

## 8.1. Предварительные сведения

При решении разного рода задач в рассмотрение вводятся различные параметры, отражающие свойства находящихся в рассмотрении объектов.

В простейшем случае параметр – это физическая величина в определённом месте в определённое время. В этом случае значение параметра – пара (число, единица физической величины), результат измерения параметра – множество пар ((число, единица физической величины)), содержащее с теми или иными оговорками истинное значение параметра. Такие параметры будем называть элементарными.

Можно ввести в рассмотрение и измерять параметры более сложной природы, например, зависимость одного элементарного параметра от нескольких элементарных параметров.

В процессе постановки задачи множество параметров обычно разделяется на входные неуправляемые, входные управляемые и выходные.

Выходные параметры – это параметры, в терминах которых формулируется значение задачи. Выйти объектом в заданную точку пространства выходных параметров можно только, меняя значения управляемых входных параметров.

Управляемые входные параметры могут принимать нужные значения по приказу решающего задачу.

Неуправляемые входные параметры принимают значения независимо от воли решающего задачу, но влияют на значения выходных параметров.

Параметры каждого вида составляют соответствующий комплект параметров.

Неправильное измерение параметров, как правило, влечёт за собой невозможность решить задачу.

Поэтому пользователь САЭ, будучи освобождён системой от большого объёма работы, требующей высокой квалификации персонала, обязан образцово выполнить другую часть работы по решению задачи. Эта часть тоже требует высокой квалификации исполнителя, и в эту часть входит проведение всех необходимых измерений. Если пользователь САЭ поручает измерения сторонней организации, он должен включить в договор требование предоставить заказчику алгоритмы всех измерений во всех деталях.

## 8.2. Физико-технический раздел САЭ

При решении разного рода естественнонаучных задач в рассмотрении находятся различные параметры, зависимости между параметрами, производятся наблюдения (испытания), при которых измеряют параметры, зависимости между параметрами. При этом используется тот или иной математический аппарат, компьютеры, оснащённые программным обеспечением.

Если задача решена, то предполагается, что её решение может быть подтверждено другими людьми в другое время и в другом месте. Таким образом, решённая задача – это или новое изделие, или новый технологический процесс, или объяснение того, что раньше не было понятно.

Чтобы правильно решить задачу исследователь должен проявить разного рода умения. При этом он пользуется многими готовыми продуктами. Как правило, он не изобретает математический аппарат, пользуется готовыми средствами измерения, использует готовую вычислительную технику, оснащённую готовым программным обеспечением и т.п. Количество готовых вещей, используемых при исследованиях, постепенно увеличивается, работать становится удобнее.

САЭ это ещё один шаг создания удобств для исследователя. Исследователь может сосредоточиться на постановке задачи, её структурировании, на метрологическом обеспечении задачи, на проведении вспомогательных исследований.

Сейчас многие научные исследования имеют низкое качество в связи с тем, что исследователю не хватает времени. В этих случаях разделение труда между исследователем и персоналом САЭ может существенно повысить качество решения задач. Использование САЭ повышает квалификацию неопытного исследователя и дисциплинирует профессионала.

### Алгоритм поведения пользователя САЭ

Пользователь САЭ должен отдать себе отчёт, какой тип задачи он решает, например:

- доводка изделия;
- измерение (статическое в самом широком аспекте, например, зависимости одного параметра от нескольких, динамическое);
- создание средства измерения (в этом случае в задаче доводки изделия возникает специфическая часть – градуирование создаваемого средства измерения);
- прогнозирование.

Затем пользователь САЭ должен начать обсуждение задачи с сопровождающим методическое обеспечение САЭ. Постепенно проясняются контуры постановки задачи, проводятся необходимые предварительные измерения. На этом этапе и пользователь САЭ, и САЭ должны квалифицированно выполнять каждый свою часть общей работы. Полезно время от времени выпускать совместные научно-технические отчёты.

Затем наступает момент, когда ясно, что процесс решения задачи определился. С этого момента нужно особенно тщательно сохранять всю полученную измерительную информацию, так как вся она понадобится для выявления оптимального решения задачи.

### 8.3. Использование САЭ при решении задачи доводки изделия

Пользователь САЭ должен проделать следующую работу. При этом необходимо консультироваться с ведущим методическое обеспечение САЭ.

1. Исчерпывающее описание эскизного проекта изделия и алгоритма его функционирования.
2. Провозглашение комплекта выходных параметров задачи.
3. Провозглашение иерархии технических заданий (ТЗ), т.е. упорядоченного множества подмножеств пространства значений комплекта выходных параметров задачи.
4. Провозглашение комплекта входных параметров задачи.
5. Разбиение комплекта входных параметров задачи на подкомплект неуправляемых входных параметров задачи и подкомплект управляемых входных параметров.
6. Разбиение подкомплекта управляемых входных параметров на подкомплект конструктивных входных параметров и подкомплект режимных входных параметров.
7. Провозглашение комплекта фундаментальных параметров задачи, т.е. множества прямо измеряемых параметров, по значениям которых можно получить значения всех параметров, составляющих комплекты входных и выходных параметров задачи.
8. Провозглашение алгоритмов измерения всех параметров из фундаментального комплекта<sup>1</sup>.
9. Провозглашение алгоритмов косвенных измерений всех параметров, входящих в комплекты входных и выходных параметров.
10. Описание области возможных значений подкомплекта неуправляемых входных параметров в данный момент времени и информация о возможных изменениях этой области во времени.
11. Описание области возможных значений подкомплекта управляемых входных параметров.
12. Выбор первого значения подкомплекта управляемых входных параметров, где будут проведены испытания изделия.
13. Проведение испытания изделия в первой точке.
14. Выбор второго значения подкомплекта управляемых входных параметров, где будут проведены испытания изделия.
15. Проведение испытания изделия во второй точке.
16. Провозглашение минимального допуска для любой точки в пространстве значений подкомплекта управляемых входных параметров (т.е. области вокруг этой точки, в которую истинное значение этого подкомплекта может уверенно попасть в результате соответствующего управляющего воздействия на изделие).
17. В процессе испытаний третье значение подкомплекта управляемых входных параметров выбирается пользователем САЭ после консультаций с САЭ. В этом случае САЭ только намекает на тенденции при выборе значения подкомплекта. По мере продолжения испытаний рекомендации САЭ становятся всё более и более определёнными. Нужно иметь в виду, что в процессе проведения испытаний должна просматриваться вся область допустимых значений подкомплекта неуправляемых входных параметров (т.е. во время испытаний нужно уметь, хотя бы очень грубо, управлять значениями комплекта неуправляемых входных параметров; если на них никак невозможно повлиять, то нужно выжидать, когда они сами изменятся и проводить при этом испытание). Повышение надёжности прогноза требует увеличения объёма испытаний.
18. Испытания изделия заканчиваются провозглашением решения задачи, доставляющего наибольшее (в терминах провозглашённой иерархии ТЗ) значение задачи с заданным уровнем надёжности.

<sup>1</sup> Результат измерения параметра – интервал, содержащий истинное значение параметра с теми или иными оговорками, и используемая при измерении единица физической величины.

Следующие ниже таблицы иллюстрируют результаты испытаний и иерархию ТЗ для случая комплекта входных параметров, состоящего из семи параметров, и комплекта выходных параметров, состоящего из четырёх параметров.

Результаты испытаний, используемые при доводке изделия

№ эксп.	Комплект входных параметров														Комплект выходных параметров							
	Подкомплект неуправляемых входных параметров						Подкомплект управляемых входных параметров								У <sub>1</sub>	У <sub>2</sub>	У <sub>3</sub>	У <sub>4</sub>				
							Подкомплект конструктивных входных параметров				Подкомплект режимных входных параметров											
	x <sub>1</sub>		x <sub>2</sub>		x <sub>3</sub>		x <sub>4</sub>		x <sub>5</sub>		x <sub>6</sub>		x <sub>7</sub>		y <sub>11</sub>	y <sub>12</sub>	y <sub>21</sub>	y <sub>22</sub>	y <sub>31</sub>	y <sub>32</sub>	y <sub>41</sub>	y <sub>42</sub>
x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>21</sub>	x <sub>22</sub>	x <sub>31</sub>	x <sub>32</sub>	x <sub>41</sub>	x <sub>42</sub>	x <sub>51</sub>	x <sub>52</sub>	x <sub>61</sub>	x <sub>62</sub>	x <sub>71</sub>	x <sub>72</sub>									
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						

Иерархия технических заданий<sup>2</sup>

№ ТЗ	Комплект выходных параметров							
	У <sub>1</sub>		У <sub>2</sub>		У <sub>3</sub>		У <sub>4</sub>	
	У <sub>11</sub>	У <sub>12</sub>	У <sub>21</sub>	У <sub>22</sub>	У <sub>31</sub>	У <sub>32</sub>	У <sub>41</sub>	У <sub>42</sub>
1								
2								
3								
4								
5								

Пояснения:

(x<sub>i1</sub>, x<sub>i2</sub>) – отрезок, содержащий истинное значение i-го входного параметра, (y<sub>i1</sub>, y<sub>i2</sub>) – отрезок, содержащий истинное значение i-го выходного параметра<sup>3</sup>.

Для компактности справочного примера формы таблицы результатов испытаний таблица составлена так, как будто каждое испытание даёт результат совместного измерения комплекта входных параметров и комплекта выходных параметров. В действительности, результатами испытаний могут быть результаты совместных измерений подкомплекта входных параметров, влияющих на i-й выходной параметр, и i-го выходного параметра. Причём, разные выходные параметры могут измеряться в разных точках пространства значений комплекта входных параметров (т.е. проекции этих точек могут не совпадать).

<sup>2</sup> Для простоты технические задания в этом примере имеют форму параллелепипедов в пространстве  $R^m$

<sup>3</sup> В действительности должны быть заданы интервалы, содержащие истинные значения фундаментальных параметров в прямых измерениях ( $\mathcal{Z} \pm \Delta \mathcal{Z}$ ). Задание интервалов в пространстве комплектов входных и выходных параметров существенно загроуляет вычисления. В таблице эти интервалы приведены просто как напоминание о том, что нужно задавать интервалы, содержащие, с теми или иными оговорками, истинные значения параметров (это сделано, так как в общем виде невозможно привести формулы для косвенных измерений, в результате которых получаются значения входных и выходных параметров).

## 8.4. Использование САЭ при решении задачи прогнозирования

Как видно из описания решения задачи доводки изделия, задача прогнозирования входит в состав задачи доводки изделия (прогнозирование значения задачи при заданном решении задачи). Однако задача прогнозирования имеет и самостоятельное значение. Например, если в комплект входных параметров входит время, а в комплект выходных параметров входят параметры, отражающие происходящую катастрофу.

1. Исчерпывающее описание явления природы, в рамках которого ведётся прогнозирование.
2. Провозглашение комплекта выходных параметров задачи.
3. Провозглашение иерархии зон опасности<sup>4</sup>, т.е. упорядоченного множества подмножеств пространства значений комплекта выходных параметров задачи.
4. Провозглашение комплекта входных параметров задачи.
5. Разбиение комплекта входных параметров задачи на подкомплект неуправляемых входных параметров задачи и подкомплект управляемых входных параметров<sup>5</sup>.
6. Разбиение подкомплекта управляемых входных параметров на подкомплект конструктивных входных параметров и подкомплект режимных входных параметров.
7. Провозглашение комплекта фундаментальных параметров задачи, т.е. множества прямо измеряемых параметров, по значениям которых можно получить значения всех параметров, составляющих комплекты входных и выходных параметров задачи.
8. Провозглашение алгоритмов измерения всех параметров из фундаментального комплекта<sup>6</sup>.
9. Провозглашение алгоритмов косвенных измерений всех параметров, входящих в комплекты входных и выходных параметров.
10. Описание области возможных значений подкомплекта неуправляемых входных параметров в данный момент времени и информация о возможных изменениях этой области во времени.
11. Описание области возможных значений подкомплекта управляемых входных параметров.
12. Ведение наблюдений, т.е. совместное измерение каждого выходного параметра и подкомплекта входных параметров, влияющих на этот выходной.
16. Провозглашение минимального допуска для любой точки в пространстве значений подкомплекта управляемых входных параметров (т.е. области вокруг этой точки, в которую истинное значение этого подкомплекта может уверенно попасть в результате соответствующего управляющего воздействия на протекание данного явления природы).
17. В процессе наблюдений, если подкомплект управляемых входных параметров не пустое множество, необходимо исследовать область возможных значений этого подкомплекта. Повышение надёжности прогноза требует увеличения объёма наблюдений.
18. Наблюдения заканчиваются, когда надёжность прогноза (в терминах провозглашённой иерархии зон опасности) многократно подтверждена результатами наблюдений.

<sup>4</sup> Для определённости имеется ввиду задача прогнозирования некоторой опасности.

<sup>5</sup> Изложение ведётся для случая, когда на явление природы можно влиять. Если влиять невозможно, то комплект входных параметров состоит только из неуправляемых входных параметров. Если влиять возможно, то могут быть только конструктивные входные параметры, только режимные или и те, и другие.

<sup>6</sup> Результат измерения параметра – интервал, содержащий истинное значение параметра с теми или иными оговорками, и используемая при измерении единица физической величины.

## 8.5. Использование САЭ при решении задачи измерения

Задачи измерения весьма разнообразны. Например, статическое измерение существенно отличается от динамического. Для определённости мы рассмотрим статическое измерение зависимости одного параметра от нескольких. Такие измерения часто проводятся для получения результатов, помещаемых в разного рода справочниках.

Использование САЭ при решении задачи измерения зависимости одного параметра от нескольких

Пользователь САЭ должен проделать следующую работу. При этом необходимо консультироваться с ведущим методическое обеспечение САЭ.

1. Исчерпывающее описание явления природы, для взаимодействия с которым необходима измеряемая зависимость.
2. Провозглашение выходного параметра задачи (образ в строящемся отображении).
3. Провозглашение комплекта входных параметров задачи (прообраз в строящемся отображении).
4. Провозглашение комплекта фундаментальных параметров задачи, т.е. множества прямо измеряемых параметров, по значениям которых можно получить значения выходного параметра задачи и всех параметров, составляющих комплект входных параметров.
5. Провозглашение алгоритмов измерения всех параметров из фундаментального комплекта<sup>7</sup>.
6. Провозглашение алгоритмов косвенных измерений выходного параметра задачи и всех параметров, входящих в комплект входных параметров.
7. Описание области интересующих исследователя значений комплекта входных параметров.
8. Организация и проведение испытаний (наблюдений) равномерно во всей области интересующих исследователя значений комплекта входных параметров.
9. Аргументация гипотезы о том, какой математический объект входит в состав истинного значения измеряемой зависимости (вещественная функция  $n$  переменных, отображение  $R^n$  в множество всех одномерных нормально распределённых случайных величин, независимых в совокупности, и т.п.).
10. Повышение точности измерения требует увеличения объёма испытаний (наблюдений).
11. Измерение заканчивается достижением удовлетворительной точности на области интересующих исследователя значений комплекта входных параметров.

<sup>7</sup> Результат измерения параметра – интервал, содержащий истинное значение параметра с теми или иными оговорками, и используемая при измерении единица физической величины.

## 8.6 Использование САЭ при создании средства измерения

Процесс создания средства измерения, как процесс создания любого изделия, включает в себя период доводки. Специфической при создании средства измерения является важнейшая часть процесса создания – градуирование средства измерения. Решение задачи градуирования средства измерения, предназначенного для использования в статическом режиме перекликается с решением задачи доводки изделия, поэтому его можно описать в нескольких словах.

Использование САЭ при решении задачи градуирования средства измерения, предназначенного для использования в статическом режиме

1. Провозглашается физическая величина, которая будет воздействовать на вход создаваемого средства измерения и для измерения которой создаётся данное средство измерения (будем называть её основной физической величиной), а также алгоритм измерения этой физической величины другим средством измерения.
2. Провозглашается комплект влияющих физических величин и алгоритм измерения этого комплекта физических величин другими средствами измерения.
3. Провозглашается выходной сигнал создаваемого средства измерения и алгоритм его измерения другим средством измерения<sup>8</sup>.

Для удобства изложения назовём комплектом входных параметров объединение комплекта влияющих физических величин и одноэлементного множества, состоящего из основной физической величины. Обозначим число элементов в комплекте входных параметров  $n+1$ .

4. Провозглашается диапазон измерения создаваемым средством измерения, т.е. подмножество пространства  $R^{(n+1)}$ .
5. Выбирается подмножество пространства  $R^{(n+1)}$  такое, что диапазон измерения является его подмножеством, и в этом подмножестве проводятся градуировочные испытания создаваемого средства измерения, т.е. совместные измерения комплекта входных параметров и выходного сигнала. Градуировочные испытания должны равномерно заполнять подмножество пространства  $R^{(n+1)}$ , в котором они проводятся.
6. В процессе доводки создаваемого средства измерения может меняться подмножество пространства  $R^{(n+1)}$ , где проводятся градуировочные испытания, и объём градуировочных испытаний.
7. Результаты градуировочных испытаний позволяют проводить измерения создаваемым средством измерения в случае, если есть гарантия, что средство измерения используется в известной области значений комплекта влияющих физических величин, являющейся подмножеством<sup>9</sup> проекции на  $R^n$  подмножества пространства  $R^{(n+1)}$ , в котором проводились градуировочные испытания.

<sup>8</sup> Часто на выходе средства измерения возникает число. В этом случае никаких средств измерения выходного сигнала не требуется.

<sup>9</sup> Выход из проекции на  $R^n$  подмножества пространства  $R^{(n+1)}$ , в котором проводились градуировочные испытания влечёт за собой быстрое увеличение неопределённости измерений. Уменьшение неопределённости измерения комплекта влияющих физических величин при измерении основной физической величины уменьшает неопределённость измерения данным средством измерения.

## **8.7. О разделе САЭ «Управление территорией»**

Этот раздел не проработан в том смысле, что ни один чиновник, ответственный за решение какой либо подзадачи задачи управления территорией, не воспользовался САЭ. Исследования задач из этого раздела велись ООО «Касталия» в течение 20 лет. Это были опыты на себе (например, была создана лаборатория, сопровождающая организованный ООО «Касталия» экспериментальный участок городской территории в аспекте благоустройства и безопасности пешеходов). Пользователя САЭ при исследовании решения задач из этого раздела имитировал научный руководитель ООО «Касталия». Однако исследовать эффективность процесса решения задачи в таких условиях не представляется возможным: не удаётся на сколько-нибудь обширной городской территории проводить измерения и реализовывать управляющие воздействия. Поэтому эти исследования приняли форму цикла научно-исследовательских работ (НИР) «Управление территорией». Полученные результаты позволяют пользователю САЭ значительно быстрее решать задачи, относящиеся к этому разделу. В процессе двадцатилетних исследований на первый план выходила то одна, то другая НИР цикла. Вначале это была НИР «Управление малым предпринимательством на территории», затем «Управление благоустройством территории», затем «Управление имуществом хозяйственной публичной организации» и, наконец, «Управление коррупцией на территории».