

## ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СБОРОЧНЫХ И РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

© 2010 С.Я. Березин, И.М. Кулеш, Е.В. Шигаева

Читинский государственный университет

Поступила в редакцию 25.03.2010

В статье рассмотрены проблемы разработки сложных технологических процессов, характеризующихся значительным объемом различных параметров. Для решения проблем предлагается система имитационного моделирования, которая позволяет автоматически устанавливать оптимальные значения параметров, обеспечивающих надежный ход самого технологического процесса, а также показатели конечного продукта, как результат его организации.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, технологический процесс, оптимальные параметры*

Одной из важнейших характеристик технологической системы является ее структура. Структура – это совокупность элементов и связей между ними, которые формируются на основе функций и целей, реализуемых и достижимых технологической системой [1]. Главной задачей структурного анализа является построение наглядной формализованной модели, отображающей существующую систему отношений элементов, как между собой, так и с внешней средой. На основе структурного анализа могут быть сформированы математические модели технологической системы, реализуемых в программно-алгоритмическом обеспечении, включающем логические решения, математические зависимости, алгоритмы, базы данных и т.п. В некоторых случаях в структуру технологической системы могут попасть показатели самого реализуемого процесса, а также свойства конечного продукта, являющегося результатом законченного процесса. В этой ситуации общая функциональная структура представляется в виде кибернетической модели со всеми ее атрибутами: вход-выходными функциями, возмущениями, задающими воздействиями, обратными связями, каналами передачи и т.д. Подобные модели рассматривают задачу автоматического управления ходом работы технологической системы, отыскания наиболее выгодных условий выполнения операций, повышения производительности и т.д.

Одна из первых попыток создания подобных моделей применительно к резьбообразующим и резьбосборочным операциям принята в работе [2]. В ней процесс рассматривается как система, на которую одновременно воздействует масса параметров, носящих детерминированный и случайный характер. Их проявление может непредсказуемым образом влиять на результаты технологического процесса, характеристики получаемых резьбовых поверхностей и соединений. Системное представление операции связано с анализом большого количества информации, относящейся к различным структурным составляющим системы. Первым этапом разработки является параметрический анализ, основанный на детальном изучении производства технологической операции и ее материального обеспечения. Следующим этапом является имитационное моделирование, в результате которого формируется виртуальная вычислительная параметрическая модель, отражающая ход выполнения операции. Испытание данной модели позволяют установить такие условия, которые обеспечивают высокие качественные показатели, например, процесса сборки и получаемых соединений.

Структурная схема имитационной системы, разработанной для сборочно-резьбообразующих процессов представлена на рис. 1. Вначале производится ввод исходных данных  $D_1$ , которые включают диаметры резьбы и допуски, шаг, глубина завинчивания, твердость корпусного материала и т.д. На их основе производится расчет промежуточных данных:

*Березин Сергей Яковлевич, доктор технических наук, профессор. E-mail: leochit@gmail.ru  
Кулеш Ирина Михайловна, аспирантка  
Шигаева Елена Вадимовна, аспирантка*

диаметр отверстия под резьбу, осевое усилие наживления, необходимую изгибную жесткость заворачивающей оснастки, предельный угол смещения крепежной детали, предельный крутящий момент и прочие ( $D_2$ ). На основе этих данных, а также на ранее полученных экспериментальных моделях рассчитываются данные сборочного процесса  $D_3$

$$D_3 \in \cap (M_{кр}, \omega, \omega_H, P_U, \Delta M, N, T_3),$$

где  $M_{кр}$ ;  $\Delta M$  – крутящий момент сборки и амплитуда его колебаний соответственно;  $\omega, \omega_H$  – угловая скорость заворачивания и наживления соответственно;  $P_U$  – изгибающее усилие в момент наживления;  $N$  – затраты мощности на сборку;  $T_3$  – время заворачивания.

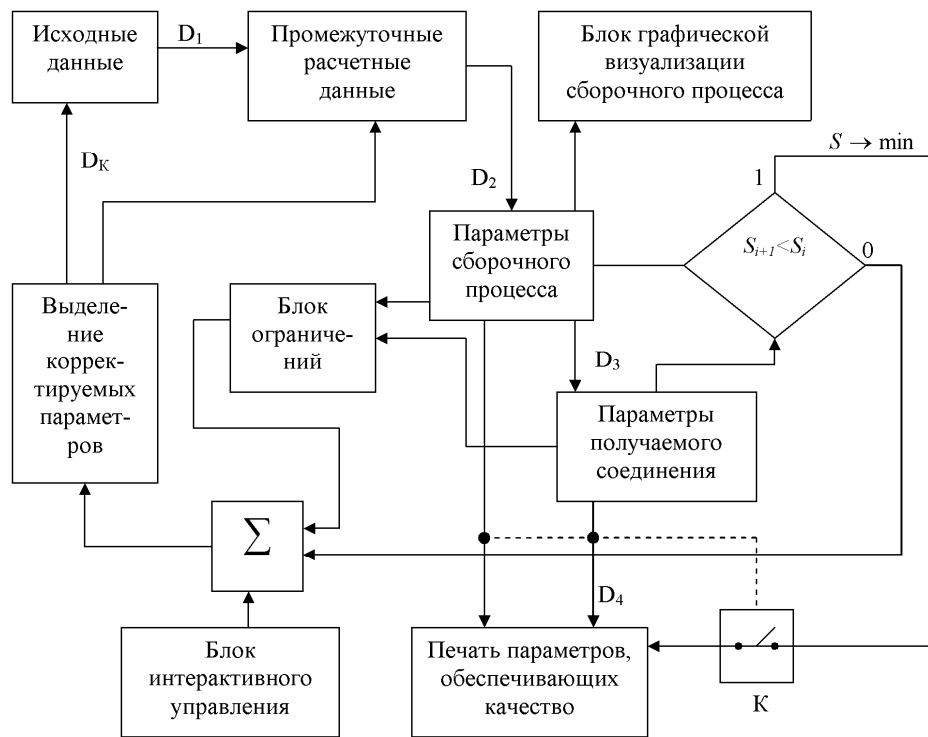


Рис. 1. Блок-схема имитационной модели сборочно-резьбообразующего процесса

Данные  $D_3$  графически представляются в блоке визуализации во временном или пошаговом масштабе, например  $M_{кр} = f(z)$ , где  $z$  – номер витка резьбы на глубине заворачивания. Далее рассчитываются параметры получаемого соединения  $D_4$ , образующие следующую совокупность

$$D_4 \in \cap (K_c, Q, d_{lk}, H_{упр}, \gamma_\phi),$$

где  $K_c$  – коэффициент эффективности стопорения;  $Q$  – прочность витков резьбы;  $d_{lk}$  – внутренний диаметр сформированной резьбы гнезда;  $H_{упр}$  – глубина упрочнения внутренней резьбы;  $\gamma_\phi$  – фактический угол перекоса оси установленной крепежной детали.

Оценка качества выполнения операции и получаемых соединений производится на основе комплексной целевой функции, в которую входят часть параметров  $D_3$  и  $D_4$

$$S = a_1 K_c + a_2 K_h + a_3 K_t + a_4 K_\Delta + a_5 K_M + a_6 K_\delta + a_7 K_N \rightarrow \min,$$

где  $a_1 \dots a_7$  – приоритетные оценочные коэффициенты;  $K_h$  – коэффициент полноты сформированного резьбового профиля;  $K_t$  – коэффициент производительности;  $K_\Delta$  – коэффициент стабильности протекания процесса заворачивания;  $K_M$  – коэффициент силовой напряженности процесса;  $K_\delta$  – коэффициент интенсивности радиальных давлений в резьбовом контакте;  $K_N$  – коэффициент затрат мощности на процесс.

Расчетные формулы коэффициентов приведены в работе [3].

Перед вычислением целевой функции  $S$  данные  $D_3$  и  $D_4$  поступают в блок ограничений, где проверяется выполнение ряда условий:

$$\begin{cases} \omega < \omega_{\max}; \\ \gamma_{\phi} \leq \gamma_p; \\ M_{кр} + \Delta M < [M]; \\ \delta < \delta_{\max}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\omega_{\max}$  – предельное значение угловой скорости;  $\gamma_p$  – расчетный угол перекоса крепежной детали;  $\delta_{\max}$  – предельное значение припуска.

Если определенные условия не выполняются, то вначале выделяются, а затем корректируются те параметры, которые приводят к выполнению этих условий. После этого повторяется вся цепочка вычисления параметров  $D_1, D_2, D_3, D_4$  и функции  $S_i$ . В состав корректируемых параметров входят следующая совокупность, которая относится ко всем четырем группам ( $D_1 - D_4$ )

$$D_K \in \cap (T_d, T_0, l, \varphi, d_0, f_0, \eta, \omega, HB, P),$$

где  $T_d, T_0$  – допуски наружного диаметра охватываемой резьбы и диаметра отверстия гнезда соответственно;  $l$  – глубина завинчивания;  $\varphi$  – угол фаски на торце резьбообразующей детали;

$d_0$  – диаметр отверстия под резьбу;  $\eta$  – коэффициент полноты внутреннего резьбового профиля;  $HB$  – твердость материала гнезда;  $P$  – шаг резьбы.

Их изменения, как правило, не связаны с жесткими требованиями чертежа и технического задания. Однако, два последних ( $HB, P$ ) не входят в это число, но, тем не менее, при невыполнении условий системы (1), приходится корректировать и их. Например, при высоких значениях крутящих моментов, переходят к меньшим шагам или некоторому снижению твердости материала. После повторной коррекции и вычислений, рассчитывается значение  $S_{i+1}$  и т.д., до тех пор, пока не выполняется условие  $S_{i+1} < S_i$  и все условия в блоке ограничений. Тогда будет считаться, что  $S_{i+1} = S_{\min}$  и сформируется команда  $K$ , которая приведет к печати всех интересующих параметров сборки.

Сущность взаимосвязей между исходными, промежуточными и результирующими параметрами носит различный характер вероятностный, силовой, геометрический (конструктивный), физико-механический и т.д. Общая схема связей представлена на рис. 2.

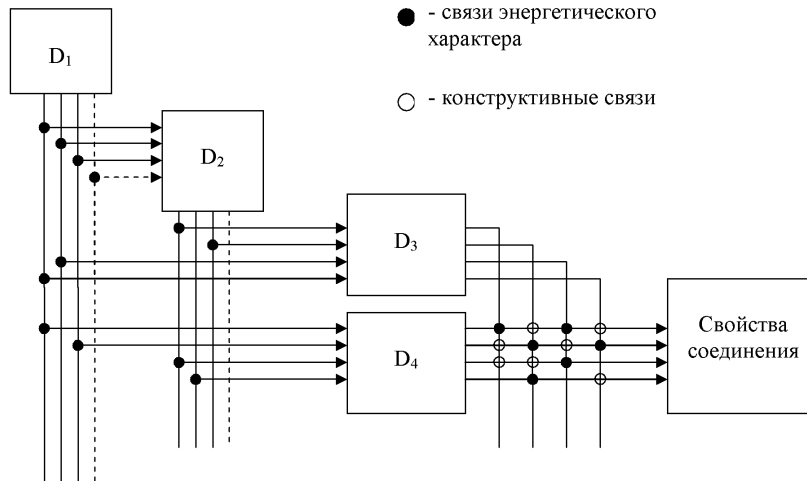
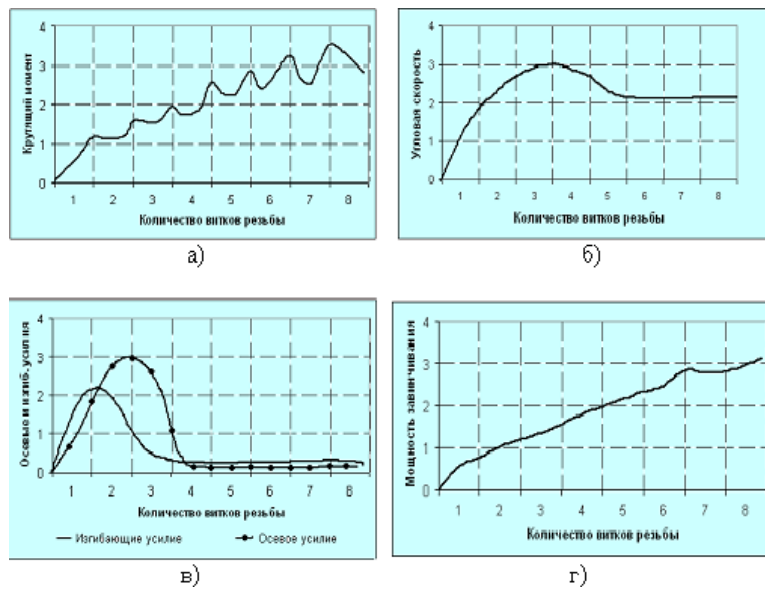


Рис. 2. Структура формирования взаимосвязей между расчетными параметрами имитационной системы

Указанная структура установлена на основе разработанного единого аналитического аппарата, включающего теоретические и экспериментальные формулы параметров групп  $D_2, D_3, D_4$ , а также соотношения вероятностного характера, в которых параметры представлены в виде спектров распределения с величинами математических ожиданий, доверительных интервалов, коэффициентов асимметрии и т.д. В этом случае параметры, условия реализации процесса и значения целевой

функции вычисляются по соответствующей методике обработки статистических данных. Временные показатели хода реализации процесса отображаются в блоке визуализации, фрагмент которого представлен на рис. 3. Графическое представление величин позволяет оперативно реализовать на создающуюся ситуацию и вносить определенные коррекции параметров  $D_K$  через блок интерактивного управления.



**Рис. 3.** Представление расчетных величин выполнения операций:

- а) кривая крутящего момента; б) характер изменения угловой скорости;  
 в) кривая изменения осевых и изгибающих усилий; г) график мощности заворачивания

**Выводы:** применение подобных систем имитационного моделирования позволяет автоматизировать процесс получения оптимальных конструктивно-технологических параметров сборочной операции, а также готовить данные для разработки материальной части сборочных машин и их систем управления.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. *Никиферов, А.Д.* Современные проблемы в области технологии машиностроения: Учебное пособие / *А.Д. Никиферов*. – М.: Высшая школа, 2006. – 392 с.
2. *Березин, С.Я.* Имитационное моделирование условий автоматической сборки резьбовых соединений / *С.Я. Березин, Е.В. Щербаков* // Матер. VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Кулагинские чтения». – Чита: ЧитГУ. – 2007. – В. IV. – С. 21-23.
3. *Березин, С.Я.* Моделирующие системы в среде технологического обеспечения сборочно-резьбообразующих операций. Монография / *С.Я. Березин, Р.Е. Чумаков*. – Чита: Поиск, 2004. – 202 с.

**FORMING THE CONSTRUCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ASSEMBLY AND DESIGN DATA-TECHNOLOGICAL ASSEMBLY AND THREADFORMING OPERATIONS ON THE BASIS OF SELFORGANIZED SIMULATION MODELS**

© 2010 S.Ya. Berezin, I.M. Kulesh, E.V. Shigaeva

Chita State University

In the paper problems of development the complex technological processes, characterized by significant volume of different parameters described are considered. For the decision of problems the system of simulation modeling, which allows to establish automatically the best values of the parameters ensuring reliable course of technological process itself, and also indexes the finished product, as result of its organization is offered.

Key words: *simulation modeling, technological process, optimum parameters*

*Sergey Berezin, Doctor of Technical Sciences, Professor.  
 E-mail: leochit@gmail.ru  
 Irina Kulesh, Graduate Student  
 Elena Shigaeva, Graduate Student*