

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СБОРКИ И МОНТАЖА**

В.А. Коптев, В.В. Савотченко

### **1. Основные понятия и задачи моделирования**

Совершенствование функционирования организационных систем современного производства с целью кардинального повышения производительности труда является одной из актуальных проблем настоящего периода. Под организационной системой мы будем понимать систему, имеющую целью организацию деятельности коллектива специалистов для достижения определенных целей.

Решение проблемы совершенствования функционирования организационных систем связано с рядом трудностей. Одной из них является отсутствие достаточно развитой теории проектирования "человеконаполненных" систем, которая объединила бы результаты, полученные в теории активных систем, теории оптимального планирования, информационной теории иерархических систем, развитой академиком РАН Н.Н. Моисеевым, теории итеративного планирования и управления, теории представлений профессора А.Н.Коптева, а также в ряде других направлений.

Между тем, перечисленные работы, как правило, не дают теоретических рекомендаций по проектированию конкретной деятельности исполнителя нижнего уровня иерархической системы, хотя определенные результаты в этом направлении уже получены в работах по эргономике и инже-

нерной психологии. Одним из эффективных путей решения этой задачи является моделирование конкретной деятельности.

В целом основной задачей, развиваемой в этой работе, является разработка методов преобразования объектов сборки и монтажа узлов и агрегатов летательных аппаратов путем построения операционной последовательности действий исполнителя.

Условием формирования эффективного способа действия является отражение существенных свойств и отношений элементов объекта преобразования. Будем говорить о проблемной ситуации, где неизвестным является способ действия, т.е. решение оперативных задач, результатом которого является способ преобразования объекта сборки и монтажа как совокупность технологических операций. При этом известны начальная и конечная ситуации, но неизвестны способы преобразования начальной ситуации в конечную.

Рассмотрим основные понятия теории на конкретных примерах. Пусть задан агрегат  $S$ , в число элементов которого входит узел  $K$ , связанный в сети связи с рядом других узлов, образующих окрестностные условия для узла  $K$ . Соответственно и узел  $K$  входит в параметры окрестностных условий других узлов этого агрегата. Функция узла является одной из частных функций агрегата  $S$ , и совокупность всех частных функций элементов агрегата  $S$  обеспечивает выполнение его общей функции, баланс внутренних и внешних потоков связи.

Выполняя определенную функцию, т.е. имея, например, вполне конкретный набор электрических разъемов и клемм для соединения с другими узлами агрегата  $S$ , узел  $K$  находится в одной из подобластей своих состояний, входящей в область возможных состояний узла  $K$ .

Функции узла  $K$  в агрегате  $S$  могут выражаться в некотором закономерном изменении его состояния при изменении, скажем, набора входных и выходных сигналов, т.е. при изменении в агрегате  $S$  окрестностных условий узла  $K$ . Такая функция будет представлять собой в области воз-

возможных состояний не просто точку, а траекторию скорее всего замкнутую. Следовательно, и при неизменном, и при закономерно изменяющемся состоянии узла **К**, выполняющем свою функцию в агрегате **S**, эта функция может быть охарактеризована областью требуемых функциональных состояний узла **К**, обязательно включающейся в область возможных состояний этого узла. Кроме того, неконтролируемые изменения условий не должны выводить узел **К** за границу допустимого размытия функциональных состояний.

Пределы изменения условий, при которых узел **К** остается в границах допустимого размытия функциональных состояний, будем называть границами устойчивого функционирования узла. Понятно, что узел **К** должен быть таким, что границы устойчивого функционирования не выходили за границы неконтролируемых изменений условий узла.

Представим теперь, что узел **К** как один из элементов агрегата **S** рассматривается вне сети связей с другими элементами агрегата **S**, т.е. вынесен за окрестности агрегата. Именно такая ситуация характерна для производства элементов, например, комплекса оборудования летательного аппарата. Рассмотрим подробно основные этапы монтажа узла **М**, как процесс согласования свойств узла **М** с его функцией в структуре агрегата, область возможных состояний которого не совсем тождественна области возможных состояний узла **К**. Это значит, что область возможных состояний узла **М** не полностью соответствует области требуемых функциональных состояний, задаваемых агрегатом или системой, в которые входит этот узел.

Несоответствие может выразиться в том, что функция отношений узла **М** с окрестностными узлами в другом узле, где должен стоять этот узел, отличается от функций отношений узла **К** к этим узлам, причем таким образом, что область возможных состояний узла **М** в той или иной степени будет выходить за границы области функциональных состояний, которую имел узел **К** и должен иметь узел **М**.

Практически, это может привести к тому, что некоторые из необходимых связей окрестностных узлов не найдут выхода на связь с узлом  $M$ , а некоторые необходимые связи узла  $M$  останутся свободными, если он будет установлен на место узла  $K$  в узле структуры связей агрегата  $S$ . В этом случае мы будем говорить, что свойства узла  $M$  не согласованы с его функцией в структуре агрегата или системы.

Однако свойства любого узла (т.е. область его возможных состояний) могут изменяться при изменении состава его элементов или их связей, а также при изменении структуры связей элементов или функций их связей при неизменности структуры, т.е. за счет изменения внутренних условий узла. Отсюда следует, что благодаря этим внутренним изменениям свойства узла  $M$  или других узлов агрегата или системы  $S$  и вообще любых агрегата или системы могут быть изменены так, что степень согласованности свойств узла  $M$  или окружающих его узлов с его функцией может увеличиваться, т.е. область функциональных состояний узла будет включена в область возможных состояний этого узла.

Процесс увеличения согласованности между свойствами узла  $M$  и определенной частной функцией в узле сети связей агрегата или системы, благодаря изменениям свойств узла  $M$ , будем называть сборкой или монтажом узла  $M$ :

Таким образом, если узел  $M$  монтируется как элемент агрегата или системы  $S$ , то область требуемых функциональных состояний остается неизменной, а область возможных состояний узла  $M$  смещается и деформируется в пространство состояний до тех пор, пока в нее не окажется включенной область требуемых функциональных состояний.

Проблема согласования свойств узла с заданной областью требуемых функциональных состояний есть проблема создания этого узла. При этом ясно, что создать его нужно таким, чтобы его свойства обеспечили наличие особой функции его отношений к месту в агрегате или системе, превра-

тившись в функцию связей, которая должна восстановить баланс внутренних и внешних потоков информации в агрегате или системе.

До момента создания узла **М** в наличии есть конструкторско-технологическая документация, которая непосредственно и материально задает область требуемых функциональных состояний узла, т.е. набор входов и выходов реальных элементов узла и связей между ними для поддержания внешних функциональных связей узла в агрегате и системе. Внутренние свойства узла **М** при заданных функциональных свойствах зависят в первую очередь от того, каковы те узлы, из которых могут быть выбраны такие, чтобы из них могли сформироваться элементы узла **М**, способные с помощью внутренних взаимосвязей поддерживать способность узла **М**, выполнять его функцию в агрегате или системе.

Останемся более подробно на характеристике сборки и монтажа. Монтаж и сборка есть процесс и, как всякий процесс, он требует определенных условий своего протекания.

Прежде всего, для сборки монтажа необходимо, чтобы были известны область требуемых функциональных состояний узла, имеющего право быть включенным в агрегат или систему как один из ее элементов, как компонент этого агрегата или системы.

Но после того, как определено, что "требуется", необходимо соотнести требования о том, как можно их удовлетворить, каковы условия реализации требуемого узла. Эти условия определяются, во-первых, материалами и элементной базой узла. Во-вторых, агрегат или система и, следовательно, узел находятся в конкретных внешних условиях, имеющих границы своего изменения и определяющих, какими должны быть границы устойчивого функционирования формирующегося узла. Эти внешние условия будем называть условиями функционирования в составе агрегата или системы.

Следовательно, область требуемых функциональных состояний должна быть реализуемой с учетом таких условий, как исходные материалы и

условия функционирования. И пока в процессе сборки или монтажа новый узел не вышел в границы требуемых функциональных состояний, т.е. пока не приобрел требуемых функциональных свойств, в нем будут протекать перестройки в виде формирующейся сети связей между элементами. Формирование нового узла с требуемой областью функциональных состояний должно быть соотнесено с диалектическим понятием наличия основания для появления нового узла.

Таким образом, наличие основания и наличие условий (как резерва материала и заданности условий функционирования) представляют собой перечень факторов, приводящих к началу возникновения и становления узла. Поскольку система с четкими границами не должна иметь, с точки зрения области требуемых функциональных состояний, избыточных свойств, но представляет требуемые свойства в заданных окрестностных условиях, то кроме функциональных свойств, характеризующих прежде всего потоки информации, на основе которых осуществляются важные для агрегата или системы взаимодействия собираемого или монтируемого объекта с окрестностными узлами, в этом узле должны быть свойства, не являющиеся непосредственно функциональными, но имеющими прямое отношение к функциональным; эти свойства должны служить средством внутреннего поддержания, стабилизации функциональных свойств, пока внешние условия не выйдут за заданные границы. Эти внутренние поддерживающие свойства опираются на закрепление внутренних потоков информации, а также условий для этих потоков, как обуславливающих в свою очередь наличие функциональных потоков, задаваемых основанием узла. В реальном представлении это должны быть каналы для различных видов блокировок, поддерживающих и функциональных потоков, входы и выходы сигналов реальных элементов, источники сигналов, передающихся через сеть связей элементов.

Формирование всех этих внутренних условий для внутренних и внешних потоков информации узел закрепляет свои функциональные

свойства, так что даже будучи самостоятельным, т.е. вне агрегата или системы, он может включаться в нее, восстанавливая соответствующие связи. Узел имеет специфический и достаточно ярко выраженный спектр возможностей по выполнению определенных функций в составе агрегата или системы и сохраняет индивидуальность как следствие сборки или монтажа, который приспособливает его к определенным окрестным условиям и в определенных условиях функционирования. Следовательно, наличие заданного основания превращается во внутреннюю причину наличия у узла его качественных и граничных свойств, и вся эта совокупность складывающихся внутренних причин узла должна, по-видимому, расцениваться как конкретизация диалектической категории сущности.

Если сущность - реальный источник свойств узла, проявляющих себя через реальные же взаимодействия, то любые из этих проявлений - возникают ли они регулярно или спорадически, прямым или многократно опосредованным следствием данной сущности - нужно, по-видимому, определить как явление данной сущности, ибо "явление есть проявление сущности".

В такой трактовке те из явлений данной сущности, ради наличия или для поддержания наличия которых и формировалась данная сущность в процессе сборки и монтажа узла, следует определить как существенные свойства. Очевидно, что функциональные свойства попадут в число существенных.

Основание, как нечто внешнее по отношению к требуемому узлу, определяет его функциональные свойства. Но для закрепления функциональных свойств основание должно привести к возникновению внутреннего основания этого узла, к возникновению его реальной сущности. А для этого, как уже рассматривалось, при введении понятия сборки, монтажа нужны условия, сводящиеся к наличию резерва материала и заданности условий функционирования.

Следовательно, сущность формирующегося узла получает окончательные свои определения лишь тогда, когда после возникновения основания конкретизируются условия создания и функционирования этого узла. Наличие или отсутствие условий само по себе не зависит от наличия или отсутствия основания, хотя приемлемость или неприемлемость условий задается основанием, а приемлемость осознания - условиями.

Для нас узел - это условие и его основание или события и процесс становления его сущности и его вхождения в реальное воплощение его дальнейших изменений.

Таким образом, узел в нашем понимании - это внешний материальный, реальный оригинал того, чему в диалектике соответствует понятие "сути дела".

Процесс создания узла, агрегата, системы связан с понятием траектории развития, в которой связывается воедино непрерывная последовательность всех ступеней, всех моментов, всех фаз развития, всех этапов сборки и монтажа узла, агрегата, системы от момента появления основания до времени, когда узел или агрегат, или система становится практически завершенным.

Последовательная цепь эквифинальных, т.е. приводящих к заданной действительности, процессов, направляемых технологической системой, переводит узел сборки, монтажа к вполне определенному конечному состоянию, т.е. к завершенному состоянию. В этом случае внешняя активная необходимость, как причина, сформирована технологической системой, выступающей в роли направляющего воздействия на полифинальный процесс. Внешняя причина по отношению к возможностям материалов и элементов как условий технологического процесса является физической предпосылкой такого явления, которое в своих высших формах превращается в целенаправленную деятельность по созданию узлов, агрегатов, систем с требуемыми свойствами. При этом направляющие воздействия на задаются непосредственно основанием, а осуществляются через информирование

технологической системой. В этом случае появляются условия для закрепления потребности в форме действительности, т.е. реального, например, узла. Технологическая система в предлагаемом понимании - это некоторая совокупность тел, их взаимосвязей и свойств, определяющих набор взаимодействий, а также отражение, задающее процесс изменения любых состояний узлов как следствие воздействия на него тел этого агрегата или системы. Ограничим круг вопросов, подлежащих формализации в данной работе вопросам построения операциональной последовательности преобразования узла, сборки, монтажа. Введем понятие "исчисление последовательностей операторов преобразования". Исчисление последовательности операторов преобразования - это методика решения в рамках предикатов первого порядка таких логических задач, которые обычно требуют применения исчисления высших порядков.

## **2. Синтез последовательности операторов преобразования**

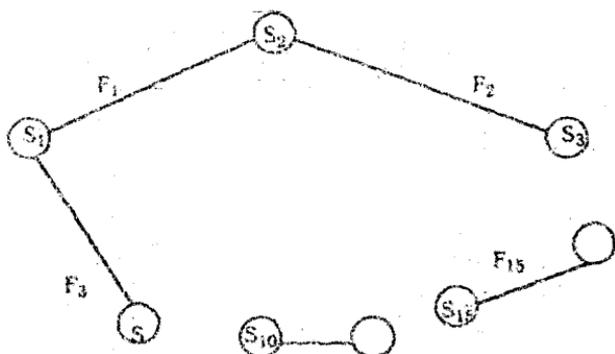
Сложная задача сборки монтажа узлов, агрегатов, систем оборудования летательных аппаратов подразумевает использование достаточно большого количества операций с ограниченным набором инструмента, которые должны быть не независимыми, а объединенными иерархически: некоторый оператор отражает факт принадлежности компонентов, рассматриваемых в задаче, к одному множеству, например, множеству реальных элементов узла сборки, монтажа; другие операторы свидетельствуют о разбиении этого множества компонентов на подмножества, например, под сборки, функциональные модули, каждая из которых могут в свою очередь распадаться на подмножества, о чем должны свидетельствовать операторы следующего более глубокого уровня: третьи описывают переход технологической системы из одного состояния в другое и т.д. Однако сколько бы уровней рассмотрения ситуации ни понадобилось при решении поставлен-

ной задачи, отражения ее компонентов в виде высказываний, моделей и т.д., в конечном счете сводят семантику этих высказываний (содержательную интерпретацию) и моделей к констатации наличия определенных физических свойств у узла, агрегата, системы, а также процесса.

Метод, с помощью которого в исчислении последовательности операторов преобразования удается решать эти задачи высших порядков в рамках логики первого порядка, состоит во введении функциональных аргументов в предикаты, которое заключается в повышении числа аргументов на единицу, добавляя третье место, например, в двухместном предикате  $P$ , для нового аргумента, называемого переменной состояния:

$$P(x, y) \longrightarrow P(x, y, s) \quad (2.1)$$

В общем случае  $n$ -местный предикат  $P$  мы заменяем на  $n+1$ -местный, всегда оставляя последнее место для переменной состояния  $S$ , ассоциированной с этим предикатом  $P$ . Содержательно поясним, что при этом происходит. Рассмотрим в некотором абстрактном сборочно-монтажном пространстве переменную состояния, которая может принимать значения  $S_1, S_2, S_3, S_{10}, S_{15}$  и т.д. Эти состояния характеризуют определенную реализацию связей в узле, которая приводит к возникновению сборок компонент с новыми свойствами, к возникновению структуры сборок. При этом увеличивается устойчивость складывающихся взаимодействий между компонентами и сборками этих компонент. Таким образом, существует процесс связывания компонентов узлов в сложные устойчивые сборки модули, свойства которых согласованы с их местом в некотором агрегате, системе. В свою очередь процесс характеризуется определенными состояниями, которые связываются посредством различных операторов. Тогда этот процесс может быть формализован в виде графа, в котором состояния  $S_1, S_2, S_3, S_{10}, S_{15}$  связаны операторами  $F_1, F_2, F_3$  и т.д. (рис.1)



Р и с. 1

Оператор  $F_1$  означает переход из состояния  $S_1$  в  $S_2$  в результате действия оператора  $F_1$ .

Эти действия легко представить в исчислении последовательности операторов преобразования, так как эти операторы отображают состояния на состояние. Результаты применения таких операторов можно подставлять на место переменной состояния, аналогично подставке простой переменной. Например,  $P(x_1, F(S))$  вместо  $P(x, m)$

Из сказанного выше определим исчисление последовательности операторов преобразования как пятерку и будем обозначать  $R$ :

$$R = (P, F, S, a, A), \quad (2.2)$$

Она состоит из множества предикатов, которое обозначено  $P$ , множества операторов, обозначенного  $F$ , далее, безусловно множества состояний  $S$ , затем системы аксиом, обозначенной через  $a$ , и, наконец, множества объектов, обозначенного через  $A$ , в которое входят не только объекты монта-

жа, но и исполнители, и инструменты. Поясним более подробно каждый отдельный символ пятерки. Предикаты, т.е. выражения, обладающие тем свойством, что приписав значения переменным  $x, y, \dots$  из соответствующих областей определения, мы получаем высказывания. Для записи выражений используются предикатные буквы  $P, Q$  и т.д., дополненные указанием аргументов. При этом выражения могут быть истинными или ложными, как это принято во всех формализмах исчисления предикатов первого порядка. Операторы переводят состояния в состояния, а аксиомы  $\alpha$  представляют систему аксиом специального вида. Аксиомы преобразования оборотно-монтажного пространства - это не произвольные правильно построенные формулы исчисления предикатов, а формулы одного из двух типов. Один тип аксиом таков:

$$P(x, S_1) (P(x, S_1) = S_2) = Q \quad (2.3)$$

Эти аксиомы могут быть записаны в более общей форме. Однако можно считать, что эти аксиомы имеют следующий смысл: для того, чтобы применить оператор  $F$  в ситуации  $S_1$  прежде всего, необходимо, чтобы выполнялось условие  $P$ , т.е. это начальное требование для применимости оператора  $F$ . Теперь, после применения  $F$ , полученное состояние характеризуется предикатом  $Q$ . Под буквами  $P$  и  $Q$  в приведенных записях мы будем иметь в виду, что эти символы обозначают подмножество множества предикатов  $P$ . Так, например, начальное условие  $P$  может быть длинной конъюнкцией предикатов  $P = P_1, P_2, \dots, P_n$ , которая полностью характеризует все условия применения оператора  $F$  в ситуации  $S_1$ . Таким образом,  $P$  - это своего рода начальные условия, а  $Q$  - конечные условия по отношению к оператору  $F$ . В общем виде, т.е. независящими от конкретного состояния  $S_1$  аксиомы могут быть записаны следующим образом:

$$\forall S (P(x, s) \Rightarrow Q(x, F(x, S))) \quad (2.4)$$

где мы воспользовались подстановкой  $F(x, S)$  вместо  $S_2$ , тем самым исключив обозначения двух конкретных состояний. В этом выражении  $S$  соответствует начальному состоянию  $S_1$ , а  $F(x, S)$  - конечному состоянию  $S_2$ .

Для определенности процесса преобразований необходимо точно описать начальную ситуацию для того, чтобы можно было применять те или иные аксиомы. Для описания начальной ситуации используются схемы аксиом вида

$$N(x, S_n) \quad (2.5)$$

В этом случае  $S_n$  - конкретное начальное состояние,  $x$  - элемент множества узлов,  $A$  - константа, имеющая существенное отношение к начальной ситуации. Для начальной ситуации предикат  $P$  не обязательно будет двухместным предикатом. В общем случае он может быть произвольным  $n$ -местным предикатом с любым числом аргументов.

### *Выводы*

В данной работе задача построения операционной последовательности преобразования узла, сборки монтажа сформулирована в ее общем виде - в терминах исчисления предикатов первого порядка. Подобная постановка задачи потребовала, во-первых, понимания сборки, монтажа, как процесса формирования нового узла с требуемой областью функциональных состояний. При этом область требуемых функциональных состояний должна быть реализуемой с учетом таких условий, как исходные материалы и условия функционирования. Процесс сборки, монтажа электротехнического узла - это приобретение этим узлом требуемых функциональных свойств, которые появляются как результат его перестройки в виде формирующейся сети связей между отдельными элементами узла. Во-вторых, показано, что

процесс создания узла связан с траекторией развития, в которой связаны воедино этапы сборки, монтажа узла. Последовательная цепь процессов создания узла приводит нас к определению технологической системы как некоторой совокупности тел, их взаимосвязей и свойства, определяющих набор взаимодействий. Формализация формирования последовательной цепи эквивалентных процессов, приводящих к заданной действительности, т.е. формализации построения операциональной последовательности посвящена данная работа.

В рамках исчисления предикатов первого порядка разработан метод, позволяющий решать логические задачи, которые требуют применения исчисления высших порядков. Предложенный способ решения таких задач назван исчислением последовательности операторов преобразования. Метод, положенный в основу исчисления последовательности операторов преобразования, состоит во введении функциональных аргументов в предикаты, которое превышает их число на единицу. При этом дополнительным аргументом является функциональное состояние. Эти состояния могут быть связаны в граф посредством операторов. Исчисление последовательности операторов преобразования представлено пятеркой, включающей множество предикатов, множество операторов, множество состояний, систему аксиом и множество объектов.

Сформулировав задачу в этом исчислении как теорему, мы доказываем ее на основе введенных аксиом. В результате доказательства получаем суперпозицию операторов, которые последовательно применяются к начальному состоянию и переводят его в конечное. Полученный ответ на поставленную задачу дает доказательство не только существования требуемого состояния, но нам выдается последовательность операторов, которая гарантирует достижение требуемого состояния, т.е. исполнитель последовательно действуя каждым из заданных операторов, шаг за шагом достигает желаемого состояния. Следует заметить, что для всех практических задач важен конкретный результат. Решение этих задач в теоретическом плане

имеет важное значение для совершенствования организационной структуры с целью повышения эффективности действий исполнителей. Характер полученной последовательности операторов, с одной стороны, формирует целевую ориентацию поведения как отдельного исполнителя, так и коллектива исполнителей; с другой стороны, показывает, какие из операторов могут быть выполнены искусственными подсистемами, т.е. оказывается, что последовательность операторов задает структуру управления. Целевая ориентация поведения формирует иерархическую систему планирования и управления, в которой большую роль играет искусственная управляющая подсистема. Четко сформулированные цели, в виде полученной из теории последовательной цепи операторов, позволяют точнее регламентировать функционирование коллектива исполнителей. Жесткое управление однако не должно нарушать комфортных условий для каждого исполнителя и коллектива исполнителей в целом. Такой подход к построению позволил формализовать действия электромонтажника в составе иерархической системы планирования и управления. Предложена математическая модель взаимодействия, допускающая физическую интерпретацию действий электромонтажника при монтаже объектов электротехнического оборудования летательных аппаратов. Решение конкретных примеров в исчислении последовательности операторов преобразования показало, что в силу полноты логического исчисления первого порядка мы можем гарантировать получение конечного результата. Следует также заметить, что действия в исчислении последовательности операторов преобразования несколько отличаются от прямого подхода к решению логических задач. Однако, переформулировав задачу, мы можем применять стандартные методы автоматического решения задач в логике первого порядка, которые допускают реализацию на ЭВМ. В то же время решение конкретных задач показало возможность получения неоднозначного ответа, который связан с существованием нескольких планов в решении поставленной задачи. Важно отметить, что в исчислении последовательности операторов преобразования этот вопрос

положительно решается с помощью добавки аксиом. Было показано, что существует множество различных путей пополнения системы аксиом, позволяющих добиться выводимости желаемого решения.

Предложенный метод решения логических задач, связанных с построением последовательности операторов преобразования объекта монтажа, требует вводить специальные аксиомы, которые описывают не только то, что происходит, когда исполнитель что-либо делает, но и то, чего при этом не происходит. Из-за ограниченности операторов, которые, как правило, действуют всего на два-четыре элемента, участвующих в процессе за один раз, описание процесса, сохраняющего все детали, делается очень длинным. Чтение такого описания становится затруднительным. Совершенно очевидно, что сокращение объема такого описания связано с применением многомерного языка графического описания, скорость восприятия информации в этом случае приблизительно в тысячу раз выше. Определение оптимального сочетания одномерной последовательности символов, обозначающих операторы преобразования с многомерными описаниями, на базе "графических языков" и соответствующее разбиение всего описания на компоненты, описывающие физические реальности, будет сильно влиять на объем описания технологического процесса сборки, монтажа. Данный вопрос является самостоятельным и затрагиваться не будет.

Практическая реализация теоретических результатов связана с осуществлением построенного плана сборки монтажа. Такая реализация связана с ошибками, обусловленными реальным окружением. Для компенсации ошибок, вносимых реальной средой, в состав иерархической системы планирования и управления предложено ввести искусственную управляющую подсистему с функциями контроля действий исполнителей. Для решения этой задачи предложен алгоритм, реализация которого позволит избежать накопления ошибок в процессе монтажа электротехнических объектов летательных аппаратов.