

# КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ

---

УДК 629.7.017.1:658.5

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ НАЗЕМНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

Дунаев Д.В.

*Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля,  
ул. Криворожская, 3, Днепропетровск, 49008, Украина  
e-mail: info@yuzhnoe.com*

---

Анализируется применение существующих методов экспертных оценок (МЭО) при планировании наземной экспериментальной отработки (НЭО) изделий ракетной техники для составления оптимального плана с точки зрения минимализации материальных и временных ресурсов. Рассматривается многоуровневое применение МЭО, где верхний уровень определяет порядок опроса экспертов — дискуссия (методы мозгового штурма, синектики, комиссии и суда) или анкетирование (метод Делфи), а выбор МЭО низкого уровня определяется конкретной практической задачей. Необходимые виды и категории испытаний определяются на основании плана испытаний изделия-аналога, которое выбирается (соответствует методу Черчмена—Акоффа) с учетом его рабочих характеристик, и данного изделия (сборочной единицы), что уменьшает длительность и стоимость НЭО.

*Ключевые слова:* наземная экспериментальная отработка, метод экспертных оценок, комплексная программа экспериментальной отработки, ракета космического назначения (РКН).

---

### Введение

На этапе планирования НЭО изделий ракетной техники основной задачей является разработка оптимального плана отработки (комплексной программы экспериментальной отработки (КПЭО)) с учетом материальных и временных ресурсов. В условиях отсутствия достоверной статистической информации (выполнение заданных функций, соблюдение заданных параметров рабочих или технических характеристик и т.д.) об объектах, требующих отработки, применение МЭО для составления оп-

тимального с точки зрения минимального использования материальных и временных ресурсов плана НЭО для изделий ракетной техники наиболее актуально.

### Постановка задачи

В настоящее время существует значительное количество работ, в которых отдельно рассматриваются НЭО [1—6] и МЭО [6—13], и только в работе [3] рассмотрено применение таких методов экспертных оценок, как метод Делфи и мозгового

штурма при составлении плана испытаний продукции (в нашем случае — изделий ракетной техники). Однако их применение по отдельности не обеспечивает составления оптимального плана, с точки зрения минимального использования материальных и временных ресурсов, и лишь совместное применение нескольких методов экспертных оценок позволит решить поставленную задачу.

#### **Анализ условий, необходимых для качественной экспертной оценки**

Согласно [7] для качественной экспертной оценки необходимы четыре условия: первое — участие в комиссии специалистов, которые профессионально знакомы с объектом экспертизы и имеют опыт работы эксперта, второе — наличие аналитической группы, которая профессионально владеет технологией организации и проведения экспертиз, методами получения и анализа экспертной информации, третье — получение достоверной экспертной информации, четвертое — корректировка и анализ экспертной информации.

Обеспечение первого условия может быть осуществлено двумя способами: первый — выбор экспертов с учётом их профессиональных знаний и опыта, второй — выбор объекта, с которым наиболее знаком эксперт.

На практике первый способ применяют для сложных объектов (комплексов), а второй — для более простых (система, агрегат, блок, функциональный узел, комплектующий элемент и т.д.). Примером первого способа является составление комплексной программы экспериментальной отработки, а второго — выбор конструктором-разработчиком комплектующего элемента определённого производителя.

Обеспечение второго условия полностью зависит от применяемых методов экспертных оценок и количества экспертов (для большинства МЭО достаточно 7—12 экспертов) [3, 8].

Третье условие обеспечивается применением для простых систем методов получения индивидуальных экспертных оценок, таких, как: ранжирование, гиперупорядочивание, классификация, парные и множественные сравнения, метод Черчмена—Акоффа, а для сложных систем — таких МЭО, как метод прогнозного графа, PATTERN и сценариев. Следует заметить, что третье условие напрямую зависит от того, как организуется получение экспертной оценки: заочное тестирование (метод Делфи) или дискуссия (метод мозгового штурма, синектики, комиссии или суда). Поясним последнее замечание более подробно.

*Метод мозгового штурма* реализуется, как правило, в три этапа [3, 8]. На первом этапе основная задача экспертной группы — набрать как можно большее число возможных вариантов решения проблемы, руководствуясь четырьмя правилами: первое — критика не допускается, второе — приветствуются свобода, широта и нестандартность мыслей, третье — чем больше идей, тем лучше, четвертое — думайте, как улучшить высказываемые идеи или объединить несколько из них в одну.

На втором этапе начинается критика предложенных вариантов, и чаще всего применяется метод сценариев. Для повышения объективности критики вариантов привлекаются эксперты, которые не были задействованы в обсуждении на первом этапе, но знакомы с предметом, что вполне соответствует методу суда. На третьем этапе принятое решение внедряется.

Классической реализацией метода мозгового штурма является привлечение в первом туре теоретиков проблемы, а во втором — практиков. Такой метод применим для поиска «нового» (новых схемно-конструктивных решений, технологических операций и т.д.), а также для назначения видов, категорий испытаний для объектов, у которых нет прототипов или опыт отработки требуемых рабочих характеристик которых с учётом условий эксплуатации отсутствует.

*Метод синектики* является развитием метода мозгового штурма, и его существенное отличие от метода мозгового штурма — организация группы экспертов на постоянной основе. Создаются группы из пяти-восьми экспертов для решения определенных задач, при этом участники ознакомлены с синектической моделью проведения мозгового штурма — допустима критика, но лишь та, которая позволяет улучшать или развивать высказанные идеи [9]. Далее выбор решения задачи определяется на основании, как правило, прямой аналогии. Применяется метод синектики для решения тех же проблем, что и метод мозгового штурма.

*Метод комиссии* предполагает принятие решения о предпочтении суждения по большинству положительных оценок экспертов путем открытой дискуссии. Он имеет наименьшую точность, и его применение обоснованно, например, при определении облика ракеты. Частным случаем данного метода является *метод суда* — эксперты разбиваются на две группы, одна из которых будет отстаивать положительные моменты решения проблемы, а вторая — отрицательные. В методе суда основную роль играет лицо, принимающее решение, которое аккумулирует положительные и отрицательные моменты и принимает окончательное решение [8].

*Метод Делфи* имеет следующие особенности: анонимность экспертов (заочное участие), многотуровая процедура опроса экспертов посредством их анкетирования, использование результатов предыдущего тура [3, 8, 10–12].

Для обеспечения четвертого условия применяются многокритериальные оценки (факторный анализ, статистические методы определения существенных факторов) и анализ по степени согласованности экспертных суждений [8, 11].

### Применение методов экспертных оценок при составлении комплексной программы экспериментальной отработки типовой ракеты космического назначения

На сегодняшний день насчитывается более 70 разновидностей МЭО [7], и далее будут рассмотрены лишь те МЭО, которые, с точки зрения автора, наиболее применимы для НЭО изделий ракетной техники (табл. 1 и 2).

Следует отметить, что при составлении КПЭО наиболее применяемым является метод мозгового штурма, так он позволяет быстрее получить групповую оценку, чем метод Делфи. Эксперт на этапе обсуждения может использовать любой из МЭО, перечисленных в третьем условии получения качественной оценки.

Рассмотрим более подробно применение других МЭО.

*Метод классификации* основан на распределении по качественным критериям.

Рекомендуется применять для обоснования видов, категорий испытаний требуемых рабочих характеристик.

*Метод ранжирования* основан на распределении по качественным и количественным критериям.

Рекомендуется применять для обоснования распределения сборочных единиц ракеты космического назначения по четырем квалификационным статусам [4, 5], каждый из которых имеет уникальный признак (условия применения) для рассматриваемого РКН согласно табл. 3 (более подробно рассмотрено в [5]).

*Метод гиперупорядочивания* основан на присвоении баллов (степенная зависимость), которые соответствуют определенным критериям.

Рекомендуется применять для обоснования уровня обеспечения испытаний измерительными приборами, средствами регистрации и обработки информации и т.д. В работе [1] баллы присваиваются по степенной зависимости  $2^n$ , где  $n$  — уровень (от 0 до  $k$ ) критерия измерения погрешности, степени автоматизации (чем больше баллов, тем лучше).

*Метод парного сравнения* основан на попарном сравнении суждений в шкалах отношений и порядка, при этом возможно либо отношение строгого порядка, либо отношение эквивалентности. За со-

Таблица 1

Уровни сборок, применяемых при НЭО ракеты космического назначения

Наименование	Состав	Область применения
Опытная конструкция (ОК)	Составная часть ступени, которая по конструктивным размерам и(или) функциональным характеристикам имитирует штатную конструкцию	Для испытаний составных частей ступеней, например функциональных испытаний
Конструкторско-технологический макет (КТМ) или конструкторский макет (КМ)	Ступень или ракета-носитель в целом, имитирующая по внешнему виду, длине, местам крепления, конфигурации основные составные части штатной конструкции	Для макетирования составных частей ступеней и ракеты-носителя, проведения различных специальных испытаний, например длительным хранением
Изделие «5000»	Бак с трубопроводами, со стендовой системой управления	Для испытаний пневмогидравлической системы с использованием модельных жидкостей
Изделие «7000»	Двигательная установка со стендовой системой управления и измерения	Для проведения огневых стендовых испытаний ступени
Электрозаправочный макет (ЭЗМ)	Практически штатная ракета без полезной нагрузки в головной части, с имитаторами пиротехнических средств и других электроопасных сборок (электровоспламенитель)	Для совместной отработки РКН и систем заправки (слива), циклограмм пуска, а также для отработки наземного технологического оборудования на технической позиции и стартовом комплексе
Изделие «5200»	Ракета в штатном исполнении	Для транспортировочных испытаний

Таблица 2

Стадии «развития» изделий при испытаниях

Стадия «развития» изделий	Применение
Модель	В современных условиях все чаще используется аналоговая (компьютерная) модель и реже физическая, которая изготавливается в процессе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
Макет	Наиболее распространена физическая модель, в которой сохраняются количественные соотношения между элементами изделия и моделируются отдельные его свойства, например габаритные размеры, вес
Экспериментальный образец	Выполняется в натуральную величину для исследовательских испытаний и представляет собой законченное в функциональном отношении изделие
Опытный образец	Вместо опытного образца может быть изготовлен головной образец продукции, что характерно для мелкосерийного и единичного производства изделий с длительным циклом изготовления и монтажа, при создании особо сложных изделий (комплексов), требующих значительных материальных и финансовых затрат
Штатное изделие	Последняя стадия «развития» после опытного или головного образца для продукции (изделий) РКН

Таблица 3

Определение квалификационного статуса сборочных единиц

Квалификационный статус	Условия применения или изменения конструкции по сравнению с прототипом			
	Условия применения и конструкция не меняются	Условия эксплуатации менее жесткие, конструкция не изменяется	Условия эксплуатации не меняются, конструкция требует незначительных доработок	Условия эксплуатации более жесткие, конструкция дорабатывается или разрабатывается вновь
А	+			
Б		+		
В			+	
Г				+

впадение по качественному критерию суждений им присваивается 0,5, за превосходство одного над другим — 1, а за «проигрыш» — 0 [12].

Применяется в более сложных МЭО, например PATTERN (Planning Assistance Through Technical Relevance Number).

*Метод сценариев* основан на использовании дедуктивной логики.

Применяется на этапах планирования и экспериментальной отработки.

Примером применения на этапе планирования является определение последовательности проведения этапов, видов, категорий испытаний, а также необходимых уровней сборок, стадий «развития» изделий, требуемых для подтверждения заданных требований.

Примером применения на этапе экспериментальной отработки является анализ последствий отказа объекта испытаний в эксперименте и его наиболее вероятных причин.

*Метод Черчмена—Акоффа.* Каждой альтернативе  $a_x$  присваивается числовое значение  $\varphi(a_x)$  в диапазоне от 0 до 1. Затем эксперт выбирает наиболее предпочтительную альтернативу и присваивает ей числовое значение, как правило 1.

Далее проверяется выполнение неравенства [13]:

$$\varphi(a_x) > \sum_{i=1}^{N_a-1} \varphi(a_i), \tag{1}$$

где  $N_a$  — количество альтернатив.

Если неравенство (1) не выполняется, то выбирается другая альтернатива, для которой неравенство выполняется. Как только найдена альтернатива, удовлетворяющая неравенству (1), она исключается. Если не удастся найти среди всех альтернатив такую, для которой бы выполнялось указанное неравенство, то альтернатива, имеющая наибольшее значение, корректируется для выполнения (1).



Процесс продолжается до тех пор, пока откорректированными не окажутся оценки всех альтернатив [7, 13].

Этот метод рекомендуется применять для определения прототипа (аналога) сборочной единицы РКН для составления плана испытаний (подробнее в [5, 6]).

*Метод прогнозного графа.* Реализуется в нескольких турах и состоит в определении «веса» каждой его составляющей [7, 11]. В первом туре определяют необходимые способы решения поставленной задачи и назначают «вес» каждому способу. Во втором туре определяют необходимые элементы для каждого способа и назначают «вес» каждому элементу. В следующих турах выполняется более подробная детализация решения поставленной задачи с назначением «весов» каждой из деталей до тех пор, пока не будет требоваться дальнейшая детализация. При этом экспертом определяется «вес», как правило, одним из методов получения индивидуальной оценки и методом сценариев.

Этот метод рекомендуется применять для разработки плана экспериментальной отработки — отработка РКН распределяется по её системам и агрегатам, а отработка систем и агрегатов — по их составным частям (блокам, функциональным узлам, комплектующим элементам и т.д.). Детализация отработки РКН прекращается включением в НЭО всех изделий, которые требуют подтверждения рабочих характеристики и(или) функций в заданных условиях эксплуатации по проекту.

*Метод PATTERN* основан на последовательном применении методов сценариев и парного сравнения [11]. С помощью метода сценариев определяются элементы иерархического «дерева целей» для оценки относительной важности всех входящих элементов, которое строится сверху вниз исходя из сценария, поэтапно, уровень за уровнем так, чтобы мероприятия последующего уровня обеспечивали задачи предыдущего. Затем каждый эксперт присваивает элементу коэффициент относительной важности и определяет методом парного сравнения соответствие элемента уровню «дерева целей», и назначает коэффициент относительной важности по заранее сформулированным критериям. Определение коэффициента относительной важности экспертом осуществляется, как правило, одним из методов получения индивидуальной оценки и методом сценариев. Получение групповой оценки коэффициента относительной важности для каждого элемента осуществляется либо методом векторов предпочтений, либо методом Черчмена—Акоффа.

Рекомендуется применять при составлении КПЭО для определения последовательности отра-

ботки по видам, категориям испытаний с использованием иерархической структуры «дерева целей».

*Метод векторов предпочтений* основан на оценке набора альтернативных вариантов. Эксперту предлагается для каждого альтернативного варианта указать, сколько, по его мнению, других альтернативных вариантов превосходят данный. Эта информация представляется в виде вектора, первая компонента которого — число альтернативных вариантов, превосходящих первый, вторая компонента — число альтернативных вариантов, превосходящих второй, и т.д. [8].

Применяется для ранжирования коллективной оценки суждений экспертов, а также в более сложных МЭО, например PATTERN.

Стоит отметить, что рассмотренные МЭО могут применяться не только в указанных областях, и применение некоторых из них рассмотрим ниже более подробно.

На этапе планирования при подборе видов, категорий испытаний для отработки требуемых рабочих характеристик рекомендуется применять метод классификации, а при определении последовательности отработки по видам, категориям испытаний и последовательности сборок (см. табл. 1) и стадий «развития» изделий (см. табл. 2) рекомендуется применять метод сценариев, или метод PATTERN, или метод прогнозного графа. При составлении оптимального плана сборочные единицы ракеты космического назначения распределяются по четырем квалификационным статусам [4, 5] (соответствует применению метода ранжирования), каждый из которых имеет уникальный признак (условия применения) для рассматриваемой РКН, согласно табл. 3 (более подробно рассмотрено в [5]). Далее определяется прототип (аналог) сборочной единицы РКН с квалификационными статусами Б, В и Г. Для изделий с квалификационными статусами Б, В и Г выбор прототипа (аналога) сборочной единицы РКН является сложной задачей, которая может быть решена с использованием сочетания нескольких МЭО.

Для изделий с квалификационными статусами Б, В и Г при применении метода ранжирования изделия-аналоги, соответствующие сборочной единице РКН (далее СЕР), распределяются по количеству функций и рабочих характеристик. Прототипом выбирается изделие-аналог (с отработанными характеристиками) по наибольшему количеству функций и рабочих характеристик, соответствующих СЕР. По аналогии с имеющимся планом испытаний рабочих характеристик выбранного прототипа определяются виды, категории испытаний. Для отсутствующих в плане испытаний рабочих характе-

ристик (с учетом условий эксплуатации СЕР) виды, категории испытаний определяют из опыта отработки аналогичных характеристик, что соответствует применению методов классификации и сценариев. Если опыт отработки аналогичных характеристик отсутствует или невозможно подобрать отработанный прототип, то составляется предварительный перечень видов, категорий испытаний (соответствует применению одного или нескольких МЭО) и при выполнении отработки данный перечень корректируется.

Для изделий квалификационного статуса Г, у которых прототип отсутствует, определяются виды, категории их испытаний на основании опыта отработки подобных характеристик в требуемых условиях для других изделий (соответствует применению ранжирования). Если же опыт отсутствует, то составляется предварительный перечень видов, категорий испытаний, который по ходу выполнения отработки СЕР корректируется.

Для изделий с квалификационными статусами Б, В и Г при применении метода Черчмена—Акоффа каждому изделию-аналогу по его рабочим характеристикам и условиям эксплуатации, подходящим для СЕР, будет соответствовать числовое значение альтернативы [13]. Это числовое значение будет соответствовать безразмерному коэффициенту — степени аналогичности изделий (деленному на 100 %) по формуле

$$K_{\text{ан}} = \frac{K_{\text{сум}}^{\text{а}}}{K_{\text{сум}}^{\text{СЕР}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $K_{\text{сум}}^{\text{СЕР}}$  и  $K_{\text{сум}}^{\text{а}}$  — количество условных технических единиц (у.т.е.), соответствующее рабочим характеристикам и условиям эксплуатации СЕР и изделия-аналога соответственно.

Для аналога и СЕР

$$K_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{рх}}^i + \sum_{j=1}^m K_{\text{у}}^m, \quad (3)$$

где  $n$  и  $m$  — количество учтенных рабочих характеристик и условий измерения или эксплуатации соответственно;

$K_{\text{рх}} = 1 + \lg \frac{x}{X^0}$  — количество у.т.е. для каждой рабочей характеристики рассматриваемого изделия;

$K_{\text{у}} = 1 + \lg \frac{y}{Y^0}$  — количество у.т.е. для каждого условия измерения/эксплуатации;

$x$  — параметр рассматриваемой рабочей характеристики;

$X^0$  — нормированный параметр;

$y$  — параметр рассматриваемого условия измерения/эксплуатации;

$Y^0$  — нормированный его параметр.

Значение нормированного параметра принимается в соответствии с действующими нормативными документами, расчётом из уже принятых нормированных параметров, на основе экспертной оценки, из практических соображений для рассматриваемой рабочей характеристики, общепринятое.

Стоит отметить, что последние два условия для назначения нормированного параметра используются лишь в том случае, если первые три условия неприменимы.

Таким образом, по наилучшему значению степени аналогичности (наиболее близкому к 100 %) определится изделие-аналог, которое станет прототипом СЕР. Далее составление плана производится по описанной выше методике для метода ранжирования.

## Выводы

Как следует из анализа, для составления оптимального КПЭО необходимо многоуровневое применение МЭО, причем верхний уровень определяет порядок опроса экспертов: дискуссия (методы мозгового штурма, синектики, комиссии и суда) или анкетирование (метод Делфи), а МЭО низкого уровня определяется конкретной практической задачей.

Применение метода Черчмена—Акоффа позволяет выбрать наиболее близкий к аналогу прототип (степень аналогичности), по которому определяются виды, категории испытаний. Оставшиеся виды, категории испытаний определяются одним из МЭО (мозгового штурма, Делфи, прогнозного графа, PATTERN и сценариев). Таким образом, сочетание нескольких МЭО позволяет решить задачу по составлению оптимального плана отработки (КПЭО) изделий ракетной техники.

## Библиографический список

1. Афанасьев В.А., Барсуков В.С., Гофин М.Я. и др. — Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов / Под ред. Н.В. Холодкова. — М.: Изд-во МАИ, 1994. — 418 с.
2. Александровская Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. и др. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: Учеб. пособие. — М.: Логос, 2003. — 736 с.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник / Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) и др. —

- М.: Машиностроение, 1989. — Т.7: Качество и надежность в производстве / Под общ ред. И.В. Аполонова. — 280 с.
4. Дегтярев А.В., Кашанов А.Э., Кривобоков Л.В. Системный подход к планированию экспериментальной отработки новых и модернизируемых ракет-носителей // Региональный межвузовский сборник научных трудов «Системные технологии». 2011. № 6(77). С. 44-50.
  5. Дунаев Д.В., Кривобоков Л.В. Обоснование видов испытаний при создании комплексной программы экспериментальной отработки типовой ракеты космического назначения // Авиационно-космическая техника и технология. 2015. № 4(121). С.26-31.
  6. Дунаев Д.В., Кривобоков Л.В. К вопросу составления комплексных программ экспериментальной отработки различных ракет космического назначения // Авиационно-космическая техника и технология. 2015. № 5(122). С. 80-85.
  7. Елтаренко Е.А., Крупинова Е.К. Обработка экспертных оценок: Учеб. пособие. — М.: МФТИ, 1982. — 96 с.
  8. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996. — 271 с.
  9. Gordon W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. — New York, 1961. — 180 p.
  10. Саркисян С.А., Каспин В.И., Лисичкин В.А., Минаев Э.С., Пасечник Г.С. Теория прогнозирования и принятия решений: Учеб. пособие / Под ред. С.А. Саркисяна. — М.: Высшая школа, 1977. — 351 с.
  11. Вертакова Ю.В., Козьева И.А., Кузьбожев Э.Н. Управление решения, разработка и выбор / Под общ. ред. Э.Н. Кузьбожева. — М.: КНОРУС, 2000. — 352 с.
  12. Сидельников Ю.В. Теория и организация экспертного прогнозирования. — М.: ГПСИ ИМЭМО АН СССР, 1990. — 195 с.
  13. Системы обработки экономической информации: Метод Черчмена—Акоффа: Лекция. URL: [http://kyrator.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=728:123&catid=10&Itemid=119&limitstart=4](http://kyrator.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=728:123&catid=10&Itemid=119&limitstart=4) (дата обращения 7.12.2015).

## ANALYSIS OF EXPERT EVALUATION METHODS USE FOR PLANNING GROUND DEVELOPMENT TEST OF ROCKET TECHNOLOGY PRODUCTS

Dunaev D.V.

*Design Bureau «Yuzhnoye» named after M.K. Yangel,  
3, Krivorozhskaya str., Dnepropetrovsk, 49008, Ukraine  
e-mail: info@yuzhnoe.com*

### Abstract

This article presents the analysis of the of expert evaluation methods (EEM) implementation for planning ground development test (GDT) of rocket technology products. To do this, all necessary conditions for experts' qualitative evaluation were considered and recommended EEM were selected. Multilevel EEM implementation is marked herewith, where the upper layer determines the order of experts' polling - discussion (brainstorming, synectics, commission of experts and court), or questionnaire (Delphi method). While selection of low-level EEM is determined by the specific practical problem. To simplify GDT optimal planning all products are sorted according to qualification status (corresponds to qualification method). Then selection of types, test categories to develop the required operation characteristics and their sequence for each assembly unit is carried out (corresponds to scenario methods or

PATTERN, forecast graph). The problem of selection and assortment of the necessary types, categories of tests is just the most complex one during GDT plan elaboration. It is suggested to solve this problem by the selection of the appropriate product-analog (corresponds to Churchman-Akof method) with allowance for its performances, as well as a product (assembly unit) requiring optimization. This will reduce the duration and cost of GDT planning phase.

Further development of the assembly unit optimization plan for those operation characteristics that differ from the characteristics of the prototype, types and test categories are determined by any of the recommended EEM (mostly by scenario methods and brainstorming). Thus, as a result of the multi-level application of EEM, it is possible to elaborate an experimental development optimal plan in terms of minimization of material and time resources.

**Keywords:** ground development test, expert evaluation method, comprehensive development test programs, space application rocket.

## References

1. Afanas'ev V.A., Barsukov V.S., Gofin M.Ya., Zakharov Yu.V. *Ekspertimetal'naya otrabotka kosmicheskikh letatel'nykh apparatov* (Experimental testing of spacecraft), Moscow, MAI, 1994, 418 p.
2. Aleksandrovskaia L.N., Kruglov V.I., Kuznetsov A.G., Kuznetsov V.A. *Teoreticheskie osnovy ispytaniia i ekspertimetal'naya otrabotka slozhnykh tekhnicheskikh sistem* (Theoretical basis of the test and experimental development of complex technical systems), Moscow, Logos, 2003, 736 p.
3. Avduevskii V.S. *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike* (Reliability and effectiveness of the technique), Moscow, Mashinostroenie, 1989, vol. 7, 280 p.
4. Degtyarev A.V., Kashanov A.E., Krivobokov L.V. *Regional'nyi mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov "Sistemnye tekhnologii"*, 2011, no. 6(77), pp. 44–50.
5. Dunaev D.V., Krivobokov L.V. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, no. 4(121), pp. 26–31.
6. Dunaev D.V., Krivobokov L.V. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, no. 5(122), pp. 80–85.
7. Eltareno E.A., Krupinova E.K. *Obrabotka ekspertnykh otsenok* (Processing of expert evaluations), Moscow, MFTI, 1982, 96 p.
8. Litvak B.G. *Ekspertnye otsenki i prinyatie reshenii* (Expert assessment and decision-making), Moscow, Patent, 1996, 271 p.
9. Gordon W.J.J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity*, New York, 1961, 180 p.
10. Sarkisyan S.A., Kaspin V.I., Lisichkin V.A., Minaev E.S., Pasechnik G.S. *Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya reshenii* (The theory of forecasting and decision-making), Moscow, Vysshaya shkola, 1977, 351 p.
11. Vertakova Yu.V., Koz'eva I.A., Kuz'bozhev E.N. *Upravlencheskie resheniya, razrabotka i vybor* (Management decisions, development and selection), Moscow, KNORUS, 2000, 352 p.
12. Sidel'nikov Yu.V. *Teoriya i organizatsiya ekspertnogo prognozirovaniya* (Theory and organization of expert prediction), Moscow, GPSI IMJEMO AN SSSR, 1990, 195 p.
13. *Sistemy obrabotki ekonomicheskoi informatsii: Metod Cherkhmena—Akoffa*, available at: [http://kyrator.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=728:123&catid=10&Itemid=119&limitstart=4](http://kyrator.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=728:123&catid=10&Itemid=119&limitstart=4)