

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автомобильного транспорта

А.А. Архирейский

**ДЕЛОВАЯ ИГРА**  
**«РАНЖИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ**  
**УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ»**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлениям подготовки 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Оренбург  
2017

УДК 629.33:005.3(076.5)  
ББК 39.33я7+60.83я7

А87

Рецензент – профессор, доктор технических наук М.И. Филатов

**Архирейский А.А.**

**А87** Деловая игра «Ранжирование мероприятий по повышению уровня качества процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей»: методические указания /А.А. Архирейский. – Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2017. – 31 с.

Методические указания к проведению деловой игры предназначены для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлениям подготовки 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Управление техническими системами»

УДК 629.33:005.3(076.5)  
ББК 39.33я7+60.83я7  
© Архирейский А.А., 2017  
© ОГУ 2017

## Содержание

Введение .....	4
<b>1 Организация деловой игры.....</b>	<b>6</b>
1.1 Этапы проведения деловой игры.....	6
1.2 Исходные данные .....	6
<b>2 Последовательность и содержание этапов деловой игры.....</b>	<b>7</b>
2.1 Разработка комплексов мероприятий по повышению уровня качества процессов ТО и Р автомобилей на примере конкретного предприятия .....	7
2.2 Знакомство с системой критериев оценивания уровня качества процессов ТО и Р автомобилей применяемых при сертификации услуг на автомобильном транспорте .	7
2.3 Ознакомление с принципом выбора оптимального решения.....	9
2.4 Анализ качественной важности критериев методом парных сравнений .....	11
2.5 Ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию .....	23
2.6 Ранжирование комплексов мероприятий.....	26
<b>3 Отчетность .....</b>	<b>28</b>
<b>4 Обеспечение деловой игры.....</b>	<b>29</b>
Список использованных источников .....	30

## Введение

В деле совершенствования подготовки кадров для региона в рамках реализации государственных стандартов важную роль играет активное обучение. Активное обучение предполагают использование, прежде всего форм, методов и средств обучения, которые получили название активных. К ним относят: проблемные лекции; семинары-дискуссии; разбор конкретных ситуаций, возникающих на производстве; методы математического моделирования с использованием современной компьютерной техники; деловые игры [1].

Деловая игра является популярным методом активного обучения студентов в университете. Эта форма обучения используется при подготовке кадров в области технической эксплуатации автомобильного транспорта [2]. На транспортном факультете ОГУ есть опыт реализации этой формы активного обучения при подготовке специалистов по технической эксплуатации автомобилей [3].

Принятие управленческих решений направленных на повышение уровня качества процессов технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автомобилей связано с использованием оценок, мнений и идей привлекаемых к разработке решений специалистов – экспертов. В качестве экспертов могут выступать студенты старших курсов. Ценность экспертных оценок возрастает при возможности обобщения знаний и интуиции достаточно большого числа экспертов. При групповой экспертизе, имеет значение выбор методов итоговой обработки, а именно получения обобщенного мнения группы специалистов. Необходимо помнить, что экспертам удобнее давать качественные оценки, измеренные в номинальной или порядковой шкале. Именно по этому, при опросах экспертов рекомендуется использовать ранжировки или парные сравнения [4].

Важной особенностью предлагаемой деловой игры является то, что она сочетает в себе не только решение проблемы снижения неопределенности при принятии управленческих решений, но и обучение участников игры современным методам

получения обобщенного мнения групп экспертов. Цель настоящей деловой игры заключается в освоении студентами современных методов принятия решений на примере анализа мероприятий по повышению качества процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей. Достижение поставленной цели способствует овладению компетенцией ПК-14, ПКС-1.12, ПСК-1.13 студентами направления 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и компетенциями ПК-19, ПК-22 студентами направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Управление техническими системами».

Настоящая работа не претендует на полноту и законченность изложения всех вопросов, имеющих отношение к оцениванию уровня качества процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей при сертификации. О замеченных недостатках в методических указаниях просьба сообщать на кафедру автомобильного транспорта транспортного факультета ОГУ. Автор с благодарностью примет и рассмотрит любые предложения, касающиеся повышения научно-технического, учебно-методического, эргономического и содержательного уровня данных методических указаний.

# **1 Организация деловой игры**

## **1.1 Этапы проведения деловой игры**

Деловая игра состоит из следующих этапов:

Этап 1 - Разработка комплексов мероприятий по повышению уровня качества процессов ТО и Р автомобилей на примере конкретного предприятия.

Этап 2 - Знакомство с системой критериев оценивания уровня качества процессов ТО и Р автомобилей применяемых при сертификации услуг на автомобильном транспорте.

Этап 3 - Ознакомление с принципом выбора оптимального решения

Этап 4 - Анализ качественной важности критериев методом парных сравнений.

Этап 5 - Ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию.

Этап 6 - Ранжирование комплексов мероприятий.

## **1.2 Исходные данные**

Исходными данными для проведения деловой игры могут послужить отчеты студентов об экскурсии на предприятие оказывающее услуги или производящее работы по ТО и Р автомобилей.

К исходным данным можно так же отнести мероприятия по повышению качества процессов ТО и Р автомобилей, предложенные в ходе процедуры оценки соответствия экспертами системы сертификации на автомобильном транспорте.

## **2 Последовательность и содержание этапов деловой игры**

### **2.1 Разработка комплексов мероприятий по повышению уровня качества процессов ТО и Р автомобилей на примере конкретного предприятия**

Данный этап реализуется непосредственно в ходе или сразу после ознакомительной экскурсии на предприятие, выполняющее работы или оказывающее услуги по ТО и Р автомобилей. Студенты методом мозгового штурма [5] формируют массив мероприятий (10-12 мероприятий) по повышению уровня качества процессов ТО и Р рассматриваемого предприятия. Затем предложенные мероприятия группируют в три-четыре комплекса соизмеримых по затратам на их реализацию и эксплуатацию.

Комплексы мероприятий представляют собой варианты (альтернативы) из которых необходимо выбрать наилучший. Лучшим будем считать тот, который больше других позволит повысить уровень качества процессов Т и Р автомобилей.

Для выбора наилучшей альтернативы будем использовать современные методы и модели принятия управленческих решений.

### **2.2 Знакомство с системой критериев оценивания уровня качества процессов ТО и Р автомобилей применяемых при сертификации услуг на автомобильном транспорте**

Выбор наиболее предпочтительного комплекса мероприятий необходимо осуществлять на основе различных показателей характеризующих его с различных сторон. Чем больше аспектов будет принято во внимание, тем более разумным будет решение.

Действенным механизмом повышения уровня качества процессов ТО и Р автомобилей является сертификация услуг по ТО и Р автотранспортных средств. Под сертификацией понимается оценка соответствия процесса и результатов услуг по

ТО и Р требованиям нормативно-технологической документации, указанной в области аккредитации системы сертификации. На автомобильном транспорте действует несколько систем сертификации. В ОГУ действует орган по сертификации услуг по ТО и Р автотранспортных средств аккредитованный в системе добровольной сертификации на автомобильном транспорте (ДС АТ) представленная на регистрацию Министерством транспорта Российской Федерации. Для оценки уровня качества процессов ТО и Р автомобилей экспертами органа по сертификации используется оригинальная система критериев выдачи сертификата соответствия:

К1 – критерий оценивающий организационно-техническое обеспечение процессов ТО и Р автомобилей;

К2 – критерий оценивающий состояние зданий и сооружений используемых в процессах ТО и Р автомобилей;

К3 - критерий оценивающий наличие и состояние технологического оборудования и инструментов, используемых в процессах ТО и Р автомобилей;

К4 – критерий оценивающий кадровое обеспечение процессов ТО и Р автомобилей;

К5 - критерий оценивающий наличие и состояние контрольно-диагностического, испытательного оборудования и средств измерений, используемых в процессах ТО и Р автомобилей;

К6 - критерий оценивающий наличие нормативной и технологической документации на рабочих местах.

Более подробно система критериев представлена в работах профессора Н.Н. Якунина [6].

Эти показатели будем использовать в качестве критериев оценки уровня качества процессов на предприятии, выполняющим работы или оказывающим услуги по ТО и Р автомобилей. Для оценивания комплексов мероприятий по описанной системе критериев используем шкалу порядка. Достаточно расположить комплексов мероприятий в порядке убывания предпочтительности по конкретному критерию К<sub>і</sub>.

Такую процедуру будем называть ранкинг (от англ. ranking) по критерию  $K_i$ . В результате ранкинга каждому комплексу мероприятий будет присвоено место в порядке убывания критерия  $K_i$ . Тогда каждый комплекс мероприятий будет описан векторной оценкой из значений шести критериев:

$$KM(j) = (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6),$$

где  $K_i$  – место  $i$ -го критерия;

$j$  – количество КМ.

### 2.3 Ознакомление с принципом выбора оптимального решения

Выбор оптимального комплекса мероприятий будем производить на основе метода ранжирования альтернатив на основе сравнения их векторных оценок, предложенного профессором В.В. Подиновским [9]. Важным ограничением этого метода является однородность критериев выбора. Так как все критерии измерены в шкале порядка и число градаций не велико, в дальнейшем будем считать их однородными.

Математическая модель ситуации принятия управленческого решения включает следующие элементы [9]:

- 1) множество альтернатив – комплексы мероприятий;
- 2) векторная оценка  $KM(j)$ ;
- 3) отношения предпочтения и безразличия, которые будем обозначать соответственно буквами  $I$  и  $P$  с верхними и нижними индексами. Верхний индекс указывает, что отношение относится к векторным оценкам. Нижний индекс указывает на то, что имеется в виду отношение между мероприятиями  $KM(j)$ .

*Пример:*

*Производится выбор из двух комплексов мероприятий  $KM_1$  и  $KM_2$ . Оценка  $KM_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1)$ , оценка  $KM_2 = (2, 2, 2, 2, 2, 2)$ . То есть первый комплекс мероприятий по всем критериям на первом месте, а второй комплекс мероприятий по*

всем критериям на втором месте. Можно утверждать, что оценка первого комплекса мероприятий предпочтительнее второй оценки  $((1, 1, 1, 1, 1, 1)P^0(2, 2, 2, 2, 2, 2))$  и комплекс мероприятий  $KM\_1$  предпочтительнее комплекса мероприятий  $KM\_2$  ( $KM\_1 P_0 KM\_2$ ).

Ситуация выбора как правило не так однозначна как в рассмотренном примере. Например, сложно утверждать, что  $(1, 1, 1, 2, 2, 2)P^0(2, 2, 2, 1, 1, 1)$  или  $(2, 2, 2, 1, 1, 1)P^0(1, 1, 1, 2, 2, 2)$ . Скорее можно говорить о том, что  $(1, 1, 1, 2, 2, 2)P^0(2, 2, 2, 1, 1, 1)$ . В таком случае необходимо оговорить принцип, на основании которого можно будет сделать выбор.

Для ситуации выбора комплекса мероприятий по повышению уровня качества процессов по ТО и Р автомобилей можно использовать следующий принцип [9] - оптимальной будет та векторная оценка, значения отдельных критериев которой лучше, а значения остальных не хуже значений критериев другой векторной оценки. Данный принцип называют принципом Эджворта-Парето по именам ученых, впервые использовавших его в своих исследованиях. Оптимальную по этому принципу векторную оценку называют недоминируемой, другие векторные оценки из множества альтернатив называют доминируемыми.

*Пример:*

*Справедливо, что  $(1, 1, 1, 2, 2, 2)P^0(2, 2, 2, 2, 1, 1)$ . Так как, в первой векторной оценке, первые места имеют на один критерий больше, чем во второй. То есть первая оценка доминирует вторую. Первую векторную оценку назовем недоминируемой, а вторую доминируемой.*

Использование данного принципа, как правило, приводит к ситуации, когда множеству оптимальных (недоминируемых) векторных оценок может принадлежать более одной векторной оценки. Для сужения пространства выбора, необходима дополнительная информация об относительной важности критериев, входящих в векторную оценку.

Сравнение критериев по важности можно производить разными способами,

выбираем способ, предполагающий измерение относительной важности в шкале порядка. Такую важность называют качественной.

## **2.4 Анализ качественной важности критериев методом парных сравнений**

Для этого этапа группа студентов разбивается на бригады по два-три человека. Каждая бригада упорядочивает критерии по их значимости для данного предприятия, при этом рекомендуется использовать метод парных сравнений [12].

### **2.4.1 Анализ относительной важности показателей методом парных сравнений**

При парном сравнении объектов удастся получить наиболее точное отражение субъективных предпочтений, поскольку на выбор здесь налагается гораздо меньше ограничений, чем при других видах экспертного оценивания. При этом способе каждый раз эксперту приходится делать выбор всего из двух альтернатив, т.е. решать задачу, уровень неопределенности которой не превышает одного бита. Это облегчает работу экспертов, но одновременно ставит вопрос о возможно недостаточном объеме информации для получения надежных оценок. Однако, опасения по этому поводу напрасны. Один бит информации требуется при сравнении только одной пары из  $n$  объектов, а сравниваемых пар  $n(n-1)/2$  и, следовательно, так как  $n(n-1)/2 > \log_2(n!)$ , то и объем информации, затраченный на решение задачи ранжирования, в сумме превосходит тот, который затрачивается при других способах ее решения [11, 15].

Данный метод широко используется в тех случаях, когда сравниваемые объекты можно сопоставить лишь субъективно, то есть когда невозможно или невыгодно делать соответствующие измерения для решения задачи о предпочтениях объектов.

Для получения парных сравнений критериев  $K_i$  ( $i = 1 \dots 6$ ) используется анкетирование, предусматривающее заполнение таблицы, в которой количество строк равно количеству столбцов.

Таблица 2.1 – Матрица парных сравнений критериев

Объекты	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>	K <sub>15</sub>	K <sub>16</sub>
K2	K <sub>21</sub>	1	K <sub>23</sub>	K <sub>24</sub>	K <sub>25</sub>	K <sub>26</sub>
K3	K <sub>31</sub>	K <sub>32</sub>	1	K <sub>34</sub>	K <sub>35</sub>	K <sub>36</sub>
K4	K <sub>41</sub>	K <sub>42</sub>	K <sub>43</sub>	1	K <sub>45</sub>	K <sub>46</sub>
K5	K <sub>51</sub>	K <sub>52</sub>	K <sub>53</sub>	K <sub>54</sub>	1	K <sub>56</sub>
K6	K <sub>61</sub>	K <sub>62</sub>	K <sub>63</sub>	K <sub>64</sub>	K <sub>65</sub>	1

Значение элемента, стоящего на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца, определяется по формуле:

$$K_{ij} = \begin{cases} 0, & K_i \prec K_j \\ 1, & K_i \sim K_j \\ 2, & K_i \succ K_j \end{cases} \quad (2.1)$$

В соответствии с (2.1) на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца должен стоять 0, если критерий с номером  $i$ , по мнению эксперта, менее значим, чем критерий с номером  $j$ ; должна стоять 1, если критерии равнозначны, и 2, если  $i$ -й критерий превосходит  $j$ -й.

Метод вычисления весовых коэффициентов, в соответствии со значениями которых ранжируются объекты, представляет собой итерационную процедуру:

$$p^t = Kp^{t-1}, \quad (2.2)$$

где  $p_0 = (1, 1, \dots, 1)'$ .

Чтобы избежать в процессе итерирования получения чрезвычайно больших весовых значений, компоненты вектора  $p'$  на каждом шаге нормируются путем деления на сумму:

$$\lambda^t = \sum_i p_i^t = \sum_i \sum_j K_{ij} p_j^{t-1}. \quad (2.3)$$

С учетом нормирующего множителя процедура вычисления весовых коэффициентов записывается следующим образом:

$$p^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{K} p^{t-1}. \quad (2.4)$$

Её применение приводит к получению весовых коэффициентов  $p_i$  в виде относительных величин, так как  $\sum p_i^t = 1$ . Вычислительный процесс продолжается до момента, когда весовые коэффициенты, полученные на двух соседних итерациях, будут незначительно отличаться друг от друга, т.е.

$$\max_i |p_i^t - p_i^{t-1}| < \varepsilon \quad (2.5)$$

где  $\varepsilon$  — достаточно малое положительное число, задающее точность расчетов (рекомендуемое значение  $\varepsilon = 0,001$ ).

#### 2.4.2 Групповая оценка

Метод парных сравнений был рассмотрен применительно к обработке результатов опроса одной бригады. Члены бригады формируют единое мнение в результате обсуждения внутри бригады. Такие экспертные оценки будем называть индивидуальными. Они имеют право на существование и даже практическое использование, но уверенность в их объективности очень низкая. Поэтому при ранжировании мероприятий по повышению уровня качества предпочтение следует отдавать групповым экспертным оценкам. В простейшем случае за групповую оценку принимают усредненные значения индивидуальных оценок. Применение такого способа предполагает, что компетентность экспертов, принимавших участие в экспертизе, одинакова.

Другой подход к формированию групповой оценки основан на итерационной процедуре, в которой параллельно уточняются и коэффициенты компетентности, и групповая оценка [11].

Коэффициент компетентности показывает, насколько удалены оценки важности критериев данной бригады от групповой оценки [8]. Значения этого коэффициента

могут быть использованы для оценивания уровня компетентности каждой бригады при аттестации студентов. С примерами реализации данного подхода к упорядочиванию критериев можно ознакомиться в соответствующей литературе [7].

Пусть опрос группы из  $m$  бригад позволил получить оценки значимости шести критериев. Результаты опроса представлены в виде прямоугольной таблицы 2.2, в каждой строке которой, как нетрудно понять, стоят оценки, полученные соответствующим критерием, а в столбце — оценки, поставленные соответствующей бригадой.

Таблица 2.2 – Результаты опроса бригад

Объекты	Бригады								
	Бр1	Бр2	Бр3	Бр4	.	.	.	.	Бр <sub>m</sub>
К1	$p_{11}$	$p_{12}$	.	.	.	.	.	.	$p_{1m}$
К2	$p_{21}$	$p_{22}$	.	.	.	.	.	.	$p_{2m}$
К3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
К4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
К5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
К6	$p_{n1}$	$p_{n2}$	.	.	.	.	.	.	$p_{nm}$

Изложение формальной процедуры итерационного уточнения групповой оценки и коэффициентов компетентности начинается с обозначений:

$P$  - прямоугольная  $n \times m$  матрица с элементами  $p_{ij}$ , представляющими собой оценки  $i$ -го объекта  $j$ -ой бригадой;

$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)'$  — вектор групповой оценки;

$v = (v_1, v_2, \dots, v_m)'$  — вектор весовых коэффициентов компетентности;

$p_{i*}$  —  $i$ -я строка матрицы  $P$ ;

$p_{*j}$  —  $j$ -й столбец матрицы  $P$ .

В качестве начального приближения весовых коэффициентов компетентности удобно взять вектор:

$$\mathbf{v}^0 = (v_1^0, v_2^0, \dots, v_m^0) = \left( \frac{1}{m}, \frac{1}{m}, \dots, \frac{1}{m} \right), \quad (2.6)$$

равенство компонент, которого означает, что бригады не различимы по уровню компетентности. С помощью этого вектора определяется групповая оценка:

$$\mathbf{p}^1 = v_1 \mathbf{p}_{*1} + v_2 \mathbf{p}_{*2} + \dots + v_m \mathbf{p}_{*m} = \mathbf{P} \mathbf{v}^0. \quad (2.7)$$

Затем полученные значения групповой оценки используются для уточнения коэффициентов компетентности. С этой целью строки матрицы  $\mathbf{P}$  умножаются на оценки первой итерации  $\mathbf{p}^1$  и суммируются:

$$\mathbf{v}^1 = \mathbf{p}_{1*}^1 \mathbf{p}_{1*}^1 + \mathbf{p}_{2*}^1 \mathbf{p}_{2*}^1 + \dots + \mathbf{p}_{n*}^1 \mathbf{p}_{n*}^1 \quad (2.8)$$

Так как коэффициенты компетентности являются нормированными величинами, то и полученный результат необходимо нормировать, разделив его на сумму:

$$\lambda^1 = \sum_{j=1}^m v_j^1. \quad (2.9)$$

После нормирования расчеты повторяются в той же последовательности, образуя, таким образом, итерационную процедуру параллельных расчетов. В матричной форме эта процедура записывается следующим образом:

$$\mathbf{p}^t = \mathbf{P} \mathbf{v}^{t-1}; \quad (2.10)$$

$$\mathbf{v}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{p}^{t*} \mathbf{P}. \quad (2.11)$$

Если в (2.12) подставить (2.13) с измененным порядком сомножителей, а в (2.13) подставить (2.12), то окончательно итерационный процесс записывается в виде

$$\mathbf{p}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{P} \mathbf{P}^* \mathbf{p}^{t-1}; \quad (2.12)$$

$$\mathbf{v}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{P}^* \mathbf{P} \mathbf{v}^{t-1}. \quad (2.13)$$

Так как столбцы матрицы  $\mathbf{P}$  в силу того, что получены с помощью метода парных сравнений, неотрицательны, то и сама матрица неотрицательна и, следовательно, неотрицательны матрицы  $\mathbf{P}\mathbf{P}'$  и  $\mathbf{P}'\mathbf{P}$ .

Таким образом, и групповая оценка значимости объектов  $\mathbf{p}$ , и весовые коэффициенты компетентности экспертов  $\mathbf{v}$  могут быть получены как характеристические векторы матриц  $\mathbf{P}\mathbf{P}'$  и  $\mathbf{P}'\mathbf{P}$ , причем эти векторы являются предельными величинами:

$$\mathbf{p} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{p}^t \qquad \mathbf{v} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{v}^t \qquad (2.14)$$

Как и в случае обработки матрицы парных сравнений, расчеты ведутся до достижения заданной точности. Если проводилась самооценка или взаимная оценка компетентности, полученные с помощью итерационной процедуры результаты могут сравниваться с ними для уточнения общих характеристик экспертной группы.

В соответствии с полученными оценками  $\mathbf{p}$ , каждому критерию  $K_i$  присвоим ранг. Если оценки  $\mathbf{p}$  для разных критериев отличаются менее чем на целые единицы, присваиваем критериям средние ранги.

*Пример:*

*При небольшом количестве сравниваемых объектов допускается присваивать значения только элементам выше диагонали, так как элементы ниже диагонали можно заполнить исходя из того, что  $k_{ij} + k_{ji} = 2$ .*

*Предположим, что в результате обсуждения, члены первой бригады заполнили матрицу парных сравнений критериев определенным образом (таблица 2.3).*

*Таблица 2.3 – Матрица парных сравнений*

<i>Объекты</i>	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>K4</i>	<i>K5</i>	<i>K6</i>
<i>K1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
<i>K2</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>K3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>K4</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>K5</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>K6</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>

Первое приближение вектора оценок относительной важности критериев получим, умножая справа матрицу парных сравнений на столбец начальных оценок  $p_0 = (1, 1, 1, 1, 1, 1)'$ .

$$P_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 9 \\ 6 \\ 7 \\ 6 \\ 5 \\ 3 \end{pmatrix}.$$

Нормируем полученные оценки:

$$P_{1\_норм} = \begin{pmatrix} 9/36 \\ 6/36 \\ 7/36 \\ 6/36 \\ 5/36 \\ 3/36 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,250 \\ 0,167 \\ 0,194 \\ 0,167 \\ 0,139 \\ 0,083 \end{pmatrix}.$$

Второе приближение получим, умножив справа исходную матрицу парных сравнений на нормированный вектор первого приближения оценок относительной важности критериев:

$$P_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,250 \\ 0,167 \\ 0,194 \\ 0,167 \\ 0,139 \\ 0,083 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,472 \\ 0,833 \\ 1,167 \\ 0,778 \\ 0,667 \\ 0,528 \end{pmatrix}.$$

Нормируем полученные оценки второго приближения:

$$P_{2\_норм} = \begin{pmatrix} 1,472/5,44 \\ 0,833/5,44 \\ 1,167/5,44 \\ 0,778/5,44 \\ 0,667/5,44 \\ 0,528/5,44 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,270 \\ 0,153 \\ 0,214 \\ 0,143 \\ 0,122 \\ 0,097 \end{pmatrix}.$$

Определим максимальное значение модуля разности первого и второго приближений нормированных оценок относительной важности критериев:

$$\varepsilon_{1\_2} = \max \left| \begin{pmatrix} 0,250 \\ 0,167 \\ 0,194 \\ 0,167 \\ 0,139 \\ 0,083 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,270 \\ 0,153 \\ 0,214 \\ 0,143 \\ 0,122 \\ 0,097 \end{pmatrix} \right| = 0,024.$$

Продолжаем итерации до тех пор, пока не выполняется условие (5):  $\varepsilon \leq 0,001$ .

Условие выполнено на пятой итерации. Получена следующая матрица-столбец оценок относительной важности критериев:

$$P_{5\_норм} = \begin{pmatrix} 0,261 \\ 0,155 \\ 0,209 \\ 0,140 \\ 0,129 \\ 0,105 \end{pmatrix}.$$

Аналогичную процедуру выполняет каждая бригада.

Предположим, что в результате опроса пяти бригад получены следующие оценки относительной важности критериев (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Результаты опроса бригад

Объекты	Бригады				
	Бр1	Бр2	Бр3	Бр4	Бр5
К1	0,261	0,245	0,222	0,222	0,222
К2	0,155	0,222	0,194	0,222	0,250
К3	0,209	0,178	0,139	0,194	0,167
К4	0,140	0,158	0,167	0,167	0,139
К5	0,129	0,132	0,167	0,111	0,139
К6	0,105	0,096	0,111	0,083	0,083

Полученную матрицу групповой оценки  $\mathbf{P}$  умножаем на начальное приближение вектора коэффициентов компетентности бригад:

$$\mathbf{p}^0 = \mathbf{P}\mathbf{v}^0 = \begin{pmatrix} 0,261 & 0,245 & 0,222 & 0,222 & 0,222 \\ 0,155 & 0,222 & 0,194 & 0,222 & 0,250 \\ 0,209 & 0,178 & 0,139 & 0,194 & 0,167 \\ 0,140 & 0,158 & 0,167 & 0,167 & 0,139 \\ 0,129 & 0,132 & 0,167 & 0,111 & 0,139 \\ 0,105 & 0,096 & 0,111 & 0,083 & 0,083 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,234 \\ 0,209 \\ 0,177 \\ 0,154 \\ 0,136 \\ 0,096 \end{pmatrix}.$$

Выполним вспомогательные вычисления, умножим матрицу  $\mathbf{P}$  на транспонированную матрицу  $\mathbf{P}'$  справа и слева.

$$\mathbf{P}\mathbf{P}' = \begin{pmatrix} 0,276 & 0,243 & 0,209 & 0,180 & 0,159 & 0,112 \\ 0,243 & 0,223 & 0,184 & 0,161 & 0,141 & 0,098 \\ 0,209 & 0,184 & 0,160 & 0,136 & 0,118 & 0,084 \\ 0,180 & 0,161 & 0,136 & 0,120 & 0,105 & 0,074 \\ 0,159 & 0,141 & 0,118 & 0,105 & 0,094 & 0,066 \\ 0,112 & 0,098 & 0,084 & 0,074 & 0,066 & 0,046 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{P}'\mathbf{P} = \begin{pmatrix} 0,183 & 0,185 & 0,174 & 0,179 & 0,178 \\ 0,185 & 0,193 & 0,181 & 0,187 & 0,188 \\ 0,174 & 0,181 & 0,174 & 0,175 & 0,177 \\ 0,179 & 0,187 & 0,175 & 0,183 & 0,183 \\ 0,178 & 0,188 & 0,177 & 0,183 & 0,185 \end{pmatrix}.$$

Определим первое приближение групповой оценки относительной важности критериев:

$$P^1 = \begin{pmatrix} 0,276 & 0,243 & 0,209 & 0,180 & 0,159 & 0,112 \\ 0,243 & 0,223 & 0,184 & 0,161 & 0,141 & 0,098 \\ 0,209 & 0,184 & 0,160 & 0,136 & 0,118 & 0,084 \\ 0,180 & 0,161 & 0,136 & 0,120 & 0,105 & 0,074 \\ 0,159 & 0,141 & 0,118 & 0,105 & 0,094 & 0,066 \\ 0,112 & 0,098 & 0,084 & 0,074 & 0,066 & 0,046 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,234 \\ 0,209 \\ 0,177 \\ 0,154 \\ 0,136 \\ 0,096 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,213 \\ 0,189 \\ 0,161 \\ 0,140 \\ 0,123 \\ 0,087 \end{pmatrix}.$$

Нормируем полученные оценки первого приближения:

$$P_{\text{норм}}^1 = \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,207 \\ 0,176 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix}.$$

Определим первое приближение коэффициентов компетентности:

$$v^1 = \begin{pmatrix} 0,183 & 0,185 & 0,174 & 0,179 & 0,178 \\ 0,185 & 0,193 & 0,181 & 0,187 & 0,188 \\ 0,174 & 0,181 & 0,174 & 0,175 & 0,177 \\ 0,179 & 0,187 & 0,175 & 0,183 & 0,183 \\ 0,178 & 0,188 & 0,177 & 0,183 & 0,185 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \\ 1/5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,180 \\ 0,187 \\ 0,176 \\ 0,182 \\ 0,182 \end{pmatrix}.$$

Нормируем полученные оценки первого приближения:

$$v_{\text{норм}}^1 = \begin{pmatrix} 0,198 \\ 0,206 \\ 0,194 \\ 0,201 \\ 0,201 \end{pmatrix}.$$

Определим максимальное значение модуля разности начального и первого приближений нормированных групповых оценок относительной важности критериев:

$$\varepsilon_{0_1} = \max \left( \begin{pmatrix} 0,234 \\ 0,209 \\ 0,177 \\ 0,154 \\ 0,136 \\ 0,096 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,207 \\ 0,176 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix} \right) = 0,002.$$

Определим максимальное значение модуля разности начального и первого приближений нормированных оценок коэффициентов компетентности:

$$\varepsilon_{0_1} = \max \left( \begin{pmatrix} 0,200 \\ 0,200 \\ 0,200 \\ 0,200 \\ 0,200 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,198 \\ 0,206 \\ 0,194 \\ 0,201 \\ 0,201 \end{pmatrix} \right) = 0,006.$$

Определим второе приближение групповой оценки относительной важности критериев:

$$P^2 = \begin{pmatrix} 0,276 & 0,243 & 0,209 & 0,180 & 0,159 & 0,112 \\ 0,243 & 0,223 & 0,184 & 0,161 & 0,141 & 0,098 \\ 0,209 & 0,184 & 0,160 & 0,136 & 0,118 & 0,084 \\ 0,180 & 0,161 & 0,136 & 0,120 & 0,105 & 0,074 \\ 0,159 & 0,141 & 0,118 & 0,105 & 0,094 & 0,066 \\ 0,112 & 0,098 & 0,084 & 0,074 & 0,066 & 0,046 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,207 \\ 0,176 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,211 \\ 0,188 \\ 0,160 \\ 0,139 \\ 0,122 \\ 0,086 \end{pmatrix}.$$

Нормируем полученные оценки второго приближения:

$$P_{\text{норм}}^2 = \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,208 \\ 0,177 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix}.$$

Определим второе приближение коэффициентов компетентности:

$$v^2 = \begin{pmatrix} 0,183 & 0,185 & 0,174 & 0,179 & 0,178 \\ 0,185 & 0,193 & 0,181 & 0,187 & 0,188 \\ 0,174 & 0,181 & 0,174 & 0,175 & 0,177 \\ 0,179 & 0,187 & 0,175 & 0,183 & 0,183 \\ 0,178 & 0,188 & 0,177 & 0,183 & 0,185 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,180 \\ 0,187 \\ 0,176 \\ 0,182 \\ 0,182 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,180 \\ 0,187 \\ 0,176 \\ 0,182 \\ 0,182 \end{pmatrix}.$$

*Нормируем полученные оценки второго приближения:*

$$v_{\text{норм}}^2 = \begin{pmatrix} 0,199 \\ 0,206 \\ 0,194 \\ 0,200 \\ 0,201 \end{pmatrix}.$$

*Определим максимальное значение модуля разности первого и второго приближений нормированных групповых оценок относительной важности критериев:*

$$\epsilon_{1_2} = \max \left| \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,207 \\ 0,176 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,233 \\ 0,207 \\ 0,176 \\ 0,153 \\ 0,135 \\ 0,095 \end{pmatrix} \right| = 0,001.$$

*Определим максимальное значение модуля разности первого и второго приближений нормированных оценок коэффициентов компетентности:*

$$\epsilon_{1_2} = \max \left| \begin{pmatrix} 0,198 \\ 0,206 \\ 0,194 \\ 0,201 \\ 0,201 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,199 \\ 0,206 \\ 0,194 \\ 0,200 \\ 0,201 \end{pmatrix} \right| = 0,001.$$

*В итоге получен вектор групповой оценки относительной важности критериев  $p_{норм}^2$  и определены коэффициенты компетентности бригад.*

*В соответствии со значениями коэффициентов компетентности бригады можно расположить по мере убывания компетентности в следующий ряд: Бр\_2; Бр\_5; Бр\_4; Бр\_1; Бр\_3.*

*Критерии по мере убывания важности можно расположить в следующем порядке: К1; К2; К3; К4; К5; К6. Также можно записать, что  $K1 \succ K2 \succ K3 \succ K4 \succ K5 \succ K6$ . Символ « $\succ$ » означает отношение строгого предпочтения. То есть, в нашем случае более это значит: критерий К1 имеет более высокую качественную важность относительно К2; К2 имеет более высокую качественную важность относительно К3 и так далее.*

Информация об относительной важности критериев будем обозначать буквой  $\Omega$ .

В рассмотренном примере  $\Omega = \{K1 \succ K2 \succ K3 \succ K4 \succ K5 \succ K6\}$ .

## **2.5 Ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию**

На следующем этапе каждая бригада ранжирует каждый комплекс мероприятий по каждому критерию. Эта процедура оформляется в виде анкеты (см. таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию бригадой №1

Бр_1	К1	К2	К3	К4	К5	К6
Комплекс мероприятий №1						
Комплекс мероприятий №2						
Комплекс мероприятий №3						

Такие же анкеты заполняют и другие бригады. Полученные данные сводим в

таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Сводная таблица

К1	Бр_1	Бр_2	Бр_3	Бр_4	Бр_5
Комплекс мероприятий №1					
Комплекс мероприятий №2					
Комплекс мероприятий №3					
К2	Бр_1	Бр_2	Бр_3	Бр_4	Бр_5
Комплекс мероприятий №1					
Комплекс мероприятий №2					
Комплекс мероприятий №3					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
К6	Бр_1	Бр_2	Бр_3	Бр_4	Бр_5
Комплекс мероприятий №1					
Комплекс мероприятий №2					
Комплекс мероприятий №3					

Далее составляется обобщенное ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию. Для этого либо вычисляется медиана Кемени, либо используется более наглядный квантильный метод [8, 13, 14].

Суть квантильного метода заключается в построении кривой накопленных частот мест  $KM(j)$  для каждого комплекса мероприятий, и сравнение полученных кривых между собой.

Кривая накопленных частот мест комплексов мероприятий  $KM(j)$  строится следующим образом [8]. Сначала подсчитываем, сколько раз при  $m$  (где  $m$  – число бригад) ранжированиях комплекс мероприятий  $KM(j)$  занимал первое место. Таким образом, получаем число  $G_1$ . Далее подсчитываем, сколько раз комплекс мероприятий  $KM(j)$  занимал место не ниже второго, т.е. сколько раз он был признан первым или

вторым. Получаем число  $G_2$ ,  $G_2 \geq G_1$ . Затем последовательно подсчитываем, сколько раз комплекс мероприятий  $KM(j)$  занимал места не ниже третьего. Получаем последовательность чисел  $G_1, G_2, G_3$ .

Далее на координатной плоскости отмечаем точки  $(1, G_1), (2, G_2), (3, G_3)$ , которые последовательно соединяем отрезками прямых линий. Полученную кривую и назовем кривой накопленных частот мест комплексов мероприятий  $KM(j)$ .

Окончательное упорядочение с помощью кривых накопленных частот можно осуществить, пересекая их на каком-либо уровне горизонтальной кривой. Наиболее часто выбирают средний уровень (квантиль 0,5 или медиану), то есть  $m/2$ .

*Пример:*

На рисунке 2.1 видно, что кривая накопленных частот мест комплекса мероприятий №2 первой пересекает горизонталь, соответствующей медиане. Этому комплексу и присваиваем первое место. Второе место присваиваем комплексу мероприятий №1. Последнее место у комплекса №3.

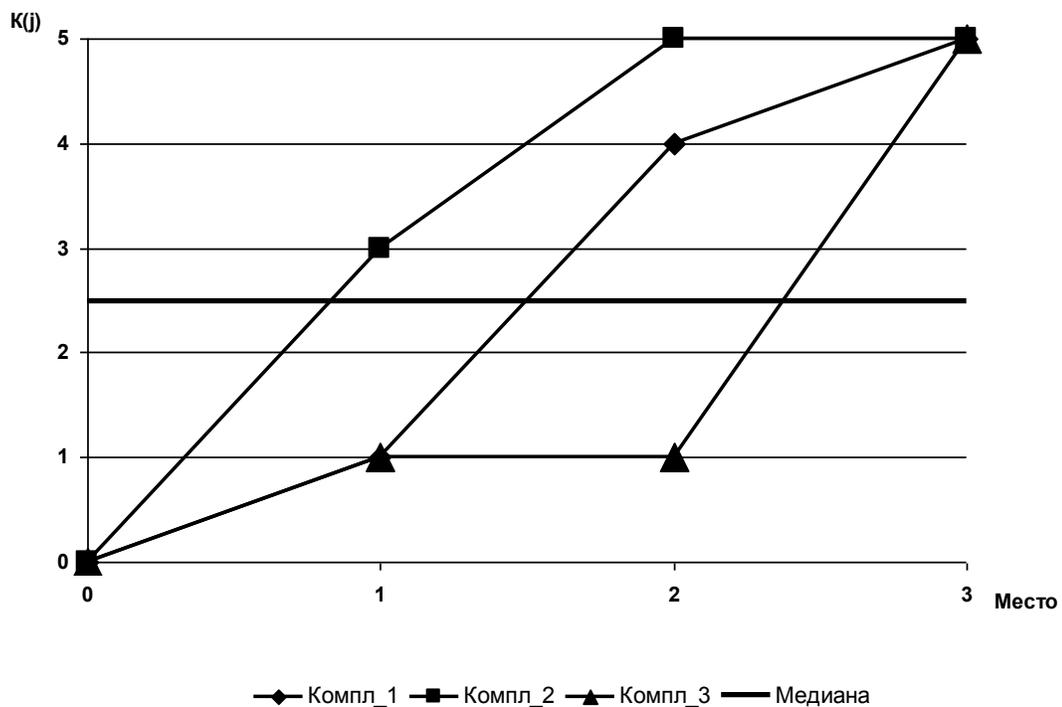


Рисунок 2.1 – Кривые накопленных частот мест комплексов мероприятий по критерию  $K1$

Результаты сводим в таблицу (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Обобщенное ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию

	Критерии оценивания уровня качества процессов ТО и Р автомобилей					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Комплекс мероприятий №1	2	2	2	1	1	1
Комплекс мероприятий №2	1	2	2	1	1	2
Комплекс мероприятий №3	3	3	3	3	3	3

## 2.6 Ранжирование комплексов мероприятий

Выбор недоминируемого комплекса мероприятий поясним на примере.

*Пример:*

Выбор недоминируемого комплекса мероприятий осуществим по данным из предыдущего примера. Комплексы мероприятий имеют следующие векторные оценки:

$$KM(1) = (2, 2, 2, 1, 1, 1); KM(2) = (1, 2, 2, 1, 1, 2); KM(3) = (3, 3, 3, 3, 3, 3).$$

На первом этапе исходим из того, что информация об относительной важности отсутствует ( $\Omega = 0$ ).

Чтобы выбрать недоминируемую векторную оценку расположим элементы векторных оценок в порядке возрастания.

$$KM(1) = (1, 1, 1, 2, 2, 2); KM(2) = (1, 1, 1, 2, 2, 2); KM(3) = (3, 3, 3, 3, 3, 3).$$

В результате можно видеть, что векторная оценка первого комплекса мероприятий доминирует векторную оценку третьего комплекса мероприятий. Также, векторная оценка второго комплекса мероприятий, доминирует векторную оценку третьего комплекса мероприятий (индекс «0» указывает на отсутствие информации об относительной важности критериев,  $\Omega = 0$ ):

$$(1, 1, 1, 2, 2, 2) P^0 (3, 3, 3, 3, 3, 3)$$

и

$$(1, 1, 1, 2, 2, 2) P^0 (3, 3, 3, 3, 3, 3).$$

*В то же время, векторные оценки первого и второго критериев безразличны.*

$$(1, 1, 1, 2, 2, 2) I^0 (1, 1, 1, 2, 2, 2).$$

*Используем полученную информацию  $\Omega = \{K1 \succ K2 \succ K3 \succ K4 \succ K5 \succ K6\}$ . Можно видеть, что векторные оценки первого и второго комплексов мероприятий различаются по значениям первого и шестого критерия. Используя информацию о том, что первый критерий важнее шестого ( $\Omega = \{K1 \succ K6\}$ ) можно утверждать, что оценка второго комплекса мероприятий предпочтительнее векторной оценки первого:*

$$(1, 2, 2, 1, 1, 2) P^{K1 \succ K6} (2, 2, 2, 1, 1, 1).$$

*В результате проведенного анализа можно утверждать, что второй комплекс мероприятий является наилучшим. Второе место занимает первый комплекс мероприятий, третий комплекс располагается на третьем месте. Таким образом ранжировка комплексов мероприятий по повышению уровня качества процессов ТО и Р автомобилей на рассматриваемом предприятии произведена.*

### 3 Отчетность

В отчет о проведенной деловой игры входят:

- 1) список мероприятий по повышению уровня качества процессов ТО и Р автомобилей, полученные в результате «мозгового штурма» (в количестве 10-12 мероприятий);
- 2) отнесение разработанных мероприятий к 3-4 комплексам мероприятий;
- 3) матрицы парных сравнений критериев каждой бригады;
- 4) результаты расчетов индивидуальных и групповой оценок качественной важности критериев методом парных сравнений;
- 5) таблицы содержащие ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию каждой бригадой;
- 6) сводная таблица ранжирование комплексов мероприятий по каждому критерию каждой бригадой;
- 7) графики кривых накопленных частот мест комплексов мероприятий по каждому критерию;
- 8) таблицу, содержащую обобщенное мнение по всем бригадам;
- 9) подробное описание выбора недоминируемого комплекса мероприятий;
- 10) итоговое ранжирование рассматриваемых комплексов мероприятий.

## **4 Обеспечение деловой игры**

Для обеспечения деловой игры необходимы:

- 1) описание предприятия (желательно проведения экскурсии);
- 2) список мероприятий по повышению качества процессов ТО и Р автомобилей;
- 3) формы анкет;
- 4) компьютер с программой для перемножения матриц (Excel, MathCAD, и т.п.).

## Список использованных источников

1. Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе : контекстный подход / А. А. Вербицкий. - М. : Высш. шк., 1991. - 207 с. – ISBN 5-06-002079-7.
2. Напольский, Г.М. Обоснование мероприятий по повышению эффективности СТО легковых автомобилей: методические указания к деловой игре / Г.М. Напольский, Г.Ш. Муравкина, А.А. Солнцев — М.: МАДИ, 2010. - 20 с.
3. Бабушкин, А. К. Методические указания к деловой игре / А. К. Бабушкин. – Оренбург : ОГУ, 1989 Ч. 1 : Анализ организации технической эксплуатации в АТП по курсу «Техническая эксплуатация автомобилей» для специальности 1505. - 15 с.
4. Покровский, А. К. Исследование систем управления (транспортная отрасль) : учебное пособие / А. К. Покровский. – М.: КНОРУС, 2010. – 360 с. – ISBN 978-5-406-00221-6.
5. Рассоха, В. И. Методы научно-технического творчества по дисциплине «Основы научных исследований» : метод. пособие / В. И. Рассоха. - Оренбург : ОГУ, 1999. - 62 с.
6. Якунин, Н. Н. Сертификация на автомобильном транспорте : учебник для студентов, обучающихся по программам высшего образования по специальностям и направлениям подготовки "Технология транспортных процессов", "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", "Стандартизация и метрология" / Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина, Г. А. Шахалевич; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 197346 Kb). - Оренбург : ОГУ, 2015. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1281-9.
7. Архирейский, А.А. Методика выбора исполнителя услуг на автомобильном транспорте // Вестник ОГУ. 2015. №4 (179) С.4-9.
8. Тюрин, Ю.Н. Непараметрические методы статистики / Ю.Н. Тюрин. – М. : Знание, 1978. – 64 с.

9. Подиновский, В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 64 с. ISBN 978-5-9221-0743-3.
10. Архирейский, А. А. Получение информации о важности критериев при решении задачи выбора перевозчика / А.А. Архирейский // Прогрессивные технологии в транспортных системах : сб. статей XI междунар. науч.-практ. конф. – Оренбург: ОГУ, 2013. – С. 43-49.
11. Давнис, В.В. Прогнозные модели экспертных предпочтений: монография / В.В. Давнис, В.И. Тинякова. - Воронеж: Изд-во ВорГУ, 2005. - 248 с.
12. Дэвид, Г. Метод парных сравнений : с приложением к русскому переводу / Г. Дэвид. – Москва : Статистика, 1978. – 144 с. : с ил.
13. Тюрин, Ю.Н. Статистические модели ранжирования / Ю.Н. Тюрин, А.П. Василевич, П.Ф. Андрукович // Уч. Зап. по Статистике, т.29 Статистические методы анализа экспертных оценок. – М.: Наука, 1977, С.30-58
14. Кемени, Дж. Кибернетическое моделирование: Пер. с англ. / Дж. Кемени, Дж. Снелл – М.: Сов. Радио, 1972. – 192 с.
15. Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. - 2-изд. перераб. и доп. - М. : Транспорт, 1990. - 272 с. : ил.