

**Н. В. КРИВЕНКО**, студент НТУ «ХПИ»

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В статье рассматриваются вопросы планирования и выбора сценария развития атомной электростанции. В качестве решения предлагается метод анализа иерархий. Построены иерархия прямого и обратного процесса планирования. В результате расчетов был выбран сценарий развития атомной станции.

The questions of planning and choice of scenario of development of nuclear power plant are examined in the article. As a decision the method of analysis of hierarchies is offered. Built hierarchy of direct and reverse process of planning.

**Постановка задачи.** В работе рассматривается задача выбора сценария развития для атомной электростанции. Задача выбора сценария развития атомной электростанции заключается в выборе одного сценария из множества сценариев  $S\{S_i\}, i = \overline{1, n}$ . Для этого множество сценариев развития оценивают по шкале относительной важности. Для оценивания необходимо привлечь группу экспертов  $E\{E_j\}, j = \overline{1, m}$ . Необходимо построить иерархию прямого и обратного процессов для развития атомной электростанции. Представим задачу в виде иерархии, включающую пять уровней. Иерархия прямого процесса содержит следующие уровни [1]:

Уровень 1. Фокус проблемы. Фокус проблемы – развитие атомной электростанции.

Уровень 2. Факторы. Под факторами понимается какое-либо влияние с окружающей стороны. Выделили такие факторы как: технологические, экономические, политические и экологические.

Уровень 3. Акторы. На этом уровне специалисты по планированию определили, какие акторы влияют на развитие атомной электростанции. Поэтому на этом уровне уместен был вопрос: каково влияние соответственно правительства, руководства АЭС, НАЭК и энерго-ремонтных предприятий по отношению к перспективам развития атомной станции?

Уровень 4. Цели акторов. На этом уровне описаны цели каждого из акторов. Для правительства целями выступает экономическая стабильность, защита окружающей среды и повышение состояния страны. Для НАЭК целями выступает минимизация риска и контроль. Руководство АЭС преследует повышения уровня безопасности и модификацию энергоблоков. Для энерго-ремонтных предприятий – модернизация оборудования.

Уровень 5. Исследовательские сценарии. На этом уровне специалисты по планированию определили три сценария.

Первый сценарий предусматривает строительство двух энергоблоков с реактором типа ВВЭР-1200, второй сценарий предусматривает строительство трёх энергоблоков с реактором типа PWR, третий сценарий – ремонт и замену элементов на имеющихся шести энергоблоках. На рис. 1 представлена иерархия прямого процесса задачи выбора сценария развития АЭС.

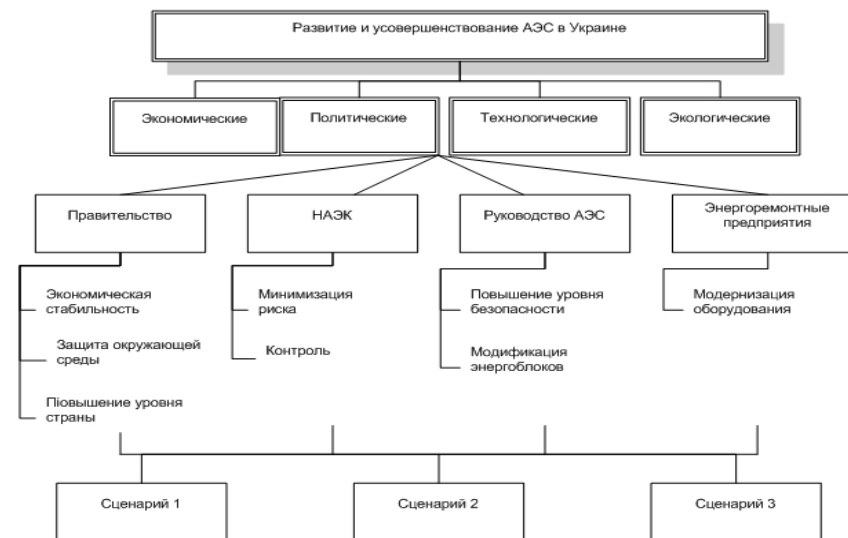


Рис. 1. Иерархия прямого процесса планирования

**Сравнительный анализ и выбор сценария.** Представив задачу в виде иерархии, необходимо элементы второго уровня разместить в матрице и определить какой фактор имеет наибольшее воздействие на развитие атомной станции. Из таблицы 1 видно, что технологический фактор имеет наибольшее воздействие на развитие атомной электростанции.

Таблица 1

Влияние факторов на развитие атомной станции

Развитие АЭС	Технологический	Политический	Экономический	Экологический	Собственный вектор
Технологический	1	4	3	5	0,549
Политический	1/4	1	1/3	1	0,109
Экономический	1/3	3	1	2	0,239
Экологический	1/5	1	1/2	1	0,109
					$\lambda_{\max} = 4.06$

На уровне 3 сравнивается пара акторов относительно степени воздействия на факторы уровня 2. Следовательно, имеем 4 матрицы, приведенные в таблицах 2, 3, 4, 5. Исходя из данных, приведенных в таблицах 2, 3, 4, 5 видно, какое влияние оказывает каждый из акторов на технологию, политику, экономику и экологию.

Таблица 2

Влияние акторов на технологию

Технология	Правительство	НАЭК	Руководство	Энергоремонтные	Собственный вектор
Правительство	1	5	4	6	0.596
НАЭК «Энергоатом»	1/5	1	1	3	0.151
Руководство АЭС	1/4	1	1	5	0.190
Энергоремонтные предприятия	1/4	1/3	1/5	1	0.060 $\lambda_{\max} = 4.17$

Таблица 3

Влияние акторов на политику

Политика	Правительство	НАЭК	Руководство	Энергоремонтные	Собственный вектор
Правительство	1	3	3	1/5	0.220
НАЭК «Энергоатом»	1/3	1	3	1/3	0.139
Руководство АЭС	1/3	1/3	1	1/6	0.065
Энергоремонтные предприятия	5	3	6	1	0.576 $\lambda_{\max} = 4.31$

Таблица 4

Влияние акторов на экономику

Экономику	Правительство	НАЭК	Руководство	Энергоремонтные	Собственный вектор
Правительство	1/4	1/4	1/9	1/7	0.040
НАЭК «Энергоатом»	1	1	1/7	1/7	0.084
Руководство АЭС	9	7	1	1	0.381
Энергоремонтные предприятия	7	7	3	3	0.546 $\lambda_{\max} = 4.40$

Таблица 5

Влияние акторов на экологию

Экология	Правительство	НАЭК	Руководство	Энергоремонтные	Собственный вектор
Правительство	1	1/7	1/3	1/8	0.022
НАЭК «Энергоатом»	7	1	7	1/4	0.105
Руководство АЭС	3	1/7	1	1/7	0.034
Энергоремонтные предприятия	8	4	7	1	0.231 $\lambda_{\max} = 3.67$

Цели каждого из четырёх акторов попарно сравниваются для каждого актора и приведены в таблицах 6, 7, 8. Из таблиц 6, 7, 8 видно какие из целей приоритетнее для каждого актора.

В результате получается собственный вектор, который, по существу, отражает упорядочение и веса целей.

Таблица 6

Сравнение целей для правительства

Правительство	Стабильность	Защита среды	Благополучие	Собственный вектор
Стабильность	1	4	7	0.687
Защита среды	1/4	1	5	0.243
Благополучие	1/7	1/5	1	0.069 $\lambda_{\max} = 3.12$

Таблица 7

Сравнение целей для НАЭК «Энергоатом»

НАЭК «Энергоатом»	Минимизация риска	Контроль	Собственный вектор
Минимизация риска	1	1/3	0.250
Контроль	3	1	0.075 $\lambda_{\max} = 2.00$

Таблица 8

Сравнение целей для руководства АЭС

Руководство АЭС	Повышение безопасности	Модификация блока	Собственный вектор
Повышение безопасности	1	3	0.075
Модификация блока	1/3	1	0.250 $\lambda_{\max} = 2.00$

Следующим этапом было нахождение степени важности акторов относительно факторов, влияющих на развитие атомной станции. Эту оценку провели, умножив, справа матрицы собственных векторов акторов относительно каждого фактора уровня 3 на собственный вектор, который был получен для уровня 2.

$$\begin{bmatrix} 0.596 & 0.22 & 0.040 & 0.022 \\ 0.151 & 0.139 & 0.084 & 0.105 \\ 0.190 & 0.065 & 0.331 & 0.034 \\ 0.06 & 0.576 & 0.546 & 0.231 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.549 \\ 0.106 \\ 0.239 \\ 0.109 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.361 \\ 0.128 \\ 0.194 \\ 0.249 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Так как на акторы правительство и энергоремонтные предприятия приходится 61%=(0,361+0,249)\*100, то воздействия на четыре первичных фактора, влияющих на развитие и совершенствование АЭС Украины, было решено использовать только эти два актора для получения весов сценариев.

Необходимо найти важнейшие цели двух акторов: правительства и энергоремонтного предприятия. Для этого нужно умножить собственный вектор целей на соответствующий вес актора.

Для правительства:

$$0.361 \times \begin{bmatrix} 0.687 \\ 0.243 \\ 0.069 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.248 \\ 0.087 \\ 0.024 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Таким образом, для правительства наиболее влиятельными целями является стабильность и защита окружающей среды.

Для энергоремонтного предприятия – модернизация оборудования. Используя эти три цели и нормализуя их веса, можно получить вектор весов:

$$\begin{bmatrix} 0.248 \\ 0.087 \\ 0.024 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.69 \\ 0.24 \\ 0.07 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Этот вектор применяется для получения весов сценариев. Последний этап, который необходим для получения весов сценариев, построение матриц

доминирования относительно каждой цели для трех сценариев, в нашем случае трех целей. Составим матрицу парных сравнений для уровня 4. В таблицах 9, 10, 11 приведены данные влияния каждого из сценариев на экономическую стабильность, на защиту окружающей среды и на модернизацию оборудования.

Таблица 9

Влияние сценариев на экономическую стабильность

Экономическая стабильность	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Собственный вектор
Сценарий 1	1	5	4	0.674
Сценарий 2	1/5	1	1/3	0.101
Сценарий 3	1/4	3	1	0.226 $\lambda_{\max} = 3.086$
				ИС = 0.043
				ОС = 0.074

Таблица 10

Влияние сценариев на защиту окружающей среды

Защита среды	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Собственный вектор
Сценарий 1	1	7	1/5	0.233
Сценарий 2	1/7	1	1/8	0.005
Сценарий 3	5	8	1	0.713 $\lambda_{\max} = 3.247$
				ИС = 0.124
				ОС = 0.213

Таблица 11

Влияние сценариев на модернизацию оборудования

Модернизация оборудования	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Собственный вектор
Сценарий 1	1	8	6	0.745
Сценарий 2	1/8	1	1/4	0.065
Сценарий 3	1/6	4	1	0.181 $\lambda_{\max} = 3.130$
				ИС = 0.068
				ОС = 0.117

Для получения весов сценариев нужно умножить матрицу полученных собственных векторов сценариев на вектор весов трех наиболее важных целей. В результате получаются веса сценариев:

$$\begin{bmatrix} 0.674 & 0.233 & 0.745 \\ 0.101 & 0.005 & 0.065 \\ 0.226 & 0.713 & 0.181 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.69 \\ 0.24 \\ 0.07 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.573 \\ 0.074 \\ 0.339 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Таким образом, первый сценарий наиболее выгодный для развития атомной электростанции, за счет наивысшего приоритета. Первый сценарий предусматривает техническое предложение про строительство 2 энергоблоков на атомной электростанции с реактором ВВЭР-1200.

Прямой процесс использовался для определения контрастных сценариев[1]. Иерархию обратного процесса планирования необходимо построить после завершения прямого процесса планирования. Результаты прямого процесса должны быть учтены при построении обратного процесса планирования.

Обратный процесс – нормативная ветвь МАИ. Это определяющий этап, так как в нем идентифицируются политики, которые могут привести к сходимости вероятного и желательного будущего атомной станции[2].

Фокусом иерархии обратного процесса выступает желаемое будущее развитие атомной электростанции.

Уровень 2 обратного процесса включает четырех акторов, которые влияют на реализацию желаемого сценария. В данном примере акторами выступают НАЭК «Энергоатом», Руководство АЭС, Энергоремонтные предприятия, Технологический отдел.

Уровень 3 включает цели организации и их важность относительно ключевых акторов.

Уровень 4 включает возможные программы, которым нужно следовать, чтобы осуществить желаемое будущее. Детализация этого уровня приведена на уровне 5 в виде подпрограмм.

Таким образом, при построении обратного процесса планирования иерархии сводится к программам и подпрограммам, которые необходимы для реализации желаемого результата. Определив приоритеты для элементов каждого уровня, делаем вывод о том, какая из программ и подпрограмм должна быть реализована для достижения желаемого будущего развития атомной электростанции. В данном примере такие программы как: усовершенствование, модификация блока, проверка при эксплуатации имеют наибольший приоритет. В свою очередь программа усовершенствования включает такие подпрограммы, как: программа исключения повреждений, компьютерное моделирование, разработка аналитических методов.

Приоритеты каждого элемента приведены на рис. 2.

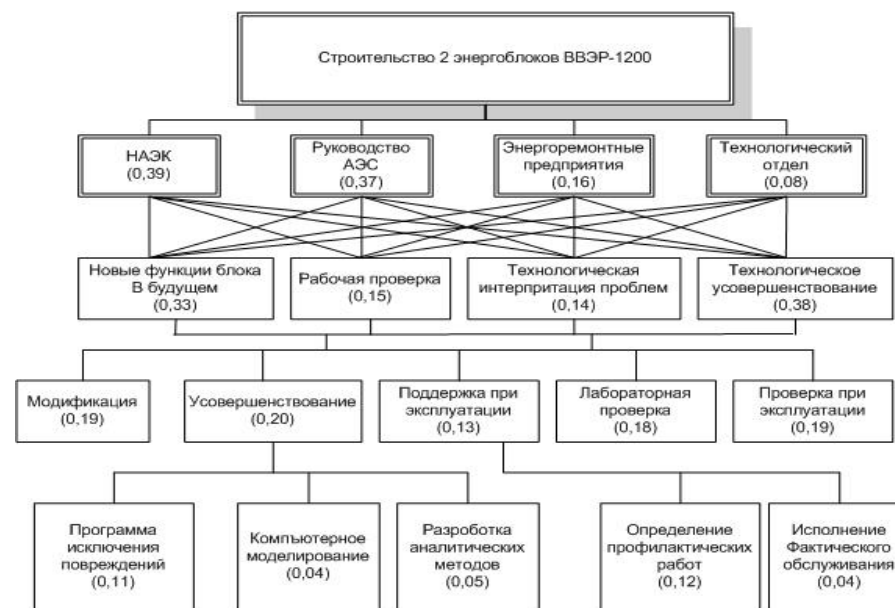


Рис. 2. Иерархия обратного процесса планирования

**Вывод.** В результате применения метода анализа иерархии был получен сценарий развития атомной электростанции, который предусматривает строительство двух энергоблоков.

Метода анализа иерархии успешно применяют во многих областях, в частности: при разработке плана распределения энергии в промышленности; при проектировании транспортной системы; при построении сценариев высшего образования; при выдвижении кандидатов и в процессах выборов; при определении приоритетов для ведущего научного института в развивающейся стране[3]. К преимуществам МАИ можно отнести то, что при определении иерархии важную роль играют знания лиц, производящих суждения для парных сравнений.

**Список литературы:** 1. Т.Саати, К. Кернс. Аналитическое планирование. – М.: Радио и связь, 1991, 224с. 2. Абакаров А.Ш., Сушков В.А. Программная система поддержки принятия рационального решения. – Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНИЕ В РОССИИ», №1, 2005 г. 3. Ногин В.Д. Принятие решения в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: Физматлит, 2002, 176с.

Поступила в редколлегию 15.12.09