

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621.923

**БРАТАН С.М.**, д-р техн. наук, **КАИНОВ Д.А.**, канд. техн. наук,  
**СТРЕЛЯНАЯ Ю.О.**, **НОВИКОВ П.А.**, Севастополь, Україна

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И МАШИН**

Розглядаються проблеми побудови структур критеріїв якості та їх зв'язок з структурами технологічних процесів і систем для їх реалізації.

Рассматриваются проблемы выбора структур критериев качества и их связь с структурами технологических процессов и систем для их реализации.

The problems quality structure construction and their connection are consider with the structures of technological processes and systems for their realization.

Современные машины являются все более сложными техническими системами, состоящими из большого количества агрегатов, блоков, узлов и деталей, связанных и взаимодействующих друг с другом. При этом разработка, проектирование, изготовление их элементов; сборка и функционирование машин распределяется в пространстве и времени.

В отличие от структур, рассматриваемых в кибернетических системах [1], должны рассматриваться не только обмены информацией между элементами, но также массоперенос и обмен энергетическими воздействиями.

Любая из деталей и их систем предназначены для выполнения вполне определенных функций и может рассматриваться как носитель таких свойств. Характеристики всех компонент рассматриваемых объектов должны быть согласованы, так как они в совокупности определяют свойства и качества узлов, блоков и агрегатов компонентами которых являются.

Целью данной статьи является рассмотрение проблематики выбора критериев качества при производстве и эксплуатации деталей и машин.

Производство деталей является многоэтапным технологическим процессом (ТП) модификации исходных качеств заготовок в результирующие потребительские характеристики готовых изделий. Такое измене-

ние свойств и параметров заготовок осуществляется в составе технологических систем (ТС), в структуру которых входят объекты модификации (заготовки) и элементы, которые осуществляют заданное ТП изменение свойств (инструмент, оборудование и т.д.).

В свою очередь, каждая из деталей и их систем предназначены для выполнения вполне определенных функций и могут рассматриваться как их носители. Характеристики всех компонент рассматриваемых объектов должны быть согласованы, так как они определяют совокупные свойства узлов, блоков и агрегатов компонентами которых они являются.

В общем случае необходимо рассматривать полную систему взаимоотношений и иерархии процессов и систем – «надсистему», включающую всю последовательность жизненного цикла для изделия, его составляющих (и соответствующих критериев качества) – от этапов разработки до захоронения отходов при утилизации, отработавшего свой ресурс и не подлежащих восстановлению и модернизации образцов. Однако, столь глобальный и практически исчерпывающий подход, требует учета большого количества недетерминированных факторов, различия целей и условий использования разных деталей из одной и той же произведенной партии при их эксплуатации (временно или постоянно; для ремонта, модернизации и т.п.), изменений конъюнктуры и т.д. С увеличением временного интервала степень влияния причинно – следственных связей неизбежно затухает, с прикладных позиций целесообразно упрощать рассматриваемую систему отношений и выделять наиболее значимые ближайшие по времени несколько этапов (обычно – два – три) жизненного цикла. Учет более далеких последствий и предшествования затруднен нехваткой статистического материала и лавинно нарастающей неопределенностью условий этапов жизненного цикла и может приводить к неоправданному повышению детализации и сложности рассматриваемых систем.

Для описания происходящих явлений и процессов целесообразно использовать понятия, аппарат и методы теории марковских цепей и процессов конечного относительно низкого порядка [3].

На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема жизненного цикла изделия, которая включает системы: 1 – «производство заготовок», 2 – «предварительная обработка», 3 – «модификация физико-механических свойств» (например, упрочнение поверхностного слоя и т.п.), 5 – «сборка, складирование и транспортировка», 6 – «эксплуатация» и 7 – «утилизация», а также недифференцированные (на данном этапе рас-

смотрения) блоки: 4 – «финишная обработка», 8 – «информационные процессы» и 9 – «среда, окружающая систему».

Отметим, что каждый из элементов связей вида  $Y_i \rightarrow X_j$  между  $i$ -м и  $j$ -м блоками системы представляется векторами соответствующей размерности. В силу того, что не все характеристики проведения предыдущего этапа ТП доступны при проведении последующего этапа, размерность  $X_j$  не превосходит размерности вектора  $Y_i$ .

Для упрощения картины на рисунке не показаны воздействия каждой из подсистем на среду, окружающую систему; не указано и то, что все измеренные характеристики протекания технологических процессов  $\tilde{Y}_i$  могут в той или иной степени оказаться доступными на уровне «информационные процессы», для которого также доступна часть информации о воздействиях  $\tilde{Z}_i$  со стороны блока «среда, окружающая систему» на рассматриваемую подсистему.

Каждая из подсистем представляется типовым блоком и специфицируется следующими характеристиками: номер звена в составе системы  $i$ ; –  $\Phi_i$  – оператор, отражающий способ преобразования входных воздействий со стороны остальных рассматриваемых подсистем т.е.  $X_i$ ,  $Y_{i,i}$ ,  $Y_{i,j}$ ,  $U_i(\tau)$ ,  $\Omega_i(\tau)$ ,  $Z_i(\tau)$  на подсистему, в выходной вектор – процесс  $Y_i$ .

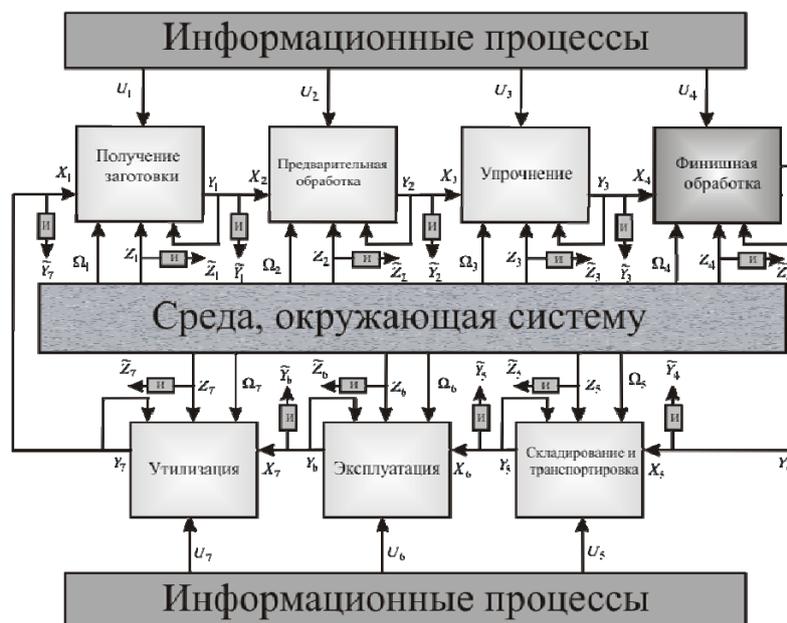


Рисунок – Обобщенная структурная схема жизненного цикла изделия

Оператор  $\Phi_i$  может не зависеть или непосредственно зависеть от времени (т.е.  $\Phi_i \equiv \Phi_i(\dots, \tau)$ ). В последнем случае он рассматривается как нестационарный.

$$Y_i = \Phi_i[X_i, Y_{i,j}, U_i(\tau), \Omega_i(\tau), Z_i(\tau), \tau] \forall i, j = 1..8. \quad (1)$$

здесь  $X_i$  – входные воздействия на звено со стороны других выделенных при рассмотрении подсистем;  $Z_i(\tau)$  и  $\Omega_i$  – измеряемые в любые моменты времени  $\tau$ , но неуправляемые в рамках данного блока, и неизмеряемые входные воздействия со стороны «среды, окружающей систему» на рассматриваемую подсистему, соответственно;  $U_i(\tau)$  – «номинальные» управления – (на этом этапе рассмотрения считаются поступающими из блока «информационные процессы») – измеряемые и управляемые воздействия.

Отметим, что прямое указание в (1) на то, что совокупности воздействий, поступающих со стороны среды, окружающей систему, и информационных процессов  $U(\tau)$ ,  $\Omega(\tau)$  и  $Z(\tau)$  являются непосредственными функциями времени, не отрицает такой возможности и для  $Y_i$ , а тем более – результатов их измерений  $\tilde{X}_i$  и  $\tilde{Y}_i$  или оценок, получаемых на основе этих измерений  $\hat{X}_i$  и  $\hat{Y}_i$ , (т.е. возможности существования представления  $Y_i \equiv Y_i(\tau)$  и  $X_i \equiv X_i(\tau)$ ;  $\tilde{X}_i \equiv \tilde{X}_i(\tau)$ ) и т.п.).

Оценки  $\hat{Y}_i$  (или результаты измерений  $\tilde{Y}_i$ ) выходных характеристик  $Y_i$  несут информацию о состоянии этого блока. Вектор функции  $Y_{i,i}$  рассматриваются как влияния части состояний блока самого на себя (обратные связи). Примером таких механических связей (ограничений) могут служить, например, реакции опор на силовые воздействия.

На вход последующего по цепи жизненного цикла изделия в качестве входных воздействий поступают не все состояния  $\cup Y_i$ , а некоторая их часть, т.е.

$$X_i \subset \bigcup_j Y_j \forall i, j = 1..7. \quad (2)$$

Если состояния каждого из блоков (в той или иной степени) зависят не только от совокупности входных воздействий в текущий момент времени  $\tau_0$ , но и от состояний системы во все или некоторые предыдущие моменты времени  $\tau_i < \tau_0$ , (предыстории), и такие блоки обладают динамическими свойствами. Для описания их операторов  $\Phi$  возможно использование соответствующих динамических представлений в форме дифференциальных, интегро-дифференциальных и интегральных уравнений соответствующих классов. В числе рассматриваемых состояний  $Y_i$  целесообразно

выделить характеристики начальных состояний  $Y_i^o = Y_i(\tau)|_{\tau=0}$ . В зависимости от типа основного описания блока могут быть использованы начальные условия (начальные значения или их семейства) – для описаний дифференциальными уравнениями, начальные плотности вероятности – для статистических описаний и т.п.

Неизмеряемые входные воздействия со стороны окружающей технологическую систему среды  $\Omega_i$  представляются соответствующими им вероятностными законами изменений и могут быть охарактеризованы случайными функциями. Доступная информация о таких характеристиках относится к априорной информации об условиях протекания ТП.

Результаты измерений состояний элементов ТС  $\tilde{Y}_i$  представляют собой сигналы, которые могут иметь различную физическую природу, в зависимости от типа измеряемого состояния, вида сенсора, оператора преобразования измерительного блока и т.д. По отношению к результатам измерений используется кибернетический подход [3], при котором игнорируется физическая природа сигнала, а внимание уделяется текущей (рабочей) информации о характеристиках протекания контролируемого процесса.

Определении целей и задач при производстве деталей и машин, к рассмотрению в той или иной степени принимается задача более высокого иерархического уровня (и реализующая ее система – «надсистема»), чем та, для которой проводится анализ технологической операции в ходе исследования. и, соответственно, приходится определять более общие цели, чем те, которые поставлены перед системой.

Решение о производстве деталей определенного качества фактически принимают два лица, принимающих решение (ЛПР) (потребитель и производитель), обладающие разной информацией и осуществляющие две различные оценки качества одной и той же детали, построенные на не полностью совпадающих множествах характеристик – оценка потребителя и оценка производителя.

Производитель оценивает целесообразность проведения ТП производства детали. В комплекс параметров такой оценки входят характеристики процессов модификации характеристик заготовки и выходные характеристики допускаемых потребителем результирующих качеств. Все оцениваемые каждым из ЛПР качества деталей могут быть сведены в один показатель – критерий качества. Введение такого показателя позволяет ранжировать различные подобные изделия по степени их предпочтения в рамках заданного множества показателей. Критерий качества должен обладать свойствами объективности и измеримости.

Потребителю обычно неизвестны характеристики технологических процессов производства детали. Он (как ЛПР) вынужден принимать свое

решение на основании точечных (финишных – на момент  $\tau_{sale}$ ) характеристик приобретаемых изделий даже при проводимом им независимом входном контроле.

$$J_{made} = F(K_1(\tau)) \text{ – для производителя и} \quad (3)$$

$$J_{sale} = F(K_2(\tau))\Big|_{\tau=\tau_{sale}} \text{ – для потребителя,} \quad (4)$$

где  $K_{sale} \subset K_{made}$  – совокупность контролируемых свойств ТП.

Существенным отличием (3) от (4) является тот факт, что, несмотря на схожесть записи математических выражений, критерий потребителя является функцией, а соотношение (4) – функционалом, в состав которого входят экономические и другие формализованные характеристики производства изделия.

Ряд качеств деталей не является постоянными, а продолжает изменяться в процессе их эксплуатации ТС потребителя и такие качества необходимо рассматривать как процессы, но принятие решения на приобретение уже принято и имеющиеся характеристика необходимо рассматривать как начальные условия для следующего этапа марковского описания процесса жизненного цикла.

Примерами могут служить качество поверхности деталей, изменяющееся на этапе приработки, коррозионная стойкость поверхности обработанных деталей и т.п. Вообще, эксплуатация изделий является процессом, в ходе которого продолжают процессы жизненного цикла и модификации свойств. Так или иначе, рассматриваемое в данной работе влияние производителя на качества изделия прекращается с момента передачи прав собственности на деталь потребителю.

Для производителя основным признаком целесообразности производства детали является готовность изготовить продукцию приемлемого для потребителя качества за цену, которая оправдывает ее производство. В конечном счете, именно потребитель своими требованиями и входным контролем их выполнения определяет необходимые качества детали.

Потребителя обычно не интересует каждая деталь в отдельности. Все полученные им детали рассматриваются в совокупности, как элементы некоторого вполне определенного создаваемого, ремонтируемого или модернизируемого изделия, которое в силу своей собственной целенаправленности, структуры, элементом которой является рассматриваемая деталь, также является самостоятельной ТС. Задачи функционирования такой системы заранее известны потребителю детали, как готового изделия, но для ее изготовителя эти задачи полностью не определены.

Информация о совокупности задаваемых потребительских качеств поступает производителю в виде технических требований к изделию. При этом конкретизация целей производства деталей осложняется тем, что даже изделия одной партии могут использоваться различными потребителями с несовпадающими задачами их применения и критериями качества как при выпуске ими как продукции разного назначения (например, ответственного, декоративного и т.п.), разной расчетной долговечности, разного качественного и ценового диапазонов и др.

Такое представление о задачах позволяет рассматривать сами цели как структурированные целенаправленные системы, в качестве элементов (моделей) которых применяются формализованные представления в форме функционалов соответствующих видов – математических заместителей целей и показателей.

Вышеизложенное показывает, что общая проблема выбора целей производства и вытекающих из них критериев качества не может быть решена в детерминированной постановке. В любом случае в процессе своего жизненного цикла каждая из деталей машин последовательно во времени участвует в качестве составной части в составе не менее чем двух систем: технологической системы ее производства (ТСП) и технической системы, в составе которой, она будет эксплуатироваться (ТСЭ).

Таким образом, для выполнения глобальной задачи производства продукции заданного потребителями качества, наследуемые свойства изделий на каждом из этапов должны быть согласованы с таковыми для этапа эксплуатации. Они определяют иерархию совокупности целей и ограничений, а также номенклатуру показателей для изготовителя на этапе производства изделий. Построение моделей ТС и целей а также их декомпозиция представляют собой многоэтапную процедуру, которая, в существенной степени, опирается на использование максимально доступного объема априорной и текущей информации о конкретном технологическом процессе, условиях его проведения и требований, предъявляемых к его результатам.

**Список использованных источников:** 1. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. -Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979, 232 с.; 2. Братан С.М. Синтез подсистемы наблюдений для операции плоского шлифования //Високі технології в машинобудуванні. Зб. наук. праць ХДПУ, -Харків, 2000 - Вип. 1(3) - С. 22-31.; 3. Братан С.М. Оценка распределения длин стружек при чистовом и тонком шлифовании/ С.М. Братан, Ю.К. Новоселов, Д.А. Каинов //Резание и инструмент в технологических системах.- Меж.науч.тех.сб.- Харьков: ХГПУ, - 2003 - Вып.64 - С. 31-36.