

УДК 629.7

Система управления качеством изготовления агрегатов ракетно-космической техники

А.К. Недайвода, П.Г. Михайлов

Аннотация:

В статье рассмотрены и проанализированы пути повышения качества ракетно-космической техники. Предложена математическая модель процесса управления качеством сборки агрегатов и систем в виде «черного ящика». Представлена структурная схема системы управления качеством изготовления агрегатов ракетно-космической техники и основные компоненты модели процесса изготовления агрегатов.

Ключевые слова:

качество изготовления; качество сборки агрегата; система управления качеством; модель системы управления качеством.

В общем случае процесс сборки многих сложных агрегатов и узлов ракетно-космической техники является многофакторным - входные воздействия (характеристики деталей, поступивших на сборку агрегата) в разной степени и с разным знаком влияют на значения сразу нескольких выходных характеристик агрегата [1, 2, 3].

Кроме того, различие характеристик однотипных деталей между собой (в пределах допуска на изготовление) и конечная точность измерительных систем, применяемых при регулировке и определении характеристик собранного агрегата, приводят к необходимости рассматривать процесс комплектации деталей для сборки как процесс управления со случайными характеристиками. Это значит, что уменьшение разброса характеристик агрегатов может быть реализовано только в среднем для группы экземпляров.

В общем случае повышение качества продукции может быть достигнуто тремя путями.

1. "Ужесточение" (то есть декларативное уменьшение) полей допусков на параметры комплектующих деталей. Этот путь имеет ряд недостатков:

- уменьшение полей допусков на детали только до предела технологических возможностей оборудования;

- вероятность замены существующего технологического оборудования на более совершенное и, следовательно, дорогостоящее;

- вероятность замены (если это технически и экономически возможно) существующей системы измерения и контроля, так как на выходные характеристики агрегата влияют не только характеристики комплектующих деталей.

2. Введение селективной сборки основных узлов агрегата. Это позволяет в значительной степени уменьшить разбросы характеристик агрегата за счет искусственного "уменьшения" полей допусков основных (в смысле влияния) комплектующих деталей.

3. Целенаправленный подбор ограниченного числа комплектующих агрегат деталей по их характеристикам с целью компенсации случайных разбросов характеристик остальных комплектующих деталей.

Третий путь используется тогда, когда применения двух перечисленных способов стабилизации выходных характеристик агрегатов недостаточно. Он основан на сопоставлении информации о значениях характеристик деталей, предназначенных для сборки агрегатов, с информацией о выходных характеристиках этих же агрегатов.

При применении этого метода целенаправленно выбирают ограниченное число деталей агрегата по их характеристикам. Эти мероприятия и являются управляющими в процессе формирования выходных характеристик агрегатов, то есть управляют качеством продукции.

Необходимо отметить, что зависимость выходных характеристик агрегата от характеристик комплектующих деталей в общем случае носит статистический характер и, следовательно, процесс управляемой комплектации может привести к повышению качества не отдельного экземпляра агрегата, а в среднем группы серийно изготавливаемых агрегатов.

В качестве математической модели управляемой комплектации может быть использована модель общей динамической системы с поведением [4], отражающая последовательное изменение ее состояния. Эта модель может быть формализована, как и в других случаях, с помощью следующих подходов.

1. Представление процесса управления в виде модели "черный ящик". В этом случае математической основой модели может служить представление объекта управления в виде непрерывного или дискретного процесса управления и соответственно в виде системы непрерывных или дискретных алгебраических или дифференциальных уравнений.

Математической основой создания управляющего алгоритма, реализуемого на ЭВМ, является теория оптимального управления [6].

2. Представление процесса управления с помощью математической модели "конечный автомат" и "таблицы и сети переходов" [7].

3. Представление процесса управления с помощью сетей Петри [7].

4. Представление процесса управления с помощью моделей искусственного интеллекта [8]

Так как систему управления качеством продукции можно рассматривать с позиции того, что наблюдается на входе системы (детали, поступающие на сборку) и что на выходе системы (характеристики собранного агрегата), предлагается рассматривать систему управления сборкой агрегатов и узлов РКТ в виде модели "черный ящик".

В этом случае организация системы управления качеством изготовления агрегатов реализуется, только если возможно управление факторами, воздействующими на так называемые параметры качества, то есть на выходные характеристики агрегата.

Рассмотрим схему алгоритма имитационного моделирования процессов в системе управления качеством изготовления агрегатов РКТ.

Математические методы планирования машинных экспериментов основываются на кибернетическом представлении процесса управления сборкой агрегатов и узлов РКТ абстрактной схемой типа "черный ящик" (рисунок 1), где $X = \{X_{(1)}, X_{(11)}, X_{(12)}\}$ - множество векторов входных переменных, называемых факторами, $X_{(2)}$ - множество зависимых выходных переменных, называемых реакциями.

В рассматриваемой задаче множество факторов X упорядочены в три группы:

$\{X_{(1)}\}$ - контролируемые управляемые факторы, влияющие на качество агрегата;

$\{X_{(11)}\}$ - контролируемые неуправляемые факторы, влияющие на параметры качества агрегата;

$\{X_{(12)}\}$ - неконтролируемые неуправляемые факторы, влияющие случайным образом (возмущения).

В качестве множества выделены параметры качества, контролируемые после сборки агрегата РКТ (рисунок 1).

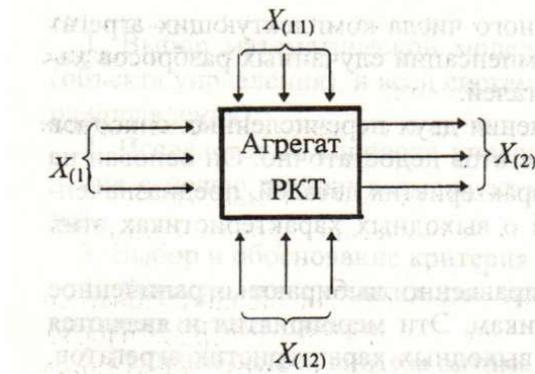


Рисунок 1 - Агрегат РКТ как "черный ящик"

Концептуализация системы управления показана на рисунке 2. При этом под системой управления качеством изготовления агрегата понимается множество взаимосвязанных объектов, рассматриваемых как одно целое при выполнении следующих условий:

1. Выбран критерий качества функционирования системы. В рассматриваемом случае это сведение к минимуму в целом для группы экземпляров отклонений выходных характеристик агрегата и отклонений величин сигналов управления U^* от номинальных значений, необходимых для стабилизации технологического процесса сборки агрегата. При этом возможно использование других критериев качества, например экономических.

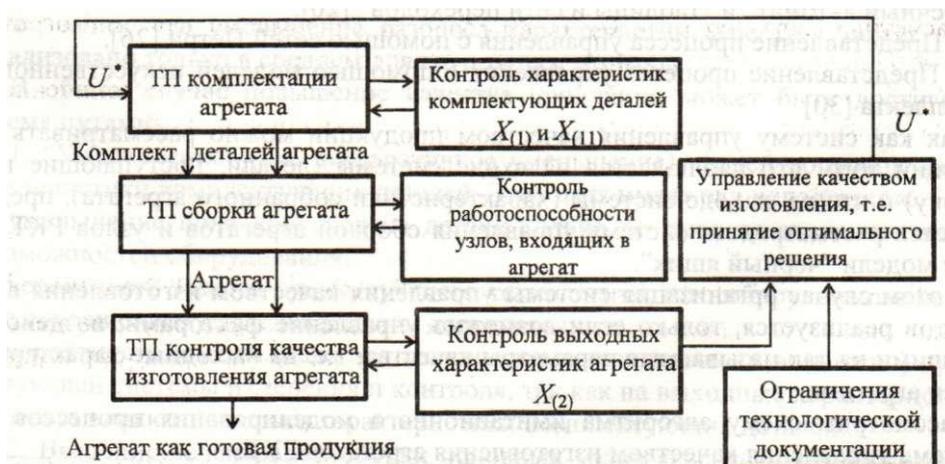


Рисунок 2 - Структурная схема системы управления качеством изготовления агрегата

2. Сформулирована цель, стоящая перед системой – нахождение выходных характеристик $X_{(2)}$ в пределах допуска.

3. Возможна декомпозиция системы на следующие подсистемы:

- подсистему обеспечения качества (то есть технологические процессы комплектации, сборки и контроля качества сборки агрегата);

- подсистему контроля качества (например, стендовое оборудование контроля характеристик комплектующих деталей, проливочный стенд контроля работоспособности агрегата, статический и динамический стенды контроля выходных характеристик);

- подсистему управления качеством (см. блок "Управление" на рисунке 2).

4. Возможность существования некой другой "системы" - внешнего дополнения, - например, по управлению качеством сборки двигательной установки (в которую входит рассматриваемая система) с контролем качества при огневых стендовых испытаниях.

Необходимо отметить, что "система" является в общем случае статистической системой управления качеством, так как прежде всего накапливает статистические данные по "входу" и "выходу" процесса управления качеством для многих экземпляров агрегата, и может не иметь строгой функциональной связи между входами $X_{(1)}$, $X_{(11)}$, $X_{(12)}$ и выходом $X_{(2)}$.

Задачей управляемой комплектации является реализация заданного критерия качества, то есть сведение к минимуму отклонений выходных характеристик агрегата от номинальных значений при учете отклонений характеристик комплектующих деталей от своих номинальных значений. Поэтому критерием качества (оптимальности) является минимизация отклонений следующих характеристик от своих номинальных значений:

- расчетных характеристик U_i^* (так называемых команд управления) ограниченного числа комплектующих деталей, причем $U_i \in U$;

- реальных характеристик X_i , выбранного для комплектации ограниченного числа деталей (так называемых деталей управления), причем $X_i \in X_{(1)}$; выходных характеристик агрегата X_j , причем $X_j \in X_{(2)}$.

Модель в общем случае имеет вид:

$$S = \{X_i, X_j, R_{ii}, R_{jj}, D_x, M_i, L_j, E\}, \quad (1)$$

где: X_i, X_j - компоненты (переменные состояния),

R_{ii}, R_{jj} - параметры,

D_x - функциональные зависимости (дифференциальные уравнения состояний),

M_i, L_j - ограничения,

E - целевые функции (например, критерий ошибки $E = J^* - \min J$).

U^*

Конкретизируем связи между компонентами модели (1) в рамках системы регулирования качества агрегата.

Система регулирования - это группа или совокупность объектов (компонентов системы), объединенных некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной целевой функции.

Параметры - величины, которые оператор, работающий на модели, может выбирать по заранее заданному алгоритму.

Переменные состояния - величины, принимающие значения, определяемые только конструкцией данного агрегата. Различают:

независимые (экзогенные), т.е. порождаемые вне системы управления, например $X_{(11)}$ и $X_{(12)}$; зависимые (эндогенные), например, и $X_{(2)}$, которые возникают в системе управления в результате воздействия внутренних причин и могут быть оценены с помощью коэффициентов чувствительности.

Ограничения - пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия распределения и расходования тех или иных средств (энергии управления, запасов, допусков и т. д.).

Целевая функция (функция критерия) - отображение целей и задач системы, а также необходимых правил оценки их выполнения.

Библиографический список

1. Алиев Р.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. М.: Энергоатомиздат, 1991. 239 с.
2. Альбрехт А.В., Баталин Н.Н. Разработка автоматизированной системы управления качеством изготовления агрегатов и узлов РКТ: Учеб. пособ. М.: МАТИ, 1997 114с.
3. Альбрехт А.В., Баталин Н.Н. Решение задачи оптимизации в имитационном моделировании технологического процесса изготовления агрегатов и узлов РКТ// Информационные технологии в проектировании и производстве. ВИМИ. 1997. Вып. 4. С. 39-46.
4. Альбрехт А.В. Петров А.В. Стратегия системного подхода к построению имитационных моделей в технологической подготовке испытаний. ВИМИ. 1997. Вып. 4. С. 33-39.
5. Фельдбаум А.А. основы теории оптимальных автоматических систем. 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1966. 623 с.

6. Евсеев О.В., Кравченко В.А. Применение ЭВМ в управлении технологическими процессами: Автоматизация и интеллектуализация производств. М.: АО Росвузнаука, 1992. 246 с.

7. Искусственный интеллект: Применение в интегрированных производственных системах / под ред. Э. Кьюсака; Пер. с англ. А.П. Фомина под ред. А.И. Дащенко, Е.В. Левнера. М.: Машиностроение, 1991. 544 с.

8. Недайвода А.К. Технологические основы обеспечения качества ракетно-космической техники. – М.: Машиностроение, 1998. – 240 с.: ил.

Сведения об авторах

Недайвода Анатолий Константинович, профессор Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, д.т.н.,
e-mail:rassiec@mail.ru

Михайлов Петр Григорьевич, профессор Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, д.т.н., e-mail:info@itbu.ru