

**Методика проведения согласования экспертных оценок полученных путём индивидуального анкетирования методом анализа иерархий**

# # 12, декабрь 2014

**Рязанцев В.И., Морозов А. В.**

УДК: 629.1.032.1

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана [Avmorozoff@yandex.ru](mailto:Avmorozoff@yandex.ru)

## Введение

Колёсные и гусеничные машины являются сложными техническими системами со значительным количеством ограничений и обратных связей. Каждый элемент конструк- ции может оказывать влияние на реализацию сразу нескольких свойств. В связи с этим при внесении изменений в конструкцию узла, отвечающего за одно свойство, могут изме- ниться показатели и других свойств. При этом под свойствами любого технического изде- лия понимаются его объективные особенности, проявляющиеся при создании и эксплуа- тации. Каждое свойство определяется рядом показателей, которые могут иметь как каче- ственную, так и количественную характеристики [1].

Для оценки и сравнения объектов колёсной и гусеничной техники (КГТ) использу- ются методы комплексного сравнения. Идея комплексного сравнения заключается в со- поставлении объектов по совокупности всех показателей. Вывод о приоритетности того или иного объекта осуществляется на основании значения обобщённого показателя.

Методы комплексного сравнения, использующиеся при сравнении объектов КГТ, описаны в [2-4]. Наибольшее распространение на сегодняшний день получил метод ана- лиза иерархий (МАИ) [5]. Обоснование предпочтительности МАИ над другими методами в области сравнения и оценки КГТ приведено в [ 3, 6]. Применимость МАИ в области КГТ была апробирована в работах [3, 7, 8] и доказана большим числом НИР в ОАО «НИИ ста- ли», ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», ФГУ «21 НИИИ Минобороны России» и др.

Одной из особенностей МАИ является то, что данный метод рассчитан исключи- тельно на групповое принятие решения. Индивидуальные оценки отдельных экспертов не учитываются. С одной стороны, это является сильной стороной метода – групповые обсу- ждения позволяют принимать решение по поставленным задачам методом «Мозгового штурма». С другой стороны, организация группового обсуждения является процессом

трудоёмким, и присутствие всех специалистов на общем обсуждении не всегда возможно. Ещё одной проблемой при организации группового обсуждения является случай, когда мнение одного эксперта или группы экспертов радикально отличается от мнения боль- шинства. Более продуктивным и менее трудоёмким является процесс проведения сравне- ний методом индивидуального анкетирования.

В данной статье с целью более эффективного использования МАИ описан подход позволяющий заменить групповое обсуждение методом индивидуального анкетирования. Научная новизна работы, на взгляд авторов, заключается в формализации процесса груп- пового обсуждения, разработке методики согласования экспертных оценок для использо- вания в методе анализа иерархий и методики выявления группы экспертов с высоко со- гласованным противоположным мнением.

## Постановка задачи

Замена группового принятия решения методом индивидуального анкетирования должна быть дополнена всеми процессами, проходящими при проведении реальных груп- повых обсуждений. При проведении групповых суждений наибольшей значимостью об- ладает мнение, выдвинутое наиболее авторитетным (компетентным) экспертом. Вместе с этим, при сильной позиции оппонентов итоговое решение может сместиться в их сторону. Таким образом, можно отметить, что при групповом принятии решения существует внут- ренняя процедура формирования обобщённого мнения.

В случае моделирования процессов, возникающих при принятии группового реше- ния, кроме показателей обобщённого мнения необходимо определить степень согласован- ности мнений экспертов по каждому вопросу, а также выявить отдельных экспертов или группы экспертов, придерживающихся оригинальных суждений, которые резко отлича- ются от мнения большинства.

Ещё одним важным фактором проведения экспертной оценки методом индивиду- ального анкетирования является определение численности группы экспертов [9]. При групповом принятии решения число экспертов не так явно влияет на конечный результат оценки. Гораздо большее влияние оказывает число авторитетных экспертов. Обратная си- туация складывается при оценке методом индивидуального анкетирования. По замечанию [10], при привлечении большого числа экспертов мнение каждого отдельного эксперта слабо влияют на итоговую групповую оценку, поэтому мнение нескольких действительно компетентных экспертов могут «раствориться» во множестве оценок малокомпетентных экспертов.

Таким образом, при замене группового обсуждения методом индивидуального анке- тирования необходимо решить следующие задачи:

* определить численность группы экспертов;
* определить компетентность экспертов и способ учёта этого фактора при проведе- нии оценки;
* определить метод оценки внутренней согласованности экспертов;
* определить способ получения показателя обобщённого мнения.

## Определение численности группы экспертов

В соответствии с [10] необходимое число экспертов определяется несколькими фак- торами, основными из которых являются: требуемая достоверность результатов и наличие ресурсов на проведение экспертизы.

Чем больше экспертная группа, тем более достоверные результаты могут быть полу- чены. Однако необходимо иметь в виду, что привлечение слишком большого числа экс- пертов, особенно если отсутствует процедура тщательного их отбора, также нежелатель- но. При отсутствии учёта компетентности экспертов оценки каждого отдельного эксперта слабо влияют на итоговый результат. Вместе с этим, чем больше экспертная группа, тем больше ресурсов (временных и финансовых) затрачивается на подбор и опрос экспертов.

Установить оптимальное число экспертов в группе чрезвычайно трудно [9]. На ри- сунке 1. приведена кривая, характеризующая зависимость между числом экспертов в группе и средней групповой ошибкой [9]. Использование кривых такого типа позволяет выбрать минимально допустимое число экспертов. Однако необходимо учитывать, что каждая такая кривая не имеет универсального характера и обусловлена специфическими особенностями конкретной экспертизы.



**Рис. 1**. Роль численности группы [9]

В [10] утверждается, что если имеется несколько высококвалифицированных экс- пертов (а возможно и только один), то не имеет смысла значительно увеличивать эксперт- ную группу. Однако при уменьшении численности экспертной группы до 2 - 4 человек не всегда возможно проведение статистического анализа результатов опроса. В то же время, при очень большом числе экспертов становится сложнее выявить их согласованное мне- ние из-за уменьшения роли тех суждений, которые, хотя и отличаются от мнения боль- шинства, однако далеко не всегда оказываются ошибочными [9].

С учётом вышесказанного, в качестве рекомендации указывается, что экспертная группа должна включать в себя не менее 5, но и не более 15 человек [10].

## Показатели обобщённого мнения

Характер показателей обобщенного мнения и степени согласованности мнений экс- пертов, а следовательно и методика обработки материалов коллективной экспертной оценки, определяются типом вопроса.

Материалы, полученные в результате опроса экспертов посредством аппарата МАИ, являются данными, отвечающими вопросу типа «оценка относительной важности» и представляющими собой совокупность оценок относительной важности, назначенных экспертом каждому из сравниваемых объектов. Оценки важности при этом выражены в долях от единицы таким образом, что общая сумма оценок всех сравниваемых объектов по каждому эксперту составляет единицу.

Для обработки материалов, полученных в результате экспертной оценки, использу- ют следующие обозначения [11]:

*m* – число экспертов, принявших участие в оценке; *i* = 1, 2,…, *m*;

*n* – число сравниваемых объектов, предложенных для оценки; *j* = 1, 2, …, *n*; *mj* – число экспертов, оценивших *j*-й сравниваемый объект;

*m'j* – число максимально возможных оценок, полученных *j*-м сравниваемым объек-

том;

*Сij* – оценка относительной важности (в баллах или долях) *i-м* экспертом *j*-го срав-

ниваемого объекта.

Показатели обобщённого мнения могут быть получены следующими способами [11]. Первый способ – это среднее арифметическое значение *Мj* величины оценки сравниваемо- го объекта (в баллах или долях):

Величина *Мj* определяется для каждого из сравниваемых объектов. Чем больше зна-

чение *Мj*, тем больше по мнению экспертов важность *j*-ого сравниваемого объекта.

Второй способ – это сумма рангов оценок *Sj,* полученных *j*-м сравниваемым объек-

том:

Здесь *Rij* — ранг оценки *i*-м экспертом *j*-го сравниваемого объекта. При получении обоб- щённого мнения данным способом наиболее важными следует считать объекты, характе- ризующиеся наименьшим значением *Sj*.

Третий способ - получение геометрического среднего. Для получения обобщённого мнения посредством геометрического среднего необходимо перемножить соответствую-

щие численные значения суждений и извлечь корень *k*-й степени, где *k* – число участни- ков:

Чем больше значение *Gj*, тем выше важность *j*-ого сравниваемого объекта.

Наиболее распространённым способом определения обобщённого мнения является получение среднего арифметического [4], что обусловлено простотой вычисления, напри- мер, по сравнению со средним взвешенным геометрическим. Однако, при современном развитии вычислительной техники этот критерий не может являться определяющим. Вме- сте с этим, по мнению Томаса Саати получение среднего геометрического является един- ственным способом, позволяющим объединить разные суждения [5].

## Показатели степени согласованности мнений экспертов

Известны такие показатели степени согласованности мнений экспертов как коэффи- циент вариации *Vj* и коэффициент конкордации *W* [11].

Коэффициент вариации *Vj* оценок, полученных *j*-ым сравниваемым объектом харак- теризует вариабельность, рассчитываемую в виде отношения среднего квадратического отклонения к среднему арифметическому значению оценки сравниваемого объекта.

Коэффициент вариации определяется следующим образом.

а) Вычисляется дисперсия *Dj* оценок, данных *j*-му сравниваемому объекту:

б) Определяется среднее квадратическое отклонение оценок, полученных *j*-ым срав-

ниваемым объектом:

в) Определяется коэффициент вариации оценок, полученных *j*-ым сравниваемым

объектом:

Коэффициент вариации *Vj* определяется для каждого сравниваемого объекта и ха- рактеризует степень согласованности мнений экспертов об относительной важности *j*-ого объекта. Чем меньше значение *Vj,* тем выше степень согласованности мнений экспертов. Приемлемым является значение коэффициента вариации не более 0,25.

Для характеристики степени согласованности оценок, назначенных различными экс- пертами определенному числу объектов, по степени выраженности некоторого качества, в теории ранговой корреляции используется коэффициент конкордации [12]. Этот показа- тель целесообразно применить и для определения степени согласованности мнений экс- пертов по нескольким сравниваемым объектам.

Коэффициент конкордации *W* является показателем степени согласованности мне- ний экспертов об относительной важности совокупности всех предложенных для оценки объектов. Определение коэффициента конкордации производится для каждого вопроса типа «оценка относительной важности» следующим образом.

а) Определяется среднее арифметическое сумм рангов оценок, полученных всеми сравниваемыми объектами:

б) Вычисляются отклонения суммы рангов оценок, полученных *j*-ым сравниваемым

объектом от среднего арифметического сумм рангов оценок, полученных всеми объекта- ми:

в) Определяются показатели связанных (равных) рангов оценок, назначенных *i*-м

экспертом. Если все *n* рангов оценок, назначенных *i*-м экспертом, различны, то *Тj* = 0. Ес- ли среди рангов оценок есть одинаковые, то

где *l =* 1, 2,… *L; L* – число групп связанных рангов; *tl* - число связанных рангов в *l*-й груп- пе.

г) Определяется коэффициент конкордации

Следует иметь в виду, что коэффициент вариации рассчитывается на основании экс- пертных оценок, представленных в виде баллов или долей, тогда как расчёт коэффициента конкордации проводится на основании экспертных оценок в виде рангов.

Коэффициент конкордации *W* может принимать значения в пределах от 0 до 1 и оп- ределяется для каждого вопроса типа «оценка относительной важности». При полной со-

гласованности мнений экспертов конкордации не менее 0,75.

*W* 1. Приемлемым является значение коэффициента

Важным моментом методики обработки данных экспертной оценки является опре- деление групп экспертов, внутри которых согласованность мнений высока, а также выяв- ление экспертов, имеющих оригинальную точку зрения, отличающуюся от мнения боль- шинства.

Небольшое значение коэффициента конкордации свидетельствует о слабой согласо- ванности мнений экспертов и происходит обычно вследствие следующих причин:

* в рассматриваемой совокупности экспертов действительно отсутствует общность мнений;
* существуют (внутри рассматриваемой совокупности экспертов) группы с высокой согласованностью мнений, однако обобщенные мнения таких групп противоположны.

Таким образом, при рассмотрении результатов оценки экспертами некоторого во- проса «относительной важности» отсутствие согласованности мнений (коэффициент кон-

кордации

*W* 0 ) является необходимым, но недостаточным условием того, что внутри

рассматриваемой совокупности экспертов нет групп, характеризующихся высокой согла- сованностью мнений. Например, коэффициент конкордации может оказаться равным ну- лю для совокупности, которая состоит из двух групп экспертов, равных по численности, приэтом имеется полная согласованность мнений внутри каждой группы (*W* 1), однако мнение одной группы противоположно мнению другой. Реализация такого предельного (в смысле значения *W*) случая на практике маловероятна, но анализ подобных ситуаций при значениях *W* близких к предельным представляет значительный интерес с точки зрения выявления групп единомышленников.

Для выявления групп экспертов, внутри которых согласованность мнений высока, авторы предлагают следующий подход. Один эксперт исключается из совокупности и подсчитывается коэффициент конкордации *W1* для оставшихся экспертов. Если значение коэффициента конкордации *W1* в этом случае оказалось больше, чем значение *W* для пол- ной совокупности экспертов, то данный эксперт исключается из совокупности. Если же значение *W1* оказалось меньше, чем значение *W* для полной совокупности экспертов, то данный эксперт остается в совокупности. Такие расчеты проводятся последовательно для каждого эксперта. В результате степень согласованности мнений экспертов, остающихся в совокупности, повышается.

С целью выявления возможных групп экспертов, имеющих высокую согласован- ность, но мнение которых противоположно большинству, необходим повторный расчёт коэффициента конкордации среди экспертов, исключённых из общей группы. В случае, если согласованность этой группы мала, возможно проведение процедуры описанной вы- ше, когда после исключения одного из экспертов происходит повторный подсчёт коэффи- циента конкордации.

## Учёт компетентности экспертов

Помимо учёта степени согласованности мнений экспертов, существует необходи- мость в учёте их личных качеств. Роль учета этого фактора в процессе обработки и анали- за результатов опроса особенно велика в случае применения методов индивидуального анкетирования. Учет личных качеств может опираться на оценку степени знакомства экс- перта с рассматриваемой проблемой. Оценка степени знакомства с определенной пробле- мой может производиться как им самим (в этом случае говорят о самооценке), так и дру- гими экспертами (взаимная оценка).

При учёте компетентности экспертов значения *Сij* умножаются на значения соответ- ствующего коэффициента компетентности *Кк*, методика определения которого приведена ниже [11].

Компетентность эксперта определяется структурой аргументов, послуживших ему основанием для ответа, а также степенью его знакомства с рассматриваемым вопросом.

Компетентность эксперта учитывается коэффициентом аргументированности *Ка*, который определяется путем наложения чисел, приведенных в таблицы 1, на клетки таблицы 2, от- меченные экспертом, и суммирования соответствующих численных значений.

**Таблица 1.** Шкала оценок источников аргументации

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Источник аргументации** | **Степень влияния источника** | | |
| **В**  **высокая** | **С**  **средняя** | **Н**  **низкая** |
| Проведённый теоретический анализ | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Производственный опыт | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| Обобщение работ отечественных авторов | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Обобщение работ зарубежных авторов | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Личное знакомство с состоянием дел за рубежом | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Интуиция | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

**Таблица 2.** Оценка источников аргументации

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Источник аргументации** | **Степень влияния источника** | | |
| **В**  **высокая** | **С**  **средняя** | **Н**  **низкая** |
| Проведённый теоретический анализ | \* | - | - |
| Производственный опыт | - | \* | - |
| Обобщение работ отечественных авторов | - | - | \* |
| Обобщение работ зарубежных авторов | - | - | \* |
| Личное знакомство с состоянием дел за рубежом | - | \* | - |
| Интуиция | \* | - | - |

Степень знакомства эксперта с обсуждаемой проблемой учитывается коэффициен- том степени знакомства *Kз*. Эксперт отмечает степень своего знакомства на шкале от 0 до 10 и далее оценка проставленной экспертом умножается на 0,1.

Коэффициент компетентности *Kк*, учитывающий и степень знакомства и аргументи- рованность, определяется как среднее арифметическое коэффициентов степени знакомст- ва и аргументированности, т.е.

## Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Замена группового обсуждения методом индивидуального анкетирования должна быть выполнена с учётом реализации следующих принципов. Количество экспертов для проведения анкетирования не должно превышать 15 человек и не должно быть менее 5 человек. Для оценки компетентности экспертов возможно использование метода самооценки. В качестве показателей степени согласованности целесообразно использовать коэффициент вариации и коэффициент кон-

кордации, которые взаимодополняют друг друга. В качестве показателя обобщённого мнения предпочтительно использовать среднее геометрическое значение величины оцен- ки сравниваемого объекта.

Представленные результаты были учтены при разработке методики, позволяющей повысить «Приспособленность к эвакуации» объекта КГТ. Экспертная оценка в данной методике используется на начальном этапе с целью сравнения значимости различных свойств и расчёта приоритетности того или иного конструктивного решения в объекте КГТ.

## Список литературы

1. Эксплуатация вооружения и военной техники сухопутных войск. Учебник. - М.: Из- дание общевойсковой академии ВС РФ, 2000г. – 200 с.
2. С.С. Семенов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. Оценка технического уровня образцов воо- ружения и военной техники. М., «Радио и связь», 2004. – 551 с. : табл
3. Лошаков В.И. Анализ методов оценки уровня качества машин специального назначе- ния внутренних войск МВД России. Сборник №26. –ОА ВС РФ; С. 47-52, 2008.
4. Плиев И.А. Автомобили многоцелевого назначения. Формирование технического об- лика АМН в составе семейств: Монография. – М.: МГИУ, 2011. – 262 с.
5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Перевод с анг- лийского. М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
6. Морозов А.В., Котровский А.А., Филёв А.В.. Выбор метода комплексного сравнения объектов автобронетанковой техинки на этапе проектирования. Труды Нижегородско- го государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2014. № 2 (104). - 337 с. 120-123.
7. Постников М.В. Метод комплексного сравнения военных гусеничных машин на осно- ве анализа иерархий. Дис. … канд. тех. наук. – М., 2003. – 240 с.
8. Дубенский М.Я. Метод выбора базового шасси при создании спецавтомобиля: Дисс.

… канд.техн.наук:05.05.03.- М.,1999. – 130с.

1. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г., Математико-статистические методы экспертных оценок.

– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с. c ил. – (Матем. статистика для экономистов).

1. Елтаренко Е.А., Крупнова Е.К. Обработка экспертных оценок. Учебное пособие. М.: Изд. МИФИ, 1982. – 96 с.
2. Экспертные оценки в нучно-техническом прогнозировании. Академия Наук Украин- ской ССР Ордена Ленина Институт Кибернетики – Киев: Наукова думка, 1974. – 159 с.
3. Кендэл М. Ранговые корреляции. – Зарубежные статистические исследования. – М.:

«Статистика», 1975. – 216 с. с ил.