

TECHNICAL SCIENCES

Larin V.P.

METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF DESIGN TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Larin V.P., Russia, Saint-Petersburg State University of
Aerospace Instrumentation, Doctor of technical sciences,
Professor

Abstract

In article theoretical principles and methods of design technological systems of instrument-making production. The Foundation of modern approach is based on the system methodology of technological design based on a systems basis of designing of complex technical systems. Reviewed by signs, structure, functional principle of construction, efficiency, performance, performance indicators, functional approach to consideration of alternatives.

Keywords: technological system, system process design, function, technology, efficiency, quality system functioning.

Введение. В последние годы наблюдается тенденция к возобновлению научных работ в области проектирования производственных и технологических систем, практически полностью свернутых в 90-е годы. Известен сложившийся подход к созданию и развитию производства, заключающийся в том, что «зачем разрабатывать, если можно купить». Результатом такого подхода явилось почти 100% оснащение современных предприятий приборостроения и производства электронной техники импортным оборудованием и жесткой зависимостью от зарубежных поставок материалов, комплектующих, запасных частей и т.п. Общеизвестен факт вероятного появления на наших предприятиях китайского оборудования, технологических комплексов и линий,

разработки которых в Китае не были свернуты, и по многим видам уже сейчас конкурентоспособны.

Цель данной публикации заключается в формировании современных методологических основ проектирования технологических систем (ТС), учитывая значительные изменения в требованиях к объектам проектирования их функциональности, интеграции и информационной поддержке, по сравнению с созданной в 80-х годах отечественной теоретической и нормативно-методической базой [1].

Разберемся сначала с современным содержанием понятия «технологическая система». С позиций системного подхода производственный процесс - это сложная динамическая система, в которой интегрированы в единый комплекс оборудование, средства контроля и управления, вспомогательные и транспортные устройства, средства или среды, воздействующие на объект производства, находящиеся в постоянном движении и изменении и, наконец, люди, осуществляющие процесс и управляющие им. В связи с этим необходимо скорректировать определение ТС, приведенное в ГОСТ 27.004 - Надежность в технике. Системы технологические. Предлагается такая формулировка:

ТС – это определённая во времени и пространстве совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, исполнителей, средств обеспечения функционирования (в том числе средств автоматизации), средств обеспечения качества функционирования, обладающих целостной структурой, системными свойствами и предназначенная для целенаправленного преобразования предметов производства.

По своей функциональной значимости и месту в производственной системе ТС подразделяются на четыре иерархических уровня: ТС операций; ТС процессов; ТС производственных подразделений (участков, цехов); ТС предприятий.

Динамика системы и эффективное управление обеспечивается соответствующей информационной поддержкой функционирования и информационного обеспечения всех функциональных задач, включая поиск решений в условиях воздействия различных возмущений.

Технологические системы обладают свойствами, которые определяются свойствами составляющих их элементов, связями между ними, структурой, архитектурой, целями подсистем. Для современных ТС свойственны большая

сложность, многофункциональность и разнообразие элементов, учитывая преобладающий многономенклатурный характер большинства производств.

ТС как сложная система характеризуется следующими системными признаками:

- возможностью разбиения системы на множество подсистем, цели функционирования которых подчинены общей цели функционирования всей системы;
- наличием разветвленной информационной сети сложных информационных связей между элементами и подсистемами;
- наличием взаимодействия системы с внешней средой; функционированием в условиях воздействия случайных факторов;
- наличием иерархической структуры.

ТС как любой технический объект проходит все стадии жизненного цикла. ТС разрабатывается на стадии проектирования, реализуется на стадии создания (изготавливается, монтируется, осваивается), эксплуатируется при выполнении функциональных задач и утилизируется при исчерпании ресурса или при отсутствии необходимости использования.

Проектирование ТС представляет собой последовательность выполнения взаимообусловленных действий – процедур. Цель проектирования ТС – найти такой состав и сочетание структурных элементов и связей, при которых достигается максимум эффективности применения системы.

Часть процесса проектирования составляет системное технологическое проектирование, которое основывается на комплексном рассмотрении объекта проектирования, процесса, подлежащего выполнению этим объектом и среды, в которой планируется функционирование системы. Структура и элементы системного технологического проектирования представлены на рисунке.



Эффективность применения ТС определяется показателями качества ее функционирования. Обобщенными показателями качества функционирования ТС (и основными принципами проектирования) являются:

- эффективность (способность к выполнению поставленной перед ней целью);
- надежность (способность к функционированию при отказе отдельных ее элементов);
 1. - гибкость (способность к быстрой переналадке при переходе на другой объект производства или при изменении внешних и внутренних параметров в системе);
 2. - устойчивость (способность сохранять требуемые свойства в условиях воздействия внешних и внутренних возмущений).

Как видим, все показатели качества функционирования ТС взаимосвязаны и взаимозависимы, но основная зависимость прослеживается от надежности. События, происходящие непосредственно в ТС, а также воздействующие на ТС по внешним и внутрисистемным связям, могут вызывать кратковременные или продолжительные нарушения ее работоспособного состояния. Нарушения не обязательно связаны с отказами технических устройств ТС. Изменения в конструкторской, технологической документации являются тоже возмущениями, приводящими к определенным изменениям в ТС (условий производства, режимов работы) вплоть до структурных изменений.

С помощью принципа эффективности ТС можно сформулировать основной метод проектирования систем, основанный на функциональности: каждой функции из составленного перечня функций проектируемой ТС, ставятся в соответствие возможные варианты функционального элемента,

определяются связи между функциональными элементами и на заданном множестве вариантов выбирается структура системы, отвечающая требованиям максимума математического ожидания эффективности. Цель реализуется на основе составления множества функций, подлежащих реализации при проектировании и каждой функции необходимо поставить в соответствие эффективный вариант ее реализации.

Эффективность функционирования ТС можно оценить на основе функциональной зависимости от качества изделий и качества функционирования ТС:

$$\Theta = \min(\max) \varphi[K_{II}^n(t), K_{\phi.C}(t), R(t)], \text{ где } K_{II}^n(t)$$

- показатель качества (заданный) партии из n изделий за время t , $K_{\phi.C}(t)$ - показатель эффективности функционирования (требуемый) ТС за этот же период, $R(t)$ - расходы, затраты, потери.

При оценке эффективности проектируемой ТС можно использовать метод аналогии, метод экспертных оценок, метод математического моделирования.

Зависимость эффективности ТС от показателей надежности рассматривается относительно надежности оборудования ТС и надежности реализуемого технологического процесса (ТП): $H_{ТС} = H_{ОБ} \cdot H_{ТП}$. Анализ и оценка надежности оборудования проводится по классическим методам исследования надежности машин, приборов и систем и под надежностью понимают свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Для восстанавливаемых (ремонтируемых) изделий, к которым относится любое производственное оборудование, основными показателями надежности являются: вероятность безотказной работы; средняя наработка (до отказа, между отказами); коэффициент готовности; среднее время восстановления.

Для сложных приборных комплексов, систем управления, выпускаемых мелкими сериями или единично, показатели надежности ТП тесно связаны с основной характеристикой изделия, с его надежностью в процессе эксплуатации. Надежность ТП оказывает в данном случае хотя и косвенное, но решающее влияние на надежное функционирование изделий и определяется для завершающего

этапа производства, как $H_{ТП} = H_{В.К} \cdot H_{С-М} \cdot H_{П.К}$, где $H_{В.К}$ - надежность входного контроля; $H_{С-М}$ - надежность сборочно-монтажного процесса; $H_{П.К}$ - надежность приемочного контроля. Рассчитав вероятности появления брака на всех этапах обобщенного ТП, можно оценить $H_{ТП}$.

Зависимость эффективности ТС от показателя гибкости оценивается коэффициентом гибкости η_G , определяющим качественную сторону потенциально заложенной в проект гибкости и являющимся функцией от коэффициентов структурной ($\eta_{С.Г}$), технологической ($\eta_{Т.Г}$) и организационной ($\eta_{О.Г}$) гибкости: $\eta_G = f(\eta_{С.Г}, \eta_{Т.Г}, \eta_{О.Г})$. С учетом отдельных влияющих факторов (возмущений) и показателей реагирования на них, коэффициент η_G можно записать в виде: $\eta_G = f(V)$ или

$\eta_G = f(T_{П}, T_{В}, V, n, N, Q, S, T_i)$, где $T_{П}$ - временная характеристика процесса переналадок; $T_{В}$ - временная характеристика процесса восстановления работоспособности системы, за счет средств обеспечения гибкости; V - частота перестроения (изменяемости состояний) системы за фиксированный календарный срок; n - номенклатура изделий, производимых (обслуживаемых) в ТС; N - средний объем партий, запускаемых в ТС; Q - среднее число структурных элементов ТС, требующих перестроения; S - среднее количество функциональных связей (транспортных, информационных), требующих перестроения; T_i - показатель средней трудоемкости перестроения.

Зависимость эффективности ТС от устойчивости можно выразить как функцию от трех рассмотренных показателей $\Theta = \varphi(\mathcal{E}, H_{ТС}, \eta_G)$.

Задачи проектирования ТС относятся к классу многокритериальных задач выбора оптимального варианта на основе имеющихся альтернатив и их формализованный вид можно выразить тройкой объектов: $FS = \langle G, R, X \rangle$, где G - характеристики цели многокритериального выбора (задача), R - множество критериев, X - множество альтернатив.

В большинстве задач проектирования ТС существует большое количество рассматриваемых альтернатив и необходимо использование несколько критериев (порядка четырех, пяти) оценки решений. В этом случае может быть применен методический подход, рассмотренный в [2].

В системном представлении каждая альтернатива, введенная по определенному признаку, рассматривается как элемент ТС с атрибутами

$\langle x_{j1}, x_{j2}, x_{j3} \rangle$ (*способ воздействия (функция), объект воздействия, функциональный элемент (средство)*).

Заключение. Методологическую основу проектирования ТС составляет системное технологическое проектирование, базирующееся на рассмотренных принципах и методах системного анализа, объектно-ориентированного проектирования, функциональности, интеграции, позволяющих получить максимум эффективности. Предложенный материал способствует структурированию задачи проектирования ТС, определению направления и способов их решения, конкретизации содержания требуемой эффективности функционирования.

References:

- [1] Bulovskij P.I., Larin V.P., Pavlova A.V. Design and optimization of technological processes and Assembly systems, СЕА. - М.: Radio and communication, 1989. -176 s.
- [2] Larin V.P., Novikov A.E., Smirnov V.A. Creating informational support of the production control system//international research journal. -2015. -No. 11. -Part 2. -P. 52-57.