

**УДК 621.391.1**

**МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО  
ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ  
НАПРАВЛЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА**

**A METHOD OF MULTICRITERIA SELECTION OF THE OPTIMAL  
DESIGN SOLUTION FOR TECHNOLOGICAL  
TELECOMMUNICATIONS OF GAS PIPELINES CONSIDERING  
THE RELIABILITY OF INFORMATION EXCHANGE**

**Ремешков В.Ю., Милов В.Р.**

**ОАО «Гипрогазцентр», г. Нижний Новгород, Российская Федерация**

**V.Y. Remeshkov, V.R. Milov**

**JSC “Giprogazcentr”, Nizhniy Novgorod, the Russian Federation**

**e-mail: remeshkoff@ggc.nnov.ru**

**Аннотация.** На сегодняшний день в газовой отрасли отсутствуют формализованные методики выбора оптимального проектного решения по технологической связи, которые должны учитывать совокупность основных технических и экономических показателей систем связи. Сравнение альтернативных проектов по системам связи выполняется только по критерию экономических затрат при условии, что система связи удовлетворяет установленным техническим требованиям.

Эти обстоятельства затрудняют выбор оптимального проектного решения. Например, может существовать множество альтернатив, заметно различающихся по своим техническим характеристикам, но вместе с тем удовлетворяющих заданным техническим требованиям при незначительной разнице значений экономических показателей. Отсутствие

формализованного процесса выбора оптимального многокритериального проектного решения приводит к появлению тенденций к поиску доминантных альтернатив или подразделение критериев на «существенные» и «несущественные».

В качестве основных технических показателей, характеризующих систему технологической связи магистрального газопровода, в данной статье рассмотрены пропускная способность линий связи и надежность направлений информационного обмена. В качестве основных экономических показателей рассмотрены капитальные и эксплуатационные затраты за период реализации проекта, объединенные одним общим показателем – интегральный дисконтированный поток затрат.

В настоящее время в ОАО «Гипрогазцентр» уже созданы алгоритмы, позволяющие вычислять значения этих показателей. В данной статье описывается разработанный в ОАО «Гипрогазцентр» новый подход к многокритериальному выбору оптимального проектного решения по организации связи на базе метода ELECTRE, позволяющий выбрать наилучшее решение на основе комплексного сравнения систем связи по вышеназванным показателям.

Авторами статьи предложено усовершенствование этого метода путем введения нового показателя - коэффициента технико-экономического усовершенствования системы, который характеризует оправданность дополнительных финансовых затрат на увеличение надежности (или пропускной способности) системы связи. Также разработан подход к оценке показателей надежности технологической сети связи, позволяющий применять для критерия надежности связи шкалу пропорциональных оценок.

**Abstract.** Today there are no formalized methods of choosing the optimum design solution for technological telecommunications in the gas industry, which take into account the totality of the basic technical and economic indicators of

telecommunication systems. Comparison of alternative telecommunication systems projects is performed only by the criterion of economic costs, on condition that the systems meet the technical specifications.

The circumstances described above complicate the process of making optimal design solution. For example, there may be many alternatives that are significantly distinct in its technical characteristics, but nevertheless meeting the technical specifications at an insignificant difference of the values of economic indicators. The lack of a formalized process of choosing the optimal multicriteria design solution leads to making a search for dominant alternatives or division of criteria for “significant” and “insignificant”.

This article describes the bandwidth of communication lines and the reliability of information exchange as the basic technical indicators of technological telecommunication system. Capital and operating costs for the period of project implementation are considered as the basic economic indicators, which are united by one common measure – integral discounted flow of costs.

At this moment of time specialists of JSC “Giprogazcentr” have already created algorithms to calculate the values of the mentioned above technical indicators. This article describes a new method of multicriteria selection of optimal project solutions for telecommunications based on ELECTRE method, developed in JSC “Giprogazcentr”, which allows selecting the best solution based on a comprehensive comparison of telecommunication systems.

The authors of the article have proposed an improvement of this method by introducing a new indicator – the coefficient of the feasibility system improvement, which characterizes the suitability of additional costs to increase the reliability (or bandwidth) of the telecommunication system. Also the authors developed a new approach to the assessment of the reliability of technological networks, allowing applying a scale of proportional estimates for the reliability criterion.

**Ключевые слова:** альтернатива, многокритериальный выбор, оптимальное проектное решение, технологическая связь, оценка показателей надежности.

**Key words:** alternative, multicriteria selection, optimum design solution, technological telecommunications, reliability indicators assessment.

## Введение

Основными показателями, характеризующими систему технологической связи магистрального газопровода, являются: пропускная способность, надежность и экономические затраты. В настоящее время в ОАО «Гипрогазцентр» уже созданы алгоритмы, позволяющие вычислять значения этих показателей. Однако процесс выбора оптимального многокритериального проектного решения по технологической связи не формализован, имеются тенденции к поиску доминантных альтернатив или подразделение критериев на «существенные» и «несущественные». Поэтому сравнение альтернативных проектов выполняется только по критерию экономических затрат при условии, что система связи удовлетворяет установленным требованиям по упомянутым техническим характеристикам.

Эти обстоятельства затрудняют выбор оптимального проектного решения. Например, может существовать множество альтернатив, заметно различающихся по своим техническим характеристикам, но вместе с тем удовлетворяющих заданным техническим требованиям при незначительной разнице значений экономических показателей.

В данной статье описан метод многокритериального выбора проектного решения, позволяющий выбрать оптимальную альтернативу на основе математической взаимосвязи между всеми рассматриваемыми показателями системы связи: пропускной способности, надежности и экономическими затратами.

## **Пропускная способность линий связи**

Проектируемые линии связи должны передавать информацию не только от непосредственных локально сосредоточенных потребителей каналов связи, но и транзитный трафик технологической сети связи. Определение пропускной способности проектируемых линий связи выполняется на основе прогноза потребностей в каналах всех вторичных сетей связи с учетом перспективы развития.

Детальное описание методики расчета пропускной способности приведено в ряде источников, в том числе [6], и выходит за рамки настоящего исследования. Скажем только, что для расчетов по критерию пропускной способности будем использовать шкалу пропорциональных оценок с единицей измерения Мбит/с.

## **Показатели надежности основных направлений информационного обмена**

Для направлений информационного обмена между технологическими объектами магистральных газопроводов (компрессорные станции, линейные производственные управления магистральных газопроводов, контролируемые пункты телемеханики) стандартами ОАО «Газпром» нормируются значения показателей надежности - коэффициентов готовности. Основные подходы к их расчету изложены в [4] и [7]. Вычисление коэффициентов готовности выполняется с использованием компьютерной программы, созданной в ОАО «Гипрогазцентр» («Программа расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей», свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615115 от 28.05.2013 г.).

Описанные алгоритмы служат для решения задачи анализа надежности сетевых структур на основе априорно известных статистических данных по отказам их элементов. Рассчитанные значения коэффициентов

готовности ( $K_T$ ) направлений связи сравниваются с нормативными значениями  $K_T^{норм}$ , которые в данном случае выступают в качестве ограничений по критерию коэффициента готовности при многокритериальном анализе различных альтернатив организации связи:

$$K_T \geq K_T^{норм} \quad (1)$$

Для каждой альтернативы необходимо определить, выполняются ли требования по надежности связи, и затем исключить из рассмотрения альтернативы, для которых неравенство (1) не выполняется.

Однако статистика отказов сетевых элементов с течением времени изменяется, в том числе она может и ухудшиться. Надежность сетевых структур, рассчитанная при прежней статистике, и удовлетворяющая нормативным требованиям, может оказаться ниже нормативного уровня. Таким образом, представляет интерес определение пороговых значений статистических данных по отказам сети, по мере приближения к которым увеличивается риск снижения показателей надежности связи ниже нормативного уровня.

При решении этой задачи рассмотрена передача данных между удаленными узлами связи по разветвленной магистральной сети связи ОАО «Газпром» (направления Москва – Екатеринбург, Москва – Нижний Новгород, Москва – Томск) (рисунок 1).

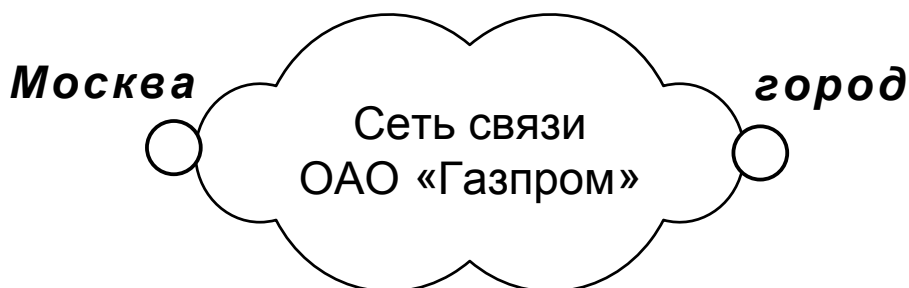


Рисунок 1. Обобщенная структурная схема сети передачи информации на направлениях связи «Москва – город»

Сеть связи построена на базе волоконно-оптических (ВОЛС) и радиорелейных (РРЛ) линий связи. Анализу подлежат изменения статистических данных по отказам ВОЛС, а суммарное время перерывов связи РРЛ за период наблюдения постоянно.

В реальных условиях статистика отказов по РРЛ изменяется, однако, в качестве линии связи с варьируемой статистикой отказов рассмотрена только ВОЛС, так как по имеющимся сведениям, около 70% случаев отказов ВОЛС приходится на выполнение строительных работ в охранной зоне кабеля, что приводит к его повреждению. Именно на эту составляющую статистики отказов можно повлиять, сократив повреждения ВОЛС введением дополнительных предупредительных мероприятий на объектах. При расчетах в качестве исходных данных заданы 3 интервала времени неготовности направлений информационного обмена: 0...50%, 50...75% и 75...100% от нормативного значения и сформированы 3 области надежности (таблица 1).

Таблица 1. Результаты расчетов областей допустимых значений суммарной длительности восстановления ВОЛС для магистральных направлений связи

Параметр	Области надежности		
	Зеленая	Желтая	Красная
% от Т аварий нормативное за 1 год	0...50%	50...75%	75...100%
Т ав. пороговое нормативное за 1 год	4 ч 23 мин	6 ч 34 мин	8 ч 46 мин
Кг пороговый нормативный	<b>0,999500</b>	<b>0,999250</b>	<b>0,999000</b>
<b>Направление Москва - Нижний Новгород</b>			
Кг 100 км ВОЛС пороговый расчетный	0,997150	0,996478	0,995925
Т аварий в год на 100 км ВОЛС	0 ч 0 мин... 24 ч 58 мин	24 ч 58 мин... 30 ч 51 мин	30 ч 51 мин... 35 ч 42 мин
<b>Направление Москва - Екатеринбург</b>			
Кг 100 км ВОЛС пороговый расчетный	0,998557	0,998199	0,997898
Т аварий в год на 100 км ВОЛС	0 ч 0 мин... 12 ч 38 мин	12 ч 38 мин... 15 ч 47 мин	15 ч 47 мин... 18 ч 25 мин
<b>Направление Москва - Томск</b>			
Кг 100 км ВОЛС пороговый расчетный	0,998661	0,998297	0,997991
Т аварий в год на 100 км ВОЛС	0 ч 0 мин... 11 ч 44 мин	11 ч 44 мин... 14 ч 55 мин	14 ч 55 мин... 17 ч 36 мин

Расчеты областей допустимых значений суммарной длительности восстановления ВОЛС выполнены по алгоритму [4] с учетом следующих дополнений. Сеть связи ОАО «Газпром» рассмотрена как многополюсная сеть, на которой организованы рассмотренные выше направления информационного обмена. Каждое из этих направлений представлено двухполюсной сетью связи, для которой соответствие между  $K_{\Gamma}$  стокилометрового отрезка ВОЛС и  $K_{\Gamma}$  двухполюсной сети устанавливается при помощи упомянутого выше алгоритма.

При определении областей допустимых значений суммарной длительности восстановления ВОЛС, на соответствие пороговому нормативному значению проверяется наименьший из выборки  $K_{\Gamma}$  рассмотренных выше направлений связи:

$$K_{\Gamma}^{MP} = \min K_{\Gamma}^{HO} \quad (2)$$

где  $K_{\Gamma}^{MP}$  – коэффициент готовности многополюсной сети,  $K_{\Gamma}^{HO}$  – множество  $K_{\Gamma}$  направлений связи «Москва – город».

Согласно результатам расчетов, при значениях длительности восстановления ВОЛС за 1 год не более 11 ч 44 мин все рассмотренные направления информационного обмена находятся в «зеленой» области надежности, что можно считать устойчивым состоянием сети связи. При значениях длительности свыше 35 ч 42 мин надежность сети связи в целом признается неудовлетворительной.

Определение пороговых значений статистических данных по отказам ВОЛС позволит:

- оперативно отслеживать превышение пороговых значений времени восстановления ВОЛС на основе накопления статистики отказов;
- своевременно планировать и выполнять мероприятия по предупреждению аварий на ВОЛС, принимать повышенные меры предосторожности при проведении работ в охранной зоне кабеля при переходе в «желтую» и «красную» области надежности.



Из проведенного выше анализа вытекает еще одно немаловажное обстоятельство. Если, при решении задачи выбора альтернативы организации связи, ранее коэффициенты готовности (Кг) рассчитывались только для проверки условия (1), и при его выполнении конкретные значения Кг не влияли на предпочтительность системы связи, то теперь мы можем говорить о необходимости запаса по коэффициенту готовности относительно заданных нормативных значений. Таким образом, при выполнении условия (1), значения Кг оказывают влияние на предпочтительность системы связи, и для критерия коэффициента готовности будет использоваться шкала пропорциональных оценок.

### **Сравнение альтернатив по величинам капитальных и эксплуатационных затрат**

Проекты по новому строительству и реконструкции сегментов технологической сети связи являются взаимодополняющими по отношению к проектам строительства самой газотранспортной системы и прочей инфраструктуры. Если в результате реализации этих проектов не планируется извлечение доходов, то они будут обладать отрицательной коммерческой эффективностью. Поэтому при сопоставлении альтернативных проектов мы будем сравнивать их только по капитальным и эксплуатационным затратам.

Детальное описание методики оценки этих затрат приведено в [8] и выходит за рамки данной статьи. При этом в расчетах учтен принцип сравнимости альтернатив. В качестве критерия сравнения альтернатив в части затрат будет выступать интегральный дисконтированный поток затрат  $\Phi_{инт}$ , вычисляемый по следующей формуле [1]:

$$\Phi_{инт} = \sum_{n=0}^T \frac{\phi_n}{(1+E)^n} \quad (3)$$

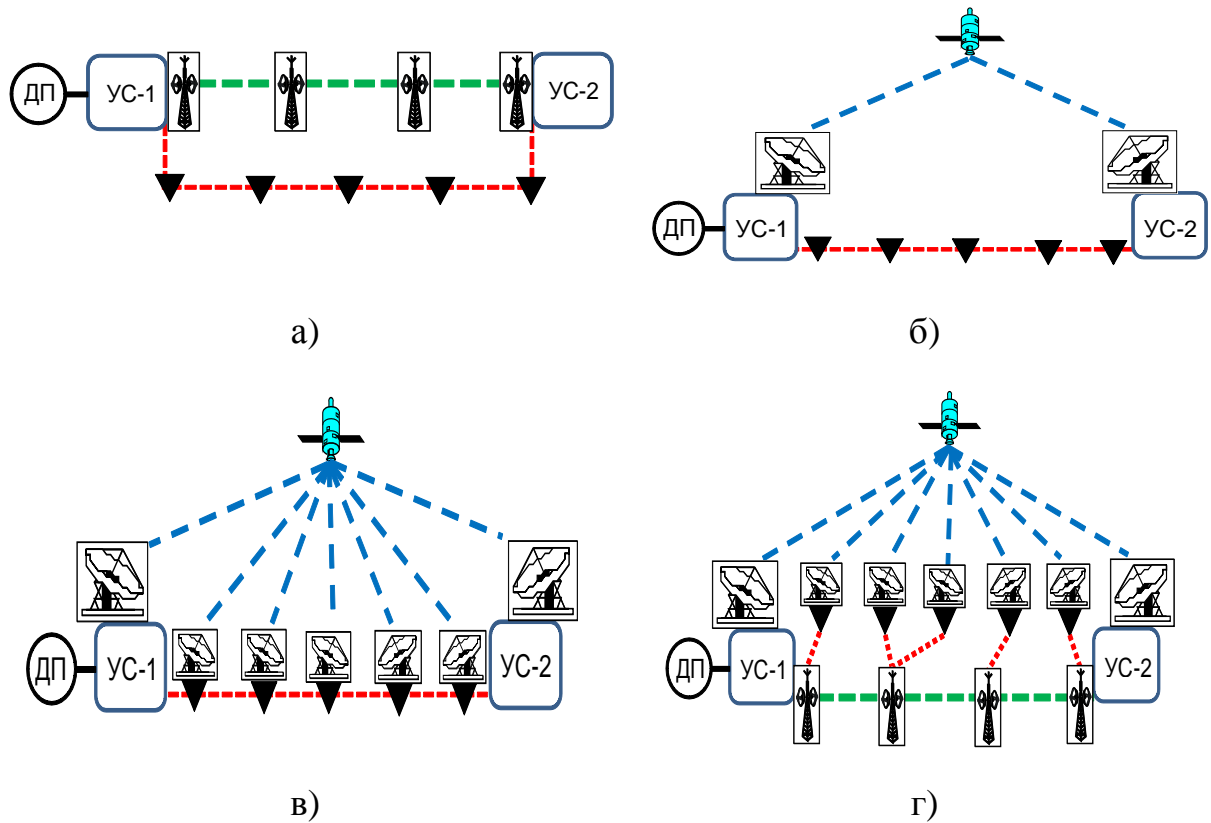
где  $T$  – период реализации проекта (в годах),  $n$  – порядковый номер шага расчетного периода,  $\phi_n$  – денежный поток (капитальные и эксплуатационные затраты) на  $n$ -м шаге,  $E$  – ставка дисконта.

Для критерия  $\Phi_{\text{инт}}$  будет использоваться шкала пропорциональных оценок с единицами измерения млн руб.

### **Метод сравнения многокритериальных альтернатив**

На данный момент времени существует несколько методов оценки и сравнения многокритериальных альтернатив: многокритериальная теория полезности, подход аналитической иерархии, метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite – исключение и выбор, отражающие реальность) [2]. Последний из них взят за основу для осуществления выбора оптимального проектного решения по технологической связи, как наиболее соответствующий специфике решаемой задачи.

Рассмотрим применение этого метода на примере выбора варианта организации связи для линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ), описанной в [3] (рисунок 2).



**Условные обозначения:**

- |  |  |
|--|--|
| Волоконно-оптическая линия связи         | ДП Диспетчерский пункт ЛПУМГ             |
| Цифровая радиорелейная линия связи       | УС-1 Узел связи на площадке КС-1         |
| Спутниковая линия связи                  | УС-2 Узел связи на площадке КС-2         |
| УКВ радиосвязь для линейной телемеханики | Земная станция спутниковой связи         |
| Внутриплощадочная линия связи ДП - УС-1  | Земная станция спутниковой связи на КПТМ |
| Контролируемый пункт телемеханики        | Космический аппарат                      |

Рисунок 2. Схемы альтернативных проектных решений по технологической связи ЛПУМГ:  
 а) - альтернатива А, б) – альтернатива В, в) – альтернатива С,  
 г) – альтернатива Д

Альтернативы и критерии их оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Альтернативы и критерии их оценки

Обозначение альтернативы	Критерии оценки альтернатив		
	Затраты на систему связи <sup>1</sup> , млн руб.	Коэффициенты готовности информационного обмена <sup>2</sup>	Пропускная способность <sup>3</sup> , Мбит/с
A	3900	0,999958	164
B	3760	0,999956	164
C	3780	0,999957	164
D	3520	0,999959	126

Примечания к таблице 2:

1 – в целях демонстрации метода приняты условные значения затрат для всех альтернатив с сохранением фактических пропорций между их значениями.

2 – значения Кг для альтернатив рассчитаны в [5]. Для каждой альтернативы в качестве результирующего Кг многополюсной сети выбран минимальный Кг направлений связи «ДП ЛПУМГ – КПТМ» по формуле (2).

3 – в [3] минимально необходимое значение пропускной способности для альтернатив с учетом методической неточности прогноза определено как 155 Мбит/с (уровень STM-1), что соответствует 63 потокам E1, или 126 Мбит/с полезной нагрузки. При этом для альтернативы D указано значение 126 Мбит/с, как максимально достижимое для одного ствола РРЛ, а для остальных альтернатив (на базе ВОЛС) указана пропускная способность 164 Мбит/с, учитывающая 30-процентный резерв на развитие. Известно, что с минимальными дополнительными затратами ВОЛС может обеспечить и существенно большую пропускную способность (например, 622 Мбит/с уровня STM-4), но в качестве оценки по критерию выбрана величина полезной перспективной ожидаемой нагрузки 164 Мбит/с.

Индекс согласия с гипотезой о превосходстве альтернативы А над альтернативой В  $s_{AB}$  вычисляется на основе весов критериев по следующей формуле:

$$c_{AB} = \frac{\sum_{i \in I^+, I^-} W_i}{\sum_{i \in I} W_i} \quad (4)$$

где  $i$  – порядковый номер критерия,  $I$  – множество, состоящее из  $N$  рассматриваемых критериев,  $I^+$  – подмножество критериев, по которым  $A$  предпочтительнее  $B$ ,  $I^-$  – подмножество критериев, по которым  $A$  равноценно  $B$ ,  $I$  – подмножество критериев, по которым  $B$  предпочтительнее  $A$ ,  $W_i$  – вес  $i$ -го критерия.

Индекс несогласия  $d_{AB}$  с гипотезой о превосходстве  $A$  над  $B$  определяется на основе критерия, по которому  $B$  в наибольшей степени превосходит  $A$ :

$$d_{AB=\max_{i \in I^-}} \frac{I_B^i - I_A^i}{L_i} \quad (5)$$

где  $I_A^i, I_B^i$  – оценки альтернатив  $A$  и  $B$  по  $i$ -му критерию;  $L_i$  – длина шкалы  $i$ -го критерия.

Пусть веса критериев равны:  $w_1 = 4, w_2 = 3, w_3 = 2$ . Определим следующие длины шкал:

$$L_1 = 4000 \text{ млн руб.}, L_2 = 5 \cdot 10^{-4}, L_3 = 504 \text{ Мбит/с.}$$

В таблицах 3,4 приведены матрицы индексов согласия и несогласия соответственно.

Таблица 3. Матрица индексов согласия

*	A	B	C	D
A	*	0,556	0,556	0,222
B	0,667	*	0,667	0,222
C	0,667	0,556	*	0,222
D	0,778	0,778	0,778	*

Таблица 4. Матрица индексов несогласия

*	A	B	C	D
A	*	0,035	0,030	0,095
B	0,040	*	0,020	0,060
C	0,020	0,005	*	0,065
D	0,075	0,075	0,075	*

Факт превосходства альтернативы А над альтернативой В устанавливается при выполнении следующих условий:

$$c_{AB} \geq c_1 \text{ и } d_{AB} \leq d_1 \quad (6)$$

где  $c_1, d_1$  – заданные уровни согласия и несогласия соответственно.

Зададим следующие начальные значения уровней согласия и несогласия:

$$c_1 = \max c_{AB} \text{ и } d_1 = \min d_{AB} \quad (7)$$

При таких значениях уровней согласия и несогласия все рассмотренные альтернативы являются несравнимыми. Постепенно, понижая уровень согласия, и повышая уровень несогласия, можно выделить одну лучшую альтернативу. Так, например, при  $c_1 = 0,778$  и  $d_1 = 0,075$  лучшей среди всех рассмотренных альтернатив будет являться альтернатива D (таблица 5). В этой таблице для каждой пары альтернатив содержится информация о выполнении условия (6).

Таблица 5. Информация о выполнении условия (6) для рассмотренных альтернатив

*	A	B	C	D
A	*	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ
B	ЛОЖЬ	*	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ
C	ЛОЖЬ	ЛОЖЬ	*	ЛОЖЬ
D	ИСТИНА	ИСТИНА	ИСТИНА	*

Предположим, что с целью улучшения показателей надежности связи поставлена задача проанализировать целесообразность применения дополнительной резервной системы доступа на основе УКВ радиосвязи для альтернативы D. Значения оценок по критериям для новой альтернативы E, созданной на базе альтернативы D с учетом дополнительной системы УКВ радиосвязи, приведены в таблице 6.

Таблица 6. Альтернативы D и E и критерии их оценки

Обозначение альтернативы	Критерии оценки альтернатив		
	Затраты на систему связи, млн руб.	Коэффициенты готовности информационного обмена	Пропускная способность, Мбит/с
D	3520	0,999959	126
E	3550	0,999960	126

Индексы согласия и несогласия составляют:  $c_{DE} = 0,667$ ;  $c_{ED} = 0,556$ ;  $d_{DE} = 0,02$ ;  $d_{ED} = 0,0075$ . Очевидно, что при различных комбинациях устанавливаемых уровней согласия и несогласия лучшей может оказаться любая альтернатива из рассматриваемой пары. Для осуществления выбора лицу, принимающему решение, придется идти на компромисс между снижением уровня согласия с гипотезой о превосходстве одной альтернативы над другой с одной стороны, и повышением уровня несогласия с другой стороны.

В целях формализации процесса выбора лучшей из двух альтернатив введем показатель  $R_{ED}$ , определяющий изменение соотношения индексов согласия и несогласия альтернативы E относительно альтернативы D:

$$R_{ED} = \frac{c_{ED}/d_{ED}}{c_{DE}/d_{DE}} \quad (8)$$

где индексы  $c_{ED}$ , и  $d_{ED}$ ,  $c_{DE}$ ,  $d_{DE}$  определяются из (4) и (5).

Показатель  $R_{ED}$  можно трактовать как коэффициент технико-экономического усовершенствования системы. Если значение  $R_{ED}$  больше 1, то новая альтернатива E признается лучшей по сравнению с прежней альтернативой D, тем самым оправдывая внесенные технические улучшения за дополнительные финансовые затраты. В противном случае технические изменения признаются неоправданными.

В рассмотренном примере значение  $R_{ED} = 2,22$ , что свидетельствует об оправданности повышения надежности системы за дополнительную стоимость.

## Выводы и планируемое внедрение разработанного алгоритма

Метод многокритериального выбора оптимального проектного решения по технологической связи магистрального газопровода планируется применить в практике проектирования ОАО «Гипрогазцентр». Это позволит применять наиболее эффективные системы связи для магистральных газопроводов на основе их комплексного сравнения по основным техническим и экономическим показателям и, в результате достигнуть цели проектирования, обеспечить заданных потребителей каналами связи с требуемыми характеристиками при условии минимизации затрат на создание технологической связи магистральных газопроводов.

## Список используемых источников

- 1 Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2008. 1104 с.
- 2 Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: учебник. М.: Логос, 2000. 296 с.
- 3 Пужайло А.Ф., Севастьянов Д.Н. Предложения о возможности использования спутниковых каналов связи для обеспечения функционирования систем телемеханизации в удаленных районах (на примере проекта МГ «Сахалин – Хабаровск – Владивосток»). ОАО «Гипрогазцентр», 2012. 673 с.
- 4 Ремешков В.Ю., Писарев О.В., Милов В.Р. Применение автоматизированного алгоритма расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей для анализа надежности технологических сетей связи в газовой отрасли // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/117-13763>.



5 Ремешков В.Ю. Оценка надежности спутниковых систем связи при решении задач телемеханизации магистральных газопроводов // Системы связи и экономические аспекты проектирования газотранспортных систем: монография / Пужайло А.Ф.[и др.]. Под ред. М.А. Смычка. Нижний Новгород: Исток, Т.6. 2013. С.155-159.

6 Ремешков В.Ю. Системный анализ и сетевое планирование при проектировании технологической сети связи // Тезисы доклада на науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов научно-исследовательских и проектных организаций ОАО «Газпром» «Актуальные вопросы проектирования объектов добычи и транспорта газа», ОАО «Гипрогазцентр», 24-27 сентября 2013 года. С.58-59.

7 Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. М.: Радио и связь, 1988. 208 с.

8 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК РФ по строительству, архитектуре и жилищной политике. М.: Экономика, 2000. 295 с.

## References

1 Vilenskij P.L., Livschitz V.N., Smolyak S.A. Oczenka effektivnosti investicionnyh proektov. Teorija i praktika. M.: Delo, 2008. 1104 s. [in Russian].

2 Larichev O.I. Teorija i metody prinyatiya reshenij, a takzhe Hronika sobytij v Volshebnyh Stranah: Uchebnik. M.: Logos, 2000. 296 s. [in Russian].

3 Puzhailo A.F., Sevastyanov D.N. Predlozheniya o vozmozhnosti ispolzovaniya sputnikovyh kanalov svyazi dlya obespecheniya funkcionirovaniya system telemehanizaczii v udalennyh rayonah (na primere proekta MG «Sahalin – Habarovsk – Vladivostok»). ОАО «Giprogazcentr», 2012. 673 s. [in Russian].

4 Remeshkov V.Y., Pisarev O.V., Milov V.R. Primenenie avtomatizirovannogo algoritma rascheta koefficientov gotovnosti dvuhpolusnyh setej dlya analiza nadezhnosti tehnologicheskikh setej svyazi v gazovoj otrasli // Sovremennye problem nauki i obrazovaniya. 2014. № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13763>. [in Russian].

5 Remeshkov V.Y. Oczenka nadezhnosti sputnikovyh system svyazi pri reshenii zadach telemehanizaczii magistralnyh gazoprovodov // Sistemy svyazi I ekonomicheskie aspekty proektirovaniya gazotransportnyh sistem: Monografija / Puzhailo A.F., Savchenkov S.V., Smychek M.A. i dr. // Pod red. M.A. Smychka. – Nizhniy Novgorod: Istok, T.6, 2013. S.155-159. [in Russian].

6 Remeshkov V.Y. Sistemniy analiz I setevoje planirovanije pri proektirovanii tehnologicheskoy seti svyazi // Tezisy doklada na nauchno-prakticheskoy konferenczii molodyh uchenyh i speczialistov nauchno-issledovatel'skikh i proektnyh organizaczij OAO «Gazprom» «Aktualnye voprosy proektirovaniya objektov dobychi i transporta gaza», OAO «Giprogazcentr», 24-27 sentyabrya 2013 goda. S.58-59. [in Russian].

7 Filin B.P. Metody analiza strukturnoj nadezhnosti setej svyazi. - M.: Radio i svyaz, 1988. 208 s. [in Russian].

8 Metodicheskije rekomendaczii po oczenke effektivnosti investicziionnyh proektov (Vtoraya redakcziya). M-vo ekon. RF, M-vo fin. RF, GK RF po str-vu, arhit. i zhil. politike. M.: Ekonomika, 2000. 295 s. [in Russian].

## Сведения об авторах

### About the authors

Ремешков В.Ю., ведущий инженер отдела связи,  
ОАО «Гипрогазцентр», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

V.Y. Remeshkov, Leading Engineer of Telecommunications Department,  
JSC “Giprogazcentr”, Nizhniy Novgorod, the Russian Federation

e-mail: remeshkoff@ggc.nnov.ru

Милов В.Р., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Электроника и сети ЭВМ» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний  
Новгород, Российская Федерация

V.R. Milov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Chair  
“Electronics and Computer Networks” of “Nizhniy Novgorod State Technical  
University after R.E. Alekseev”, Nizhniy Novgorod, the Russian Federation