

Особенности управления судостроительным производством // Современные наукоемкие технологии.– М.: РАЕ, 2005. - № 6. – С. 57-59. 6. Липис А.В., Рыжов В.А., Сизов В.А. Система планово-учетных единиц судостроительного предприятия и управление производством. – Судостроение, 2002. - № 4. – С.41-43. 7. Арью А.Р. Комплексная подготовка производства в судостроении. – Л.: Судостроение, 1988. – 336с.

Сдано в редакцию 31.01.07

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ

Смолий В.Н. (СТИ ВНУ им. В.Даля, г.Северодонецк, Украина)

Parameters and properties of electronic vehicle are selected determining its stability to external influences. Principles of technological process control of production are formulated with the purpose of providing of maximal reliability vibration and shock stability. The structure of the automated control system by production of EV is offered. Application of rules of products is illustrated for organization of the system of support of decision-making at production of electronic vehicles.

Исследования, проводимые в направлении анализа влияния механических воздействий на электронные аппараты (ЭА) и их составляющие, показали существенную зависимость выходного электрического сигнала от вибрационных и ударных воздействий [1], поэтому тематика проводимых работ является актуальной.

Целью исследований является решение актуальной научно-технической проблемы создания автоматизированного управления сложноорганизованным технологическим процессом производства электронных аппаратов, которое позволяет повысить качество и надежность ЭА при оптимизации технико-экономических показателей всего процесса производства в целом. Рассматривая задачу управления процессом производства электронных аппаратов, следует выделить в ее рассмотрении следующие аспекты: необходимость включения в технологический процесс предлагаемой «надстройки» для моделирования свойств и параметров ЭА [2], составление по результатам моделирования некоторых заключений о приемлемости компоновки и параметров изделия и в противном случае необходимость генерации сценариев выхода из нежелательных ситуаций, организация управления процессом производства с учетом выдаваемых рекомендаций [3].

На рис. 1, а представлен естественный ход течения технологического процесса производства ЭА, а рис. 1, б иллюстрирует его модификацию, включающую дополнительный цикл: моделирования параметров и свойств ТЭЗ ЭА, оценки эффективности компоновки по соответствующему критерию компоновки ТЭЗ ЭА и получения отсутствующих параметров путем экспериментальных исследований. Для блока ЭА также введен дополнительный цикл, включающий моделирование параметров и свойств блока ЭА, оценку эффективности компоновки по критерию компоновки блока ЭА и взаимосвязанный с экспериментальной установкой (рис. 1, б поз 4/3). Экспериментальные исследования для ТЭЗ и блока ЭА выполняются на одной экспериментальной установке, но с использованием различных типов оснасток, отдельно для ТЭЗ и блока ЭА. Также для модифицированного технологического процесса выделены следующие блоки управления: блок автоматизированного управления компоновкой ТЭЗ, блок автоматизированного управления компоновкой ЭА, блок автоматизированного управления технологическим процессом производства

ЭА. Последний представляет из себя комплект системы поддержки принятия решения и непосредственно лица, принимающего решения. Каждый из блоков автоматизированного управления включает алгоритмы оценки принятых решений, возможные схемы и механизмы устранения нежелательных свойств, параметров и характеристик изготавливаемого изделия.

Для рис. 1: 1 - выбор конструктива ПП, 2 - определение геометрии и параметров, 3 - задание типа и варианта исполнения навесных элементов, 4 - процесс компоновки ТЭЗ, 4/1 – среда моделирования параметров и свойств ТЭЗ ЭА, 4/2 – критерий компоновки ТЭЗ ЭА, 4/3 – блок экспериментальных исследований (экспериментальная установка с соответствующей оснасткой), 4/4 - блок автоматизированного управления компоновкой ТЭЗ, 5 - выбор СВИ блока, 6 - подбор составляющих блока, 7 - компоновка блока ЭА, 7/1 – среда моделирования параметров и свойств блока ЭА, 7/2 – критерий компоновки блока ЭА, 7/3 - блок автоматизированного управления компоновкой ЭА, 8 - технологическая подготовка производства, 9 - производство, 10 - испытания, 11 - отбраковка, 11/1 – критерий качества технологического процесса, 11/2 – блок автоматизированного управления производством ЭА, 12 - запуск серийного производства.

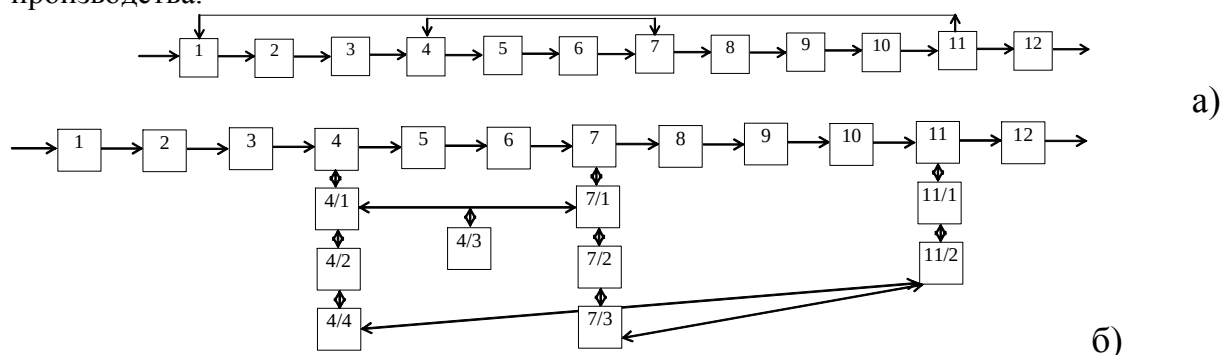


Рис. 1. Существующий и модифицированный процессы производства ЭА

Следует отметить, что на рис. 1, а имеется два цикла каждый из которых иллюстрирует итерационность процесса производства ЭА, причем цикл 4 – 7 иллюстрирует взаимосвязь и взаимное влияние элементов конструктивной иерархии ЭА, а цикл 1 – 11 показывает повторяемость, обусловленную необходимостью изделия выдерживать в ходе эксплуатации ряд возмущающих воздействий, в том числе, вибрационных, ударных и др. Этот факт проверяется проведением испытаний (поз. 10 на рис. 1) опытного образца изделия и по результатам испытаний осуществляется отбраковка изделия и возврат на доработку его структуры, параметров и свойств (поз. 11 на рис. 1). Цикл 4- 7 выполняется всегда, невозможно исключить его наличие, но возможно уменьшить время, затрачиваемое на его выполнение, путем интеграции процесса компоновки ТЭЗ и блока ЭА в единый редактор компоновки. Эта структурная модификация процесса производства проиллюстрирована на рис. 1,б. Здесь предложено объединение и обеспечение функции взаимного влияния сред моделирования ТЭЗ и блока ЭА. Итерация 1 – 11 для случая типового технологического процесса несет в себе элемент удорожания, так как затраченные производственные ресурсы не будут реализованы в виде вновь выпущенного изделия, также имеет место уменьшение времени протекания процесса производства т.е. времени проходящего между получением технического задания и выпуском изделия с заданными параметрами и свойствами. В модифицированном технологическом процессе предлагается устранить цикл 1 – 11 за счет введения дополнительных блоков моделирования параметров и

свойств изготавливаемого изделия на стадии его компоновки, а также включения в ТП автоматизированной системы управления, улучшающей характеристики производимого изделия и повышающей его качество. Процесс обеспечения надежности выпускаемого изделия, как для типового, так и для модифицированного технологических процессов, носит итерационный характер и включает в себя механизмы предсказания, выявления и устранения возможных поломок, отказов и сбоев ЭА вследствие вибрационных, ударных и др. механических воздействий. На факт обеспечения заданных параметров производимого изделия воздействует субъективный фактор, однако для случая типового ТП – недостатки воздействия субъективного фактора превращаются в экономические потери при выполнении цикла 1 – 11, а для модифицированного технологического процесса – воздействие субъективного фактора осуществляется при осуществлении предварительной компоновки изделия (поз. 4/1 и 7/1), затем производится оценка эффективности принятых решений по критерию компоновки, а затем осуществляется управление по алгоритмам формализованных знаний экспертов. Такой вариант организации управления позволяет распространить формализованные знания экспертов на выпускаемое изделие, даже без наличия самих экспертов в кадровом составе предприятия и выпустить надежное изделие, соответствующее параметрам технического задания без наличия у предприятия материальной базы для проведения экспериментальных исследований (как то: стенды для исследований влияния ударных, вибрационных и др. воздействий на функционирование ЭА, стенды анализа усталости материалов элементов конструкции вследствие механических воздействий и др.).

В табл. 1 сведены параметры и свойства исследуемых объектов для случая модифицированного технологического процесса.

Таблица 1. Параметры и свойства анализируемых объектов

Объект	Свойство	Параметр
Технологический процесс производства	Отказ, поломка, сбой, надежность, соответствие параметрам, скорость, экономичность, эффективность, отсутствие итераций	Критерий компоновки ТЭЗ Критерий компоновки блока ЭА
Управление	Оптимальность, материальные затраты, скорость	Критерий качества технологического процесса
Типовой элемент замены (ТЭЗ)	Надежность, виброустойчивость, превышение допустимой амплитуды колебаний интегральной микросхемой, наличие явления ультрагармонического резонанса у электрорадиоэлементов (ЭРЭ) превышение допустимой амплитуды колебаний электрорадиоэлементов, превышение допустимой амплитуды колебаний печатной платой (ПП)	АЧХ и формы колебаний ЭРЭ, ПП и ТЭЗ, наличие и параметры эффекта резонансного взаимодействия ЭРЭ с ПП, АЧХ и формы колебаний ТЭЗ для различных вариантов закрепления ПП в ТЭЗ, коэффициенты: активной площади элемента, соответствия физических и установочных параметров друг другу, автономности активного параметра, использования площади платы, конструктивного совершенства изделия

Продолжение табл. 1.

Объект	Свойство	Параметр
Электронный аппарат	Надежность, виброустойчивость, уникальность схемы системы виброизоляции, распространенность типов виброизоляторов, превышение допустимой амплитуды колебаний составляющих блока ЭА, попадание собственных частот блока в рабочий диапазон частот ЭА.	Собственные частоты блока ЭА, параметры и АЧХ для различных видов систем виброизоляции блока, ФЧХ для различных систем виброизоляции, степень распространенности применяемой СВИ, необходимость применения виброизоляторов с уникальными характеристиками, коэффициенты: заполнения объема блока деталями, активного объема и веса блока, соответствия физических и установочных параметров друг другу, автономности активного параметра, заполнения блока, конструктивного совершенства изделия

Анализ структуры модифицированного технологического процесса (рис. 1, б) показал возможность лишь автоматизированного управления рассматриваемым процессом производства. Здесь рассматривается последовательность: проектирование - производство - изготовление – испытание, поэтому функции управления реализуются как инструкции, указания, рекомендации, причем некоторые из них универсальны, а некоторые основаны на решении рассматриваемой проблемы повышения надежности электронных аппаратов путем моделирования их свойств с применением полных моделей внутреннего трения, условий эксплуатации и вариантов конструктивного исполнения. По результатам моделирования уточняются параметры и компоновка изделия и выдаются управляющие воздействия различного рода. Управляющие воздействия направлены, как на изменение параметров и компоновки выпускаемого изделия, так и вообще на включение рассматриваемых блоков моделирования и анализа и учета в процессе выдаваемых рекомендаций.

Решение задачи управления сводится либо к выдаче списка выявленных «огрех» в параметрах и компоновке изделия, либо к генерации набора рекомендаций по улучшению параметров изделия, либо к представлению программ производства готового изделия с обеспеченными параметрами технического задания.

Для рассматриваемого технологического процесса необходима оценка допустимости внесения изменений анализ допустимой стоимости изготовления изделия, соотношения повышения качества с уменьшением скорости, а значит и производительности процесса производства, оценки удорожания конструкции за счет применения нетиповых (нестандартных, уникальных) деталей или вариантов конструктивного решения.

На основании анализа вышеизложенного возможно сформулировать принципы управления:

1. Ориентация на «нулевой» технологический процесс, когда рассматривается некоторый идеальный процесс производства изделия, в котором не анализируются: надежность изделия, виброустойчивость, устойчивость к механическим и ударным

воздействиям, совместимость элементов конструкции, наличие эффектов резонансного взаимодействия и др. Анализируется назначение изделия или объект эксплуатации и в соответствии со степенями важности параметров стоимости, надежности, скорости, нетипичности применяемых деталей, оценивается необходимость и механизм коррекции процесса производства, путем применения вероятностного критерия.

2. Преемственность, перетекание и последовательное вычисление в преобразовании информационного описания объекта управления: сначала описывается конструкция путем задания параметров и компоновки, моделируются параметры взаимодействия и надежности в условиях эксплуатации, затем формируются критерии компоновки для системного анализа, потом определяется что изменять и посредством чего, далее вносятся коррективы, как и в какой последовательности выполнять определенные действия, после чего оценивается эффективность по критерию качества.

3. Рекомендательный характер выдаваемых рекомендаций, причем возможно воздействие, как на параметры и компоновку объекта, так и на изменение параметров технологического процесса производства. Лицу, принимающему решение, необходимо выбрать какую из рекомендуемых СППР стратегий достижения требуемых параметров и свойств изделия выбрать, либо вообще отвергнуть и в процессе компоновки опираться лишь на свои знания и опыт.

4. Директивность процесса управления. Не проверенный проект не допускается на стадию подготовки производства, на производство и на испытания. Даже механизм предполагает, что надо сделать то-то, потом посчитать, промоделировать, оценить, если – то, оценить, вернуться или продолжить, выполнить, произвести и т.д.

5. Формирование единой базы данных по выпущенным изделиям, когда осуществляется сохранение проектов и информации по вносимым изменениям, обслуживание по сети и возможность рассмотрения вновь поступившего проекта не с нуля, а сравнение с существующим и при совпадении сразу начинать (заканчивать) рассмотрение или улучшение с имеющейся стадии или переходить на следующий этап.

С учетом особенностей рассмотренного технологического процесса производства ЭА и сформулированных принципов управления, возможно изобразить структуру автоматизированного управления в виде, приведенном на рис. 2.

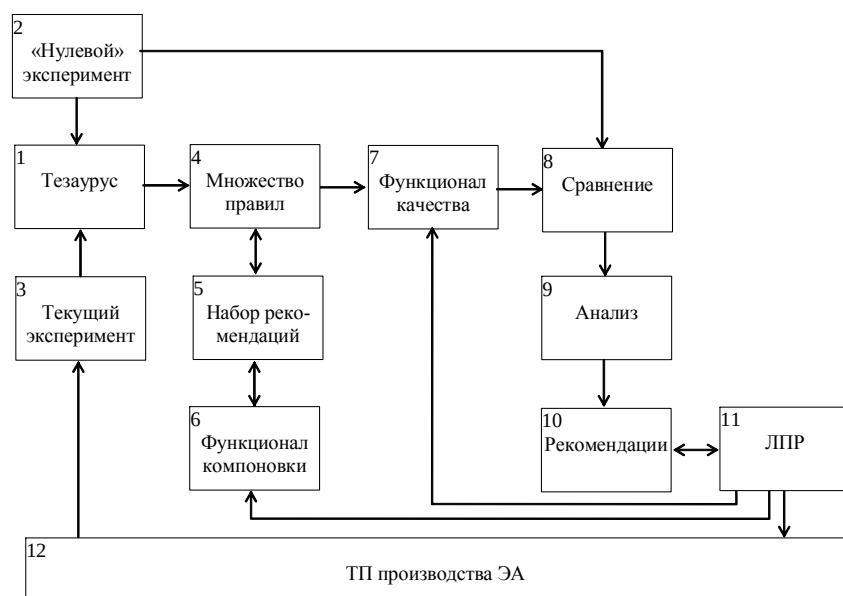


Рис. 2. Структура системы автоматизированного управления производством ЭА

На рис. 2: блок 1 – содержит алфавит базы знаний; блок 2 и блок 3 – текущая и базовая ситуации анализа надежности и виброустойчивости ЭА, блок 4 – множество схем преобразования возможных ситуаций сочетания параметров, свойств и компоновки в сценарии усовершенствования конструкции изделия; блок 5 – непосредственно рекомендации по изменению параметров и компоновки ЭА; блок 6 – элемент количественной оценки качества компоновки ЭА; блок 7 – элемент количественной оценки свойств надежности ЭА, стоимости и скорости технологического процесса и т.п. параметров качества ТП; блок 8 – реализует сравнение показателей качества текущего проекта с некоторым «идеальным», блок 9 – осуществляет анализ результатов сравнения, блок 10 – генератор рекомендаций по усовершенствованию процесса производства, блок 11 – ЛПП, которое опирается на результаты моделирования и расчетов и выдает окончательные сценарии, блок 12 – непосредственно технологический процесс производства ЭА.

Для рис. 2 блок 11 берет на себя руководящую функцию, как для процессов компоновки ЭА и оценки качества ТП по комплексному критерию качества, так и для принятия решения о необходимости менять какие-либо компоновочные характеристики изделия, или вообще анализировать параметры для изделия определенного назначения. Функционирование последовательности блоков 4 – 6 отображает усовершенствование компоновки ЭА, причем по множеству правил отслеживают все ситуации, вызывающие сбои и отказы ЭА, а по ним генерируются возможные сценарии улучшения компоновочных свойств, причем из набора рекомендаций подобного рода по критерию компоновки отбираются наиболее воздействующие факторы и определяется последовательность их применения, а далее функции блока 11 сводятся или к одобрению подобного рода модификаций, или к игнорированию их. Для цикла, состоящего из блоков 7 – 10, происходит системный анализ учета влияния каждого из составляющих качественных характеристик на параметры процесса производства, причем анализируется для каких объектов необходимо анализировать изделие по предлагаемой схеме, а для каких вообще недопустимо. Полученные параметры технологического процесса сравниваются с параметрами идеального технологического процесса (блок 2), и далее происходит вычисление критерия качества технологического процесса. Полученный показатель сравнивается с допустимым и выдается рекомендация о разрешении выпуска изделия. Полученные результаты возвращаются на технологический процесс (блок 12, рис. 2).

Анализируя возможные способы представления информации для построения системы поддержки принятия решения, получаем, что именно правила продукций позволят выполнить сравнение полученной величины исследуемого признака с его допустимым значением и по результатам сравнения организовать некоторый формализованный сценарий действий по устранению нежелательных эффектов, параметров и свойств электронного аппарата. В табл. 2 приведена структура переменных для базы знаний системы поддержки принятия решения ЛПП.

Таблица 2. Структура переменных для базы знаний

Обозначение переменной	Семантическое значение	Принимаемые значения	Лингвистические обозначения
x_1	Поломка ЭРЭ	[0,1]	ПЕ – отметка о поломке ЭРЭ в БД, ПН – отсутствие поломок
...	...	...	...

Продолжение табл. 2.

Обозначение переменной	Семантическое значение	Принимаемые значения	Лингвистические обозначения
$\bar{w}$	Амплитуда колебаний печатной платы (в исследуемой точке)	$[-15...+15]$, мм	
x_3	Смена материала печатной платы	Дискретные значения	БКМП – применить материал с большим КМП
x_4	Смена формы печатной платы	Дискретные значения	ПК – применить более «квадратную» ПП
x_5	Смена условий закрепления печатной платы	Дискретные значения	Два края шарнирно оперты: 31 – два других шарнирно оперты и др.
...	...	...	...

В табл. 3 приведены возможные исходы появления событий.

Таблица 3. Возможные исходы

Обозначение исхода	Семантическое значение	Значения	Лингвистические обозначения
y_1	Производимый аппарат соответствует требованиям технического задания, надежности и требованиям механической устойчивости	$[0,1]$	Выполнить постпроцессирование управляющих воздействий для технологического оборудования
y_2	Производимый аппарат не соответствует требованиям технического задания, надежности и требованиям механической устойчивости	$[0,1]$	Корректировка компоновки и параметров ЭА

С учетом содержимого табл. 2, соответствие вероятностных входов исходам имеет следующий вид:

$$y_1 = ПН \wedge y_3 \wedge y_4 \wedge y_5 \wedge y_6, \quad (1)$$

$$y_2 = ПЕ \vee \bar{y}_3 \vee \bar{y}_4 \vee \bar{y}_5 \vee \bar{y}_6, \quad (2)$$

где правые элементы представляют из себя правила продукций логического вида, например

$$\begin{cases} y_4 = 1, & \text{при } \bar{w} \leq |W| \\ y_4 = 0, & \text{при } \bar{w} > |W| \end{cases}, \quad (3)$$

означающие, что **Если** амплитуда колебаний ПП ЭА превышает допустимые значения прогибов, **то** изделие не будет соответствовать предъявляемым требованиям; или **Если** амплитуда колебаний ПП ЭА меньше допустимой величины прогиба, **то** изделие соответствует предъявляемым требованиям.

В случае появления $\bar{y}_4$, в качестве управляющих воздействий по компоновке ТЭЗ, необходимо выполнить следующее **Если** $\bar{y}_4$ **то** (x_4 , x_5 , БКМП) или в логическом виде

$$y_4 = x_4 \vee x_5 \vee \text{БКМП}. \quad (4)$$

Анализ функций (1) и (2) показывает, что работа по анализу заканчивается только в том случае, когда будут исключены все критические места изделия ($\bar{y}_3$, $\bar{y}_4$, $\bar{y}_5$, $\bar{y}_6$), отражающие несоответствие требованиям технического задания, надежности и механической устойчивости на изготавливаемый ЭА.

Рассматривая решение задачи автоматизированного управления, следует придерживаться следующего порядка выполнения операций. Вначале необходимо сформировать базу знаний, обозначить все возможные варианты и определить возможные деревья решений, выбрав из них возможные. Пройдя, по дереву решений необходимо во-первых выбрать не тупиковый маршрут, а во вторых реализовать сравнение со случаем «нулевого» эксперимента, чтобы не получить ситуации необоснованности и неэффективности внесения модификаций в существующий процесс производства.

На основании выделенных параметров и свойств электронного аппарата, определяющих его устойчивость к внешним воздействиям, были сформулированы принципы управления технологическим процессом производства и предложена структура системы автоматизированного управления производством ЭА, базирующаяся на применении правил продукций, что позволяет достичь максимальной надежности, вибрационной и ударной устойчивости изготавливаемого изделия.

Список литературы: 1. Смолий В.М. Автоматизація процесів виробництва блоків електронних апаратів: Монографія. – Луганськ: Вид-во СЛУ ім. В.Даля, 2006. – 124 с.: табл. 11, іл. 56, бібліогр. 88 найм. 2. Ульшин В.А., Смолий В.Н. Задачи системного моделирования процесса производства электронных аппаратов// Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, РВА ДонНТУ, 2005.- Вип. 29. – С.206-212. 3. Смолий В.Н. Организация управления процессом производства блоков электронных аппаратов// Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. - 2006. – №2(13). - С. 93-97.

Сдано в редакцію 11.01.07