатория математического моделирования энергосистем (ЛММЭ) была основана в 1969 году, отделившись от лаборатории комплексных энергетических проблем. Основные научные сотрудники новой лаборатории З.П. Кришан, О.Г. Паэгле, В.А. Дале уже в то время имели как теоретический, так и практический опыт по решению задач развития электрических сетей и систем. Основным направлением до 1990 года были динамические модели развития энергосистем и методы оптимизации. Это является актуальной проблемой и сегодня. Разработанные ЛММЭ оригинальные модели и методы (метод оптимальных исходных состояний и др.) дают возможность рационально решать множество различных задач динамического развития. Коллектив ученых ЛММЭ – один из ведущих в этом направлении, что является следствием непрерывного сотрудничества с энергосистемами, проектными организациями и высшими учебными заведениями: Сибирским энергетическим институтом, Энергетическим институтом им. Г.М. Кржижановского, МЭИ, Ленинградским политехническим институтом, Уральским политехническим институтом, ОДУ Северо-Запада, институтом "Энергосетьпроект" и его отделениями – Северо-Западным, Уральским, Сибирским и др. Это дало возможность проверить теорию на практике и быстро получать обратную связь.

В 80-е годы созданные ЛММЭ модели динамического развития охватывали сети среднего и высокого напряжения до 1100 кВ. Они были использованы для анализа вариантов развития конкретных проектов: ТЭО строительства новых АЭС в ОЭС Северо-Запада, схем развития ОЭС Северо-Запада, схем развития энергосистем Республики Куба, схем выдачи мощности Каунасской АЭС, формирования сетей 500 кВ и выше ОЭС Центра, схем развития ОЭС Урала, схем развития электрических сетей 500 кВ и выше Сибири и др.

В 90-е годы основное внимание было уделено методам принятия решений в условиях неоднозначности информации и комплексным методам оптимизации размещения электростанций, сетей и потребителей, а также методам моделирования и оптими-

зации низковольтных сетей. За время существования ЛММЭ вычислительная техника стремительно развивалась, что не могло не отразиться на программах технико-экономического анализа. В это время персональные компьютеры стали широко использоваться в области народного хозяйства Латвии, и в том числе в Латвэнерго. Это, в свою очередь, создало благоприятные условия для практического применения математических моделей, разработанных ЛММЭ. В 90-х годах все программы и программные системы были разработаны для ПК.

### **Новые технологии**

В XXI веке лаборатория сохранила основное направление – оптимизация развития энергосистем, однако если до этого разрабатывались отдельные методы и программы, то сейчас основное внимание уделено разработке общей технологии принятия решений: а) человек, разрабатывающий технико-экономические обоснования для выбранного варианта развития; б) ПК (информационная система и вычислительные программы); в) руководитель, принимающий решения.

Причинами перехода на разработку технологии являются: 1) сложившаяся ситуация – основной проблемой в Латвии является реконструкция и модернизация сетей, а также уменьшение потерь энергии. Так как основная часть сетей была построена в 60 – 70-е годы, то срок службы их больше, чем срок амортизации объекта (20 – 30 лет); 2) значение технико-экономического анализа (рис. 1) и оптимизации проектируемого варианта в условиях рыночной экономики.

На горизонтальной оси рис. 1 показаны стадии цикла жизни объекта, на вертикальной оси – затраты, сделанные на определенной стадии развития, и часть затрат, обусловленная ранее принятыми решениями. Экономический цикл жизни охватывает все стадии создания энергообъекта: анализ, планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и ремонт.

Как видно из рис. 1, решения, принимаемые на стадиях анализа и планирования, уже на 85% определяют общие затраты, а на последующих стадиях существует возможность изменить экономические показатели объекта только на 15%. Средства, используемые на первых двух стадиях, относительно небольшие (5% от общих затрат), и за счет них экономить не следует.

Окончательное решение за весь расчетный период принимается позже, с учетом уточнения информации и использования данных о реальной ситуации в конце проектного периода, т.е. с применением методов динамического управления развитием.

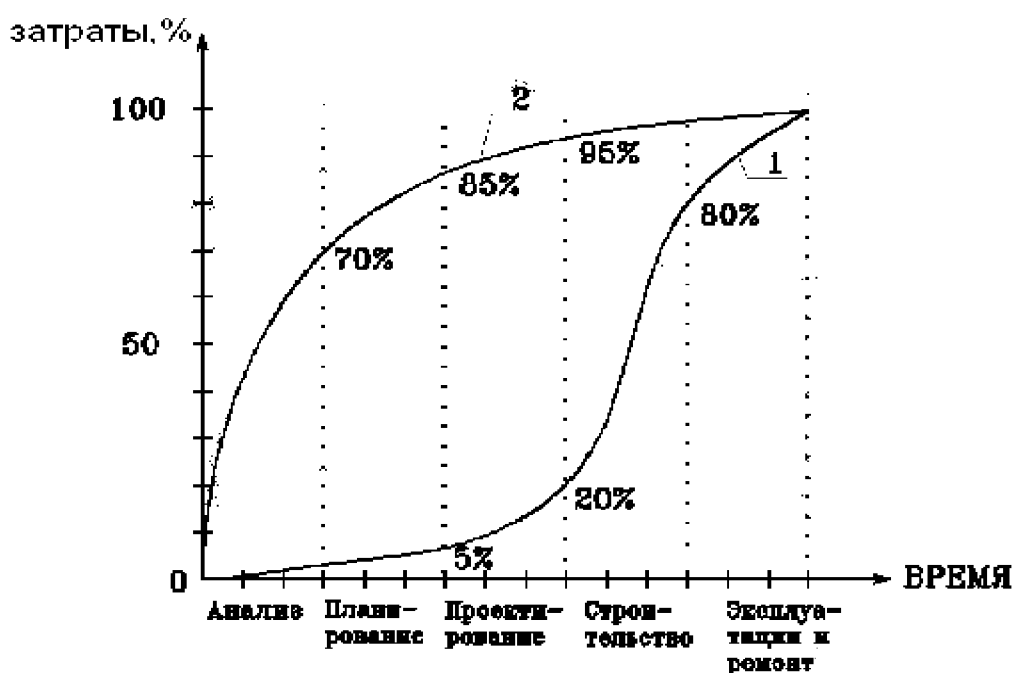
### **Принципы построения технологии принятия решения по управлению развитием**

Основной задачей технологи принятия решения, определяющей принцип ее формирования, является обеспечение руководителей разного уровня возможностью принимать решения, которые основываются на объективных фактах, а не только на мнении или допущениях экспертов.

Разработанная технология являются комфортной для пользователя и имеет:

- объединенную информационную архитектуру;
- простой, удобный и быстрый ввод модели анализируемого объекта энергосистемы, а также возможность проведения динамического управления развитием;
- возможность моделирования процесса развития в течение всего периода амортизации (20 – 30 лет);

- достаточно большое число (30) дискретных альтернативных мероприятий;
- оперативную подготовку оптимизации развития, в результате чего пользователь получает не только оптимальный вариант, но и 10 конкурентоспособных вариантов;
- простой и быстрый всесторонний анализ технических показателей и критериев надежности электроснабжения для конкурентоспособных вариантов;
- удобную и быструю корректировку информации в процессе проведения анализа и оптимизации;
- возможность определения чувствительности и матрицы риска при разных прогнозах в условиях неоднозначности информации;
- отбор информации о результатах анализа для предоставления ее руководителям разного уровня, принимающим решения.



- 1 — часть суммарных затрат, обусловленная ранее принятыми решениями;  
2 — затраты и капиталовложения.

Рис. 1. Стадии развития объекта

### Семейство программ LDM

В настоящее время ЛММЭ проводит следующие методологические исследования:

1. Концепция оптимизации развития электрических сетей в условиях свободного рынка электроэнергии.
2. Оптимизация надежности электрических сетей в условиях свободного рынка электроэнергии.

Кроме этого, ЛММЭ проводит практические исследования: разработку, тестирование и внедрение программ динамической оптимизации электрических систем и сетей, как инструментария в рамках новой технологии управления. Для этого предусмотрено разработать целое семейство программ LDM:

1. LDM-VZ – для сетей среднего и низшего напряжения.
2. LDM-AV – для сетей среднего и высокого напряжения.
3. LDM-AVE – для сетей среднего и высокого напряжения и подстанций.
4. LDM-ES – для энергосистем.

В 2001 – 2004 гг. ЛММЭ разработала следующие программы (для ПК):

**LDM VZ** – программа технико-экономического анализа низковольтных и сетей среднего напряжения, предусмотренная для реконструкции и планирования новых объектов, а также трансформаторов (20/0,4 или 10/0,4), и анализа эффективности капиталовложений в условиях неоднозначности информации, используя в качестве критерия приведенные затраты (NPV) и динамическую оптимизацию сети.

**LDM AVE** – дающая возможность: анализировать сети с напряжением 330 – 110 кВ, с учетом присоединения электрических станций; решать проблемы реконструкции среднего напряжения. Программа LDM AVE может использовать базу данных Латвэнерго (данные о рабочих режимах распределительных сетей).

Обе программы написаны на языке *DELPHI*, что дало возможность реализовать все вышеизложенные принципы построения технологии.

Системы имеют возможность рассмотреть 2 – 4 ступени номинального напряжения, например 0,4/10(20) кВ, 10(20)/110/330 кВ. Системы имеют базу данных, связанную с внешними базами данных. Главные блоки системы следующие:

Блок **Технического анализа.**

Блок **Экономического анализа.**

Блок **Оптимизации.**

Блок **Принятия решений.**

В *LDM* применяют как оценочные, так и оптимизационные подпрограммы. Оценочные программы используют для анализа заданных пользователями вариантов развития. Оптимизационные программы автоматически находят оптимальный вариант.

Помимо вышеперечисленного, обе программы производят расчет: нагрузок линий и трансформаторов, потерь мощности и энергии, надежности электроснабжения потребителей, ежегодных и суммарных затрат, срока окупаемости капиталовложений и др. С 2004 года программы дополнены методами и критериями оценки вариантов, для ввода схем стали использоваться сканированные карты. Созданные ЛММЭ модели используются для анализа развития Латвийской энергосистемы.