



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРИТЕРИЕВ НА ВЫБОР ПОСТАВЩИКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

**А. А. Капелькина**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*Статья посвящена исследованию многокритериальной задачи принятия решений с целью определения лучшего поставщика транспортных услуг. Для оптимизации такого вида закупок широко применяется метод анализа иерархий, который позволяет одновременно учесть влияние нескольких факторов и с помощью аналитических расчетов достигнуть поставленной цели нахождения оптимального выбора. Оценка правильности формирования критериев и определение степени их влияния на итоговый результат проведена с помощью разделения задачи на 4 уровня, каждый из которых представляет усложнение предыдущего за счет изменения оценок суждений и добавления дополнительного критерия, не учтенного ранее. Решение задачи осуществлялось на примере филиала «Канская теплосеть» АО «Енисейская ТГК».*

*Ключевые слова: выбор поставщика транспортных услуг, закупки, метод анализа иерархий, критерии, матрицы парных сравнений.*

**Для цитирования:**

*Капелькина, А. А. Исследование влияния критериев на выбор поставщика транспортных услуг / А. А. Капелькина // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 4(38). – с. 97 – 109. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-4-97-109.*

## EXPLORATION OF THE IMPACT OF CRITERIA ON THE CHOICE OF A TRANSPORT SERVICE PROVIDER

**A. A. Kapelkina**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The article is devoted to the study of multi-criteria decision-making problem in order to determine the best supplier of transportation services. To optimize this type of procurement, the method of hierarchy analysis is widely used, which allows simultaneously taking into account the influence of several factors and using analytical calculations to achieve the goal of finding the optimal choice. Assessment of the correctness of criteria formation and determination of the degree of their influence on the final result was carried out by dividing the problem into 4 levels, each of which represents a complication of the previous one due to the change of judgment estimates and addition of an additional criterion not taken into account earlier. The problem was solved on the example of Kanskaya Heating Network branch of JSC Yenisei TGC.*

*Keywords: transportation service provider selection, procurement, hierarchy analysis method, criteria, matrices of pairwise comparisons.*

**For citation:**

*Kapelkina, A. A. Exploration of the impact of criteria on the choice of a transport service provider / A. A. Kapelkina // System analysis and logistics. – 2023. – № 4(38). – p. 97 – 109. DOI: 10.31799/2077-5687-2023-4-97-109.*

### **Введение**

Одной из важнейших задач является формирование критериев для задач многокритериального принятия решений, а именно, выбора поставщика транспортных услуг, поскольку от верного определения критериев оценки зависит качество и стоимость предоставляемой услуги, влияющие на сохранность перевозимого груза, сроки исполнения, а также на финансовое состояние организации-заказчика в целом.

Для решения такого типа задач применяются различные подходы. Основными методами выбора поставщиков, наиболее используемыми в настоящее время, являются: метод рейтинговых оценок, метод оценки затрат, метод доминирующих характеристик, метод анализа иерархий [1].

Среди вышеперечисленных методов выделяется метод анализа иерархий (МАИ) – один из наиболее известных инструментов системного подхода к сложным иерархическим



многокритериальным и многоальтернативным проблемам принятия экспертных решений [2].

При использовании данного метода оценка поставщика, в том числе и выбор способа его оценки, зависит от информации, стекающейся из многих подразделений фирмы, что позволяет рассматривать каждый фактор наравне с остальными, в то время как для предприятия, возможно, какой-то фактор является ключевым [1].

### **Постановка задачи**

В рамках исследования на примере филиала «Канская теплосеть» АО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» рассмотрена процедура закупки «Запрос предложений в электронной форме» и расстановка приоритетов критериев при выборе поставщика транспортных услуг.

Организация, входящая в состав ООО «Сибирская генерирующая компания», осуществляет основную деятельность по производству электроэнергии тепловыми электростанциями, и обеспечивает теплом и горячей водой более 80% населения города и промышленные предприятия [3].

В связи с истечением договора оказания транспортных услуг по доставке угля, перед руководством организации возникает вопрос о заключении нового договора.

Организацией был размещен запрос предложений в электронной форме, участниками которого могут быть только субъекты малого и среднего предпринимательства, на право заключения договора оказания транспортных услуг по доставке угля для нужд филиала «Канская теплосеть» в размере 12000 тонн с угольного склада АО «Разрез Канский» (Закупка №0563-2023-КрФ) [4].

Компания установила определенные требования к участникам запроса предложений. Среди них можно выделить [5]:

- начальная (максимальная) цена договора в размере 4 680 720,00 руб. с НДС и 3 900 600,00 руб. без НДС;
- период исполнения договора составляет 1 год, в соответствии с графиком оказания услуги;
- расстояние доставки угля составляет 55 км;
- участник должен иметь транспортные средства грузоподъемностью не менее 40 тонн в количестве не менее 3 автомобилей;
- количество исполненных аналогичных договоров на выполнение услуги по перевозке угля в количестве не менее 4 штук;
- количество персонала не менее 12 человек с уровнем квалификации, соответствующим данной услуге;
- участник должен обладать необходимыми профессиональными знаниями и опытом, управленческой компетентностью и репутацией;
- участник должен обладать гражданской правоспособностью в полном объеме для заключения и исполнения договора (должен быть зарегистрирован в установленном порядке, иметь соответствующие действующие лицензии, патенты на виды деятельности, связанные с выполнением договора, в соответствии с действующим законодательством РФ.

В результате, в процедуре закупки приняли участие 4 транспортных компании (поставщики транспортных услуг), среди которых необходимо выбрать наиболее подходящего для сотрудничества.

В соответствии с указанными требованиями были определены критерии для выбора поставщика (таблица 1).



Таблица 1 – Описание критериев

№	Критерий	Описание
	Стоимость договора	Цена договора, предложенная каждым из участников без НДС
	Технические ресурсы	Наличие материально-технической базы, технологической оснастки, оборудования, техники и т.д.
	Опыт поставщика	Опыт выполнения аналогичных договоров поставщиком
	Квалифицированный персонал	Количество персонала, привлекаемого для оказания услуги, имеющего нужную квалификацию
	Благонадежность	Характеризует правоспособность, добросовестность, финансовое положение и деловую репутацию участника

Обобщая имеющуюся информацию о поставщиках, сведем ее в таблицу исходных данных для последующего анализа (табл. 2).

Таблица 2 – Исходные данные о поставщиках

Критерии	Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 3	Поставщик 4
Стоимость договора				
Технические ресурсы				
Опыт поставщика				
Количество квалифицированного персонала				
Благонадежность				

Анализируя полученную таблицу, затруднительно выбрать лучшую альтернативу, поскольку одна превосходит другие по стоимости, другая – по опыту поставщика и т.д. В связи с этим возникает необходимость определения единой оценки поставщиков, которую можно получить, например, с помощью метода анализа иерархий.

### Описание метода анализа иерархий

Выбор поставщика транспортных услуг является сложной многофакторной задачей. Поэтому для ее решения предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ), состоящий из нескольких этапов [6]:

- постановка задачи и представление ее в виде иерархии, включающей в себя задачу, альтернативы решения задачи, критерии оценки альтернатив;
- оценка исходной информации путем реализации процедур попарного сравнения элементов рассматриваемой иерархии, осуществляется ЛПР;
- обработка результатов попарного сравнения элементов, в том числе оценка непротиворечивости полученных результатов и выбор наилучшей альтернативы исходя из рассчитанных весомостей альтернатив решения поставленной задачи.

Реализацию МАИ предлагается выполнить в среде Matlab [7].

Поскольку в работе проводится исследование влияния критериев (определение самих критериев, установление оценки каждого отдельного критерия) на поставленную цель - выбор поставщика транспортных услуг, то следует реализовать МАИ несколько раз, постепенно усложняя исходную задачу.

В результате, исследование разделено на 4 уровня. Характеристика каждого уровня и предполагаемые результаты представлены в таблице 3.



Таблица 3 – Характеристика уровней сложности

Уровень	Сложность	Описание	Результаты
	Базовые параметры	Критерии и их оценка выбраны исходя из требований организации-заказчика	
	Усложнение уровня 1	Пересмотр оценки критериев «Технические ресурсы», «Опыт поставщика», «Количество квалифицированного персонала» для матриц сравнения	Изменение итоговых результатов за счет изменения приоритетов критериев
	Усложнение уровня 2	Пересмотр оценки всех критериев для матрицы сравнения критериев	Изменение итоговых результатов за счет изменения приоритетов критериев
	Усложнение уровня 3	Введение критерия «Длительность поставки», добавление матрицы сравнения по новому критерию	Изменение итоговых результатов за счет введения нового критерия и изменения приоритетов критериев

### Реализация метода анализа иерархий

Реализация первого этапа МАИ – представление задачи выбора поставщика транспортных услуг в виде иерархии (рис.1). При этом, иерархическая структура задачи одинакова для первых трех уровней, поскольку количество критериев не изменяется.

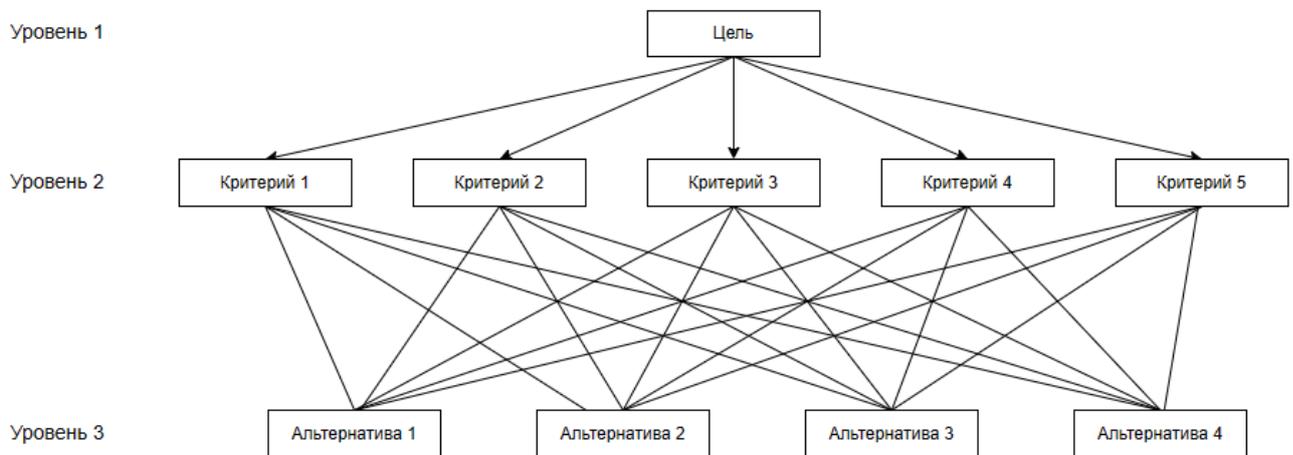


Рис. 1 Иерархическая структура

Сравнивая критерии попарно относительно цели выбора, необходимо оценить, какой из двух критериев важнее и насколько важнее. Результаты этих сравнений записываются в положительную матрицу  $A=(a_{ij})$  (формула 1), элементы которой обратны симметричны (формула 2) [8]:

где  $a_{ij}$  - элементы матрицы.

$$A = \begin{pmatrix} 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ 1 & \text{если } i = j & & : \\ & & & \end{pmatrix},$$

Элементы матрицы определяются следующим отношением (формулы 3-4):

$$(1/a_{ij} = a_{ji}^{-1}, a_{ii} = 1, i, j = 1, 2, \dots, n)$$



где  $w_i/w_j$  – соотношение между весами.

При этом важно отметить, что вес каждого критерия (фактора) и его предпочтительность перед другими является субъективной оценкой, т.е. формируется исходя из суждений ЛПР (экспертов компании-заказчика), основанных на его предпочтениях и других факторов.

Суждение эксперта отражено в виде целого числа по шкале от 1 до 9, где [9]:

- 1 означает равный вклад факторов в цель;
- 3 обозначает умеренное превосходство;
- 5 является существенным превосходством;
- 7 обозначает значительное превосходство;
- 9 связан с наличием очень сильного превосходства одного фактора над другим.

Оценки 2,4,6,8 являются промежуточными.

Кроме того, в рамках данного этапа МАИ необходимо определить следующие показатели [9]:

- значение главного собственного вектора матрицы и вектор приоритетов, представляющие собой относительные веса элементов матрицы;
- максимальное собственное число матрицы ( $\lambda_{max}$ ), индекс согласованности (ИС) оценку согласованности (ОС) матриц парных сравнений, характеризующие непротиворечивость данных, введенных экспертом.

Главный собственный вектор (ГСВ) рассчитывается по формуле (5):

где  $w_1', w_2', \dots, w_n'$  – значения собственных векторов.

Для получения вектора приоритетов осуществляется нормализация полученного ГСВ по формуле, представленной ниже:

$$w_i' = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

где  $w_1, w_2, \dots, w_n$  – векторы приоритетов.

Вычисление индекса согласованности (ИС) матриц происходит по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n(n-1)}$$

где  $\lambda_{max}$  – максимальное собственное число матрицы,  $n$  – размерность матрицы.

Максимальное собственное число  $\lambda_{max}$  рассчитывается путем умножения матрицы сравнений на вектор приоритетов и поэлементного деления полученного вектора на вектор приоритетов. Затем все результаты суммируются и делятся на число компонент вектора [9] по формулам 8-9:

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{n w_i}$$

Оценка согласованности (ОС) рассчитывается путем деления ИС на соответствующее значение случайного индекса (СИ), который определяется по таблице [8]:

$$ОС = \frac{ИС}{СИ}$$



где СИ – случайный индекс.

При этом должно выполняться условие:  $OC \leq 0,10$ . Если условие не выполнено, то необходимо пересмотреть суждения.

В данном случае, для первого уровня построены 6 квадратных матриц А:

- матрица сравнения всех критериев для определения веса каждого из них;
- пять матриц по каждому из критериев.

### Уровень 1

Матрица сравнения критериев для уровня 1 (базовые данные) представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение критериев

Критерии						ГСВ	Вектор приоритетов
Итого							
$\lambda_{max} = 5,210, IC = 0,053, OC = 0,047$							

Из таблицы видно, что существенное превосходство имеет первый критерий (стоимость), поскольку он имеет больше всех целочисленных оценок в строках матрицы.

При этом наименее значимы критерии «Технические ресурсы» и «Количество квалифицированного персонала».

В таблицах 5-6 приведены матрицы сравнений альтернатив относительно стоимости договора и технических ресурсов.

Таблица 5 – Сравнение альтернатив по критерию «Стоимость договора»

Стоимость договора	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	ГСВ	Вектор приоритетов
Поставщик 1						
Поставщик 2						
Поставщик 3						
Поставщик 4						
Итого						
$\lambda_{max} = 4,101, IC = 0,033, OC = 0,037$						

Таблица 6 – Сравнение альтернатив по критерию «Технические ресурсы»

Технические ресурсы	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	ГСВ	Вектор приоритетов
Поставщик 1						
Поставщик 2						
Поставщик 3						
Поставщик 4						
Итого						
$\lambda_{max} = 4,00, IC = 0, OC = 0$						



Для выбора наилучшей альтернативы рассчитывается глобальный вектор приоритетов как сумма произведений векторов приоритетов по конкретному критерию и вектора приоритетов критериев. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая таблица

Критерии	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Вектор приоритетов в критериев
Стоимость договора					
Технические ресурсы					
Опыт поставщика					
Количество квалифицированного персонала					
Благонадежность					
Глобальный вектор приоритетов					

Таким образом, на 1-м уровне приоритет получил поставщик 1.

## Уровень 2

На 2-м уровне изменяется оценка суждений эксперта для критериев «Технические ресурсы», «Опыт поставщика», «Количество квалифицированного персонала».

В качестве примера представлена матрица сравнений для критерия «Технические ресурсы» (таблица 8). Результаты расчетов представлены в таблице 9.

Таблица 8 – Сравнение альтернатив по критерию «Технические ресурсы»

Технические ресурсы	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	ГСВ	Вектор приоритетов
Поставщик 1						
Поставщик 2						
Поставщик 3						
Поставщик 4						
Итого						
$\lambda_{max}=4,204$ , ИС=0,068, ОС=0,075						

Таблица 9 – Итоговая таблица

Критерии	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Вектор приоритетов критериев
Стоимость договора					
Технические ресурсы					
Опыт поставщика					



Кол-во квалифицированного персонала					
Благонадежность					
Глобальный вектор приоритетов					

Анализируя представленную выше информацию, можно сделать вывод, что 1-е место занял поставщик 1, однако изменение оценки суждений относительно выделенных критериев повлияло на итоговые результаты, поскольку изменилось их численное значение.

### Уровень 3

На 3-м уровне изменяется оценка суждений эксперта для всех критериев (таблица 10). Итоговые результаты сведены в таблицу 11.

Таблица 10 – Сравнение критериев

Критерии						ГСВ	Вектор приоритетов
Итого							
$\lambda_{max}=5,317, IS=0,079, OS=0,070$							

Таблица 11 – Итоговая таблица

Критерии	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Вектор приоритетов критериев
Стоимость договора					
Технические ресурсы					
Опыт поставщика					
Количество квалифицированного персонала					
Благонадежность					
Глобальный вектор приоритетов					

В результате анализа данных таблицы видно, что изменение оценки суждений всех критериев повлияло на итоговые результаты, поскольку изменилось численное значение. Однако «победителем» по-прежнему является поставщик 1.

### Уровень 4

На 4-м уровне добавляется дополнительный критерий «Длительность поставки».

В связи с этим происходят изменения в исходных данных о поставщиках (таблица 12),



иерархической структуре (рис.2) и матрице сравнения критериев (таблица 13).

Кроме того, формируется еще одна матрица сравнений относительно нового критерия (таблица 14).

Таблица 12 – Исходные данные о поставщиках

Критерии	Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 3	Поставщик 4
Стоимость договора				
Технические ресурсы				
Опыт поставщика				
Количество квалифицированного персонала				
Благонадежность				
Длительность поставки, дней				

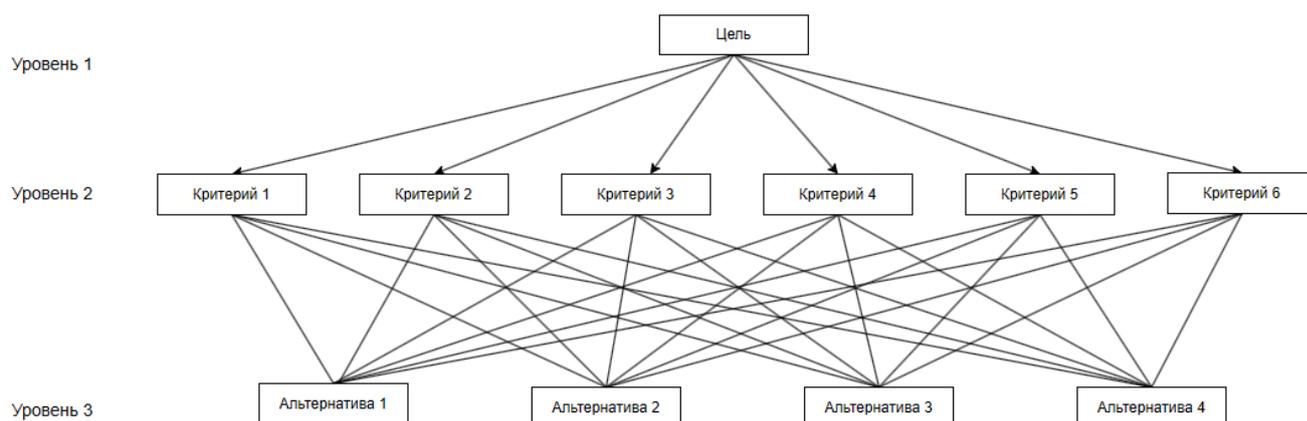


Рис. 2 Структура иерархии

Таблица 13 – Сравнение критериев

Критерии						6	ГСВ	Вектор приоритетов
6								
Итого								
$\lambda_{max} = 6,374, IS = 0,075, OS = 0,060$								

Таблица 14 – Сравнение альтернатив по критерию «Длительность поставки»

Длительность поставки	Поставщик	Поставщик	Поставщик	Поставщик	ГСВ	Вектор приоритетов



Поставщик 1						
Поставщик 2						
Поставщик 3						
Поставщик 4						
Итого						
$\lambda_{max}=4,096, IS=0,032, OS=0,035$						

Полученные результаты сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Итоговая таблица

Критерии	Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 3	Поставщик 4	Вектор приоритета критериев
Стоимость договора					
Технические ресурсы					
Опыт поставщика					
Количество квалифицированного персонала					
Благонадежность					
Длительность поставки					
Глобальный вектор приоритетов					

Из таблицы 15 видно, что приоритет имеет поставщик 2, и можно сделать вывод, что введение дополнительных критериев может значительно повлиять на принятие решения по выбору поставщика транспортных услуг.

### Сравнение результатов

Влияние критериев на итоговый результат наглядно представлено в таблице 16, в которой сведены все полученные итоговые оценки поставщиков для всех уровней задачи.

Так, на 2-м уровне возросли оценки для первых трех поставщиков, для последнего оценка снизилась.

На 3-м уровне произошло снижение всех оценок вследствие изменения веса каждого из критериев.

При этом на уровнях 1-3 победителем является поставщик №1 с со стоимостью договора, равной 3,300 тыс. руб.

Последний уровень показал, что при введении дополнительного критерия, неучтенного экспертами ранее, преимущество получил другой поставщик со стоимостью договора, равной 3,666 тыс. руб., что значительно выше, чем у поставщика №1.

В связи с этим следует выстроить подход для наиболее точного определения критериев и их оценок.

При формировании критериев для их последующей оценки необходимо изложить все требования организации-заказчика в техническом задании, а именно: состав транспортной услуги, цель оказания транспортной услуги, сроки доставки, характеристика груза, направления перевозки, качество услуг, требования к исполнителю, к безопасности оказания услуг.



При этом при формировании требований экспертам стоит руководствоваться следующими положениями:

- определить конкретный вид транспортной услуги, которая будет указана в заявке (например, подготовка, погрузка, транспортировка груза или перевозка пассажиров и т.д.);
- указать вид перевозимого груза, поскольку это напрямую влияет на создание особых условий перевозки, в случае, например, опасных или специфических грузов;
- в зависимости от вида груза определить вид транспортного средства, его грузоподъемность и другие характеристики;
- сформировать конкретный маршрут и график доставки.

Для оценки благонадежности использовать методы анализа внешней и внутренней среды предприятия поставщика.

В свою очередь повышения эффективности системы исследования внешней и внутренней среды поставщика возможно достичь за счет использования высокоэффективных методик оценки рейтинга поставщиков на базе проводимых мероприятий по исследованию его внешней и внутренней среды, повышения надежности – за счет обеспечения эффективного взаимодействия отдельных структурных подразделений предприятия при реализации деятельности [10].

Таблица 16 – Сравнение результатов

Уровень	Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 3	Поставщик 4	Победитель
					Поставщик 1
					Поставщик 1
					Поставщик 1
					Поставщик 2

### Заключение

Исследование влияния критериев на выбор поставщика транспортных услуг показало, что для принятия решения комплексный анализ как состояния самой организации, предоставляющей транспортную услугу, так и транспортной услуги, в реализации которой нуждается компания-заказчик, является наиболее корректным вариантом анализа.

Методов комплексного анализа, позволяющего выявить недостатки и возможные риски для организации в установленных требованиях для конкретной транспортной услуги, на основании которых будет производиться формирование критериев выбора поставщика транспортной услуги, существует достаточное количество, и это позволяет организации-заказчику применять наиболее удобные.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтярева, Н. М. Методические подходы к выбору и оценке поставщиков предприятия / Н. М. Дегтярева, Р. Яковлев // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2015. – № 1(33). – С. 100-105.
2. Картвелишвили, В. М. Метод анализа иерархий: критерии и практика / В. М. Картвелишвили, Э. А. Лебедюк // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2013. – № 6(60). – С. 97-112.
3. Предприятия «СГК»: Канская ТЭЦ [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibgenco.ru/main/company/generation/kanskayatets/> (дата обращения: 28.11.2023).
4. ЕИС Закупки: Карточка закупки [Электронный ресурс]. – URL:



- <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/notice223/common-info.html?noticeInfoId=14615114> (дата обращения: 28.11.2023).
5. ЕИС Закупки: Документация по закупке [Электронный ресурс]. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/notice223/documents.html?noticeInfoId=14615114> (дата обращения: 28.11.2023).
  6. Глазунова О. А. Экспертная оценка приоритетности выбора поставщика на основе метода анализа иерархий / О. А. Глазунова, Е. С. Сорокина, Е. В. Чмирева // Научный результат. Информационные технологии. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 39-49.
  7. MATLAB [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (дата обращения: 28.11.2023).
  8. Саати Т. Л. Об измерении неосязаемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений / Т. Л. Саати // Cloud of Science. – 2015. – Т. 2, № 1. – С. 5-39.
  9. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – Москва «Радио и связь», 1993. – 314 с.
  10. Дегтерева, М. Р. Механизмы исследования внешней и внутренней среды фирмы при выборе поставщика / М. Р. Дегтерева, Ю. А. Цыбина // Социально-экономическое управление: теория и практика. – 2023. – Т. 19, № 1. – С. 6-11.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Капелькина Алина Алексеевна** –

Магистрант кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: [alinochkakapelkina@gmail.com](mailto:alinochkakapelkina@gmail.com)

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Kapelkina Alina Alekseevna** –

Student of the Department of System Analysis and Logistics

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: [alinochkakapelkina@gmail.com](mailto:alinochkakapelkina@gmail.com)