УДК 331.182

А.А.АПОСТОЛОВ
ОАО «Газпром»

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ КРУПНЫХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В современных условиях российской экономики трубопроводный транспорт газа имеет особое значение. Важнейшей задачей является обеспечение надежности и безопасности газоснабжения при реализации необходимой производительности системы. Между тем газотранспортные системы (ГТС) ОАО «Газпром» характеризуются старением как линейной части, так и компрессорных станций, ГРС и другого вспомогательного оборудования при хроническом недофинансировании системы. В связи с этим важнейшее значение приобретает реконструкция ГТС ОАО «Газпром», в частности ООО «Мострансгаз».

Предлагаемая автором информационная модель реконструкции ГТС представляет собой многоуровневый граф. Каждый уровень характеризуется некоторым набором инвестиционных проектов, которые осуществляются при практической реализации реконструкции. Выбор наиболее экономически эффективных проектов носит непрерывный последовательно-реверсивный характер. Существует несколько методов расчета объективных критериев экономической эффективности проектов реконструкции ГТС: инвестиционное моделирование всех имеющихся проектов реконструкции; экспертный анализ и расчет эффективности; аналитический расчет условной эффективности проектов реконструкции (предложен автором).

В условиях острого дефицита средств для финансирования проектов реконструкции ГТС алгоритмы выбора наиболее экономически эффективных проектов могут сыграть существенную роль, а дополнительные затраты на их внедрение вполне окупаются. При реализации оптимизационных алгоритмов выбора наиболее экономически эффективных проектов реконструкции ГТС особое внимание следует уделять экспертизе.

In present conditions of Russian economy pipeline transportation of natural gas is of great importance, the main objectives being security and safety of gas supply alongside with the required output provision. At the same time gas-transport systems (GTS) of the OAO Gazprom are characterised by ageing of both the linear pipeline portion and compressor stations as well as other accessory equipment accompanied by permanent underfinancing of the system as a whole. In this connection modernisation of the GTS of the OAO Gazprom and, particularly, that of the OOO Mostransgaz, takes on a special significance.

Information model of GTS modernisation offered by the author represents a multilevel flow chart. Each level is characterised by a certain set of investment projects put into effect during practical implementation of the modernisation. Selection of the most cost efficient projects is continuous and sequentially-reverse in character. There exist several methods of estimation of objective criteria of cost efficiency of the GTS modernisation projects: investment modelling of all existing modernisation projects; expertise and cost efficiency calculation; analytical calculation of conventional efficiency of modernisation projects (offered by the author).

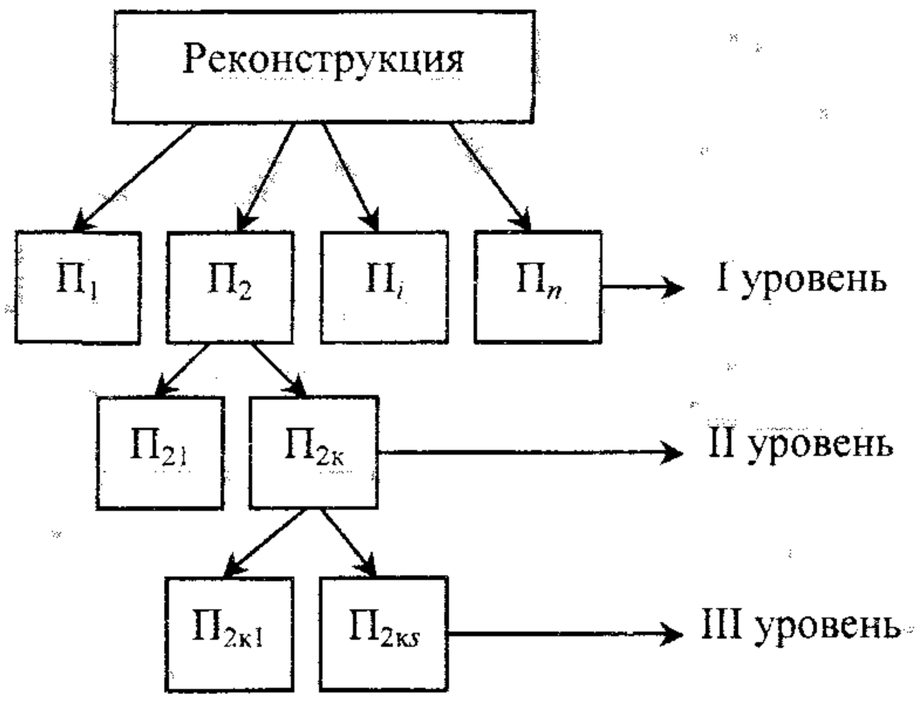
In conditions of the acute deficit of financing the GTS modernisation projects algorithms of the most cost efficient projects selection can play an important role and additional expenditures on their introduction will be recompensed. During the application of the optimisation algorithms of the most cost efficient projects selection a special attention should be paid to the expertise.

В современных условиях российской экономики трубопроводный транспорт газа приобретает особое значение. Будучи одним из главных способов доставки газа потребителям, трубопроводный транспорт газа является потенциально опасной системой. Поэтому важнейшими требованиями к трубопроводному транспорту газа являются надежность и безопасность газоснабжения при обеспечении необходимой производительности системы. Между тем хроническое недофинансирование газотранспортных систем (ГТС) ОАО «Газпром» привело к старению линейной части, компрессорных и газораспределительных станций и другого вспомогательного оборудования.

В связи с вышесказанным важнейшее значение для дальнейшего обеспечения функциональности и экономической безопасности газотранспортных систем приобретает реконструкция. Под реконструкцией обычно понимается обновление системы путем замены и внедрения нового современного оборудования, внедрение инноваций, расширение потенциальных возможностей системы путем строительства новых объектов и т.д. В условиях острого дефицита средств актуальна задача повышения эффективности при отборе ограниченного количества проектов реконструкции. В работе предлагаются подходы по повышению экономической эффективности реконструкции крупной газотранспортной системы (на примере ООО «Мострансгаз»).

Построение информационной модели реконструкции ГТС. Информационная модель реконструкции ГТС представляет собой многоуровневый граф – дерево взаимосвязанных проектов (см. рисунок). Каждый уровень характеризуется некоторым набором инвестиционных проектов, которые осуществляются при практической реализации реконструкции. Применительно к газотранспортной системе ООО «Мострансгаз» информационный граф имеет два уровня. Первый уровень включает 12 основных инвестиционных проектов, связанных со следующими элементами ГТС:

- магистральные газопроводы;
- московские газопроводы;



Информационная модель реконструкции

- система подземного хранения газа;
- объекты связи;
- компрессорные станции;
- объекты энергохозяйства;
- газораспределительные станции (ГРС);
- ПЗРГ;
- очистные сооружения;
- АСУ ТП;
- линейная телемеханика;
- средства электрохимзащиты.

На втором уровне количество проектов переменно и колеблется от 14 (для магистральных газопроводов) до пяти (для средств электрохимзащиты). Реконструкция как первого, так и второго уровня, осуществляется в условиях острого дефицита финансовых средств. Поэтому основной задачей инвестирования реконструкции является выбор наиболее экономически эффективных проектов реконструкции при ограниченных финансовых ресурсах. Задача выбора носит оптимизационный двухуровневый характер. Решение задачи оптимизации верхнего уровня позволяет получить ограничения для второго уровня. При полученных ограничениях решается задача оптимизации второго уровня, которая имеет свои технологические ограничения, определяющие реализацию функциональных свойств объектов второго уровня. Поэтому при оптимизации проектов на нижнем уровне могут возникнуть противоречия с финансовыми ограничениями, диктуемыми верхним уровнем. В этих случаях приходится возвращаться вновь к оптимизации инвестиций на верхнем уровне с учетом нижних. Таким образом, выбор наи-

более экономически эффективных проектов реконструкции для крупной газотранспортной системы носит непрерывный последовательно-реверсивный характер. Часто для ускорения последовательно-реверсивной процедуры оптимизации привлекаются эксперты, которые работают в диалоговом режиме с компьютером, непрерывно уточняя технологические ограничения.

Постановка задачи выбора наиболее экономически эффективных проектов реконструкции. Выбор инвестиционных проектов всегда осуществляется на основе их сравнения по критериям эффективности. При известных критериях эффективности проектов C_i инвестиции желательно вложить так, чтобы получить максимальный интегральный эффект от реализации всех финансовых ресурсов. Пусть J_{it} – инвестиции, которые предполагается вложить в реконструкцию i-го проекта в фиксированный год t; $\sum\sum J_{it} = J$ – суммарные инвестиции, выделенные на реконструкцию всех объектов верхнего уровня в течение четырех лет; $X_{it} = I_{it}/I$ – относительная доля инвестиций, направленных в i-й инвестиционный проект в t-й год реконструкции. Тогда для первого уровня реконструкции задача оптимизации инвестиций запишется в виде

$$\max Z = \sum_{i=1}^{12}\sum_{t=1}^{4} C_{it} X_{it};$$

$$\sum_{t=1}^{12} J_{it} X_{it} = J_{+};$$

$$\min X_{it} = X_{it} = I;$$

$$X_{it} > 0,$$

где Z – критерий оптимизации, который требуется максимизировать. Второе уравнение ограничивает возможности инвестирования проектов реконструкции имеющимися в наличии ресурсами, третье показывает, до какой минимальной величины можно снижать проектные инвестиции, чтвертое отражает тот реальный факт, что инвестиции всегда положительны (заметим, что кредитные ресурсы для инвестирования здесь пока не рассматриваются).

Сформулированная задача оптимизации относится к классу задач динамической оптимизации и может быть решена средствами математического программирования на ПЭВМ.

Задачи оптимизации второго уровня по структуре постановки носят аналогичный характер, причем ограничения определяются из решения задач первого уровня.

Расчет критериев эффективности проектов реконструкции. Расчет объективных критериев экономической эффективности проектов реконструкции газотранспортных систем является одной из сложнейших задач реконструкции. Используется несколько методов расчета:

1 Инвестиционное моделирование всех имеющихся проектов реконструкции. Этот метод очень дорогостоящий и предполагает комплексный расчет и оценку инвестиционной эффективности всех имеющихся в наличии проектов. В результате получают инвестиционные характеристики проектов: *NPV* – чистый дисконтированный доход инвестиционного проекта; *IRR* – внутренняя норма доходности инвестирования; T – срок окупаемости (простой или дисконтированный) проекта.

Имея эти три характеристики, можно сравнивать между собой проекты и отдавать предпочтение наиболее неперспективным.

Затраты на использование этого метода сопоставимы с затратами на реконструкцию, а иногда и превышают их.

2. Экспертный анализ и расчет эффективности. Прямая экспертная оценка эффективности предполагает непосредственную экспертизу проектов с целью установления количественной оценки эффективности каждого из проектов. Усредненные характеристики эффективности, полученные непосредственно от экспертов, принимаются за «истинные» значения эффективности проектов. Точность этого метода не очень высока, так как погрешности экспертизы непосредственно влияют на конечный результат.

Косвенная условная оценка эффективности состоит в установлении приоритетности финансирования на основе первичных

экспертных оценок. Конечный результат оценки эффективности проектов устанавливается не экспертами, а аналитиками, которые путем статистической обработки экспертной информации сглаживают неточности экспертизы и тем самым существенно повышают точность конечных оценок эффективности.

В настоящее время наиболее распространенным способом аналитической обработки экспертной информации является ранговая корреляция*.

Остановимся коротко на использовании ранговой корреляции для оценки косвенной условной эффективности инвестиционных проектов реконструкции газотранспортных систем. При ранговой корреляции первичная экспертная информация собирается с помощью системы анкет (табл.1 и 2).

Таблица 1

Анкета исходной экспертизы

Объект	Эксперты			
	1	2	...	*m*
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
...	...	...	...	...
n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

Каждое число анкеты a_{ij} означает балл, который эксперт присваивает рассматриваемому проекту, исходя из своего представления значимости этого объекта. По данным табл.1 аналитики рассчитывают таблицу рангов экспертной информации.

Таблица 2

Ранги экспертной информации

Объект	Эксперты				
	1	2	3	...	*m*
1	τ_{11}	τ_{12}	τ_{13}	...	τ_{im}
2	τ_{21}	τ_{22}	τ_{23}	...	τ_{2m}
3	τ_{31}	τ_{32}	τ_{33}	...	τ_{3m}
i	τ_{i1}	τ_{i2}	τ_{i3}	...	τ_{im}
n	τ_{n1}	τ_{n2}	τ_{n3}	...	τ_{nm}

* *Кендалл М.* Ранговые корреляции. М.: Статистика, 1975.

Таблица рангов рассчитывается следующим образом. Самую высокую большую оценку получает ранг $\tau = 1$, самую низкую большую оценку – ранг $\tau = n$, где n – число ранжируемых проектов. Остальные проекты занимают промежуточное положение. Сложив ранги по столбцам таблицы, получают суммарный ранг для каждого проекта. Заметим, что отдельные объекты могут иметь одинаковые ранги.

Суммарный ранг проекта

$$S_i = \sum_{j=1} \tau_{ij} ,$$

где τ_{ij} – ранг оценки j-м экспертом i-го проекта.

Проект, имеющий минимальный суммарный ранг, является самым важным, ему присваивается наивысшая эффективность. Проект, имеющий максимальный ранг является самым малозначимым, и ему присваивается минимальная эффективность.

Самым большим достоинством ранговой корреляции является возможность оценки объективности экспертизы проектов. Степень объективности определяется коэффициентом конкордации, расчет которого производится в следующей последовательности:

• по среднему арифметическому значению $M(S_i)$ оценок суммарных рангов

$$M(S_i) = \sum_{i=1}^{n} S_i / n$$

вычисляются отклонения суммы рангов от среднего арифметического значения

$$d_i = S_i - M(S_i);$$

• определяются показатели связанных (равных) рангов

$$T_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{(t_i^3 - t_i)}{12} .$$

Если все ранги, назначенные j-м экспертом различны, то $T_j = 0$.

Коэффициент конкордации

$$W = 12 / [n^2 (m^3 - m) - n \sum_{j=1}^{m} T_j] \sum_{i=1}^{n} d_i^2 .$$

Коэффициент конкордации, как показывают расчеты, изменяется в пределах от 0 до 1. Этот коэффициент характеризует степень объективности экспертизы (согласованности мнений экспертов). Важным свойством коэффициента конкордации W является его связь со статистическими критериями оценки.

По величине известного критерия χ^2 и числу степеней свободы распределения $\gamma = m\text{-}1$ по статистическим таблицам определяется доверительная вероятность (надежность) P. Если эта вероятность P достаточно велика, то экспертизе можно доверять (она объективна). При низкой вероятности P, надо увеличивать число степеней свободы γ, т.е. привлекать большее число экспертов. Практика показывает, что ранговая корреляция дает хорошие результаты при семи и более хорошо отобранных экспертах. Однако, ранговая корреляция процесс весьма трудоемкий и требует больших временных затрат при ранжировании проектов реконструкции.

3. Аналитический расчет условной эффективности проектов реконструкции. Этот метод предложен автором работы. Он достаточно прост и не требует осуществления трудоемкой экспертизы. Сущность метода основана на анализе прогнозов инвестирования реконструкции газотранспортных систем по временным периодам и относительной доле инвестиций, вкладываемых в проекты внутри временного периода.

Аналитическая формула оценки приоритетов инвестиционных проектов имеет вид

$$\Pi_i = M_{it} + \Delta J_{it} / J_i K_i,$$

где Π_i – приоритет i-го инвестиционного проекта реконструкции газотранспортной системы; M_i – относительная доля инвестиций в i-й проект во временной период t, $M_i = J_{it} / \sum_{i=1} J_{it}$; ΔJ_{it} – приращение инвестиций в i-й проект от начального момента: $t = 0$ до рассматриваемого временного периода t; J_i – инвестиции в i-й проект в момент $t = 0$; K_i – коэффициент, учитывающий дополнительную экспертную информацию по приоритету i-го проекта.

Коэффициенты K_i носят регулировочный характер и позволяют устанавливать высшие приоритеты для заведомо высокоприоритетных объектов. Рассчитав на основе анализа финансовой информации приоритеты проектов реконструкции ООО «Мострансгаз» на 4 года, автор задал условные эффективности проектов реконструкции C_i из следующих соображений. Наивысшему приоритету присвоена эффективность, равная единице, далее условные эффективности определялись по схеме: 11/12, 10/12, …, 1/12. После компьютерной оптимизации распределения инвестиций варианты распределения инвестиций сравнивались с прогнозными. Оказалось, что условную эффективность инвестиций в проекты реконструкции можно увеличить до 5 %.

Выводы

1. В современных условиях острого дефицита средств для финансирования проектов реконструкции газотранспортных систем алгоритмы выбора наиболее эффективных проектов могут сыграть существенную роль и предусматриваемые для их внедрения дополнительные затраты (не более 0,01 от суммарных затрат на реконструкцию) вполне окупаются.

2. Для реализации оптимизационных алгоритмов выбора наиболее экономически эффективных проектов реконструкции крупных газотранспортных объединений особое внимание следует уделять экспертизе.