

Применение системного анализа при конструировании технологической оснастки

Application of system analysis in designing of technological equipment

Богущий В.Б.

Канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

e-mail: bogutskivb@yandex.ru

Bogutsky V.B.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Mechanical Engineering, Sevastopol State University

e-mail: bogutskivb@yandex.ru

Аннотация

В статье показано, что процессу проектирования новой конструкции технологической оснастки с использованием автоматизированной системы проектирования, как правило, предшествует поиск ранее разработанных аналогов, близких по конструкторским признакам. Для увеличения информационной основы процесса автоматизированного проектирования технологической оснастки за счет внесения в нее информации, отражающей уже существующие конструкторские решения, необходимо предварительно выполнить системный анализ конструкций, накопленных в архивах промышленного предприятия и функционально их описать.

Ключевые слова: технологическая оснастка, системные характеристики, иерархическая структура, функциональные связи, входная информация системы.

Abstract

The article shows that the process of designing a new design of technological equipment using an automated design system, as a rule, is preceded by the search for previously developed analogues, similar in design characteristics. To increase the information basis of the process of computer-aided design of technological equipment by making it information reflecting existing design solutions, it is necessary to perform a preliminary system analysis of designs accumulated in the archives of the industrial enterprise and functionally describe them.

Keywords: technological equipment, system characteristics, hierarchical structure, functional relationships, input system information.

Введение. Как показано в [1–4 и др.] и, как показывает практика, производительность процесса обработки определяет вся технологическая система, включающая в себя: используемую технологию, характеристики обрабатываемой заготовки; характеристики оборудования и инструмента, а также технологическую оснастку для базирования и закрепления заготовок. Как неотделимое звено этой цепочки, технологическая оснастка играет важную роль в непосредственном воздействии на качественные показатели и производительность выполняемой технологической операции. Станочная технологическая оснастка для эффективной и точной обработки обеспечивает ориентацию и положение заготовок относительно технологического оборудования и режущего инструмента с последующей фиксацией принятого положения. Конструкция технологической оснастки по многим показателям является критичной как для качества обрабатываемых деталей, так и для сроков запуска деталей в производство. Процесс

разработки конструкции технологической оснастки во многом основывается на опыте конструктора, его индивидуальных знаниях и навыках [5–8 и др.], а затраты на проектирование, производство и последующую эксплуатацию технологической оснастки могут достигать 10...20% от общих затрат на механическую обработку деталей [9, 10 и др.].

Постановка проблемы. Ускорение процесса конструирования технологической оснастки реализуется при внедрении системы ее автоматизированного проектирования (САФД). Процесс автоматизированного проектирования технологической оснастки начинается с подготовки информации, которую необходимо подать на вход системы автоматизированного проектирования. В качестве входной информации для проектирования технологической оснастки служат сведения об обрабатываемой детали, схеме и режимах ее обработки на оснащаемой операции технологического процесса и др. Следует отметить, что процессу проектирования новой конструкции, как правило, предшествует поиск в автоматизированной системе ранее разработанных ее аналогов, близких по конструкторским признакам. Для обеспечения возможностей поиска автоматизированной системой аналогов конструкций технологической оснастки, необходимо предварительно выполнить системный анализ конструкций, накопленных в архивах (базах конструкций) промышленного предприятия.

Изложение основного материала. Термин «станочная технологическая оснастка» охватывает очень широкий класс вспомогательных конструкций, сильно различающихся по форме, структуре, функциональному назначению, условиям эксплуатации и другим свойствам. Делимость на элементы и некоторые другие свойства конструкций технологической оснастки позволяет трактовать их как технологическую систему [11, 12 и др.], обладающую следующими характеристиками: связью с окружающей средой H ; структурой S ; функцией F ; набором характерных свойств Z .

Рассмотрим системные характеристики конструкций технологической оснастки для моделирования информации о них в процессе автоматизированного проектирования.

Внешние объекты, взаимодействующие при реализации своих функций по выполнению технологической операции с конструкцией станочной технологической оснастки, образуют окружающую среду. Для условий механической обработки заготовок они включают в себя (рис. 1): обрабатываемую заготовку (деталь); режущие инструменты; рабочего, выполняющего операцию; станок, на котором происходит обработка и др.



Рис. 1. Связи конструкции станочной технологической оснастки с внешними объектами

Между технологической оснасткой и средой существуют информационные связи, определяемые различными свойствами и характеристиками среды. Наличие таких связей позволяет судить о существовании зависимости структуры и свойств конструкций технологической оснастки от определенных характеристик окружающей их среды. Для автоматизации проекти-

рования станочной технологической оснастки важно установить характер этих связей и дать им оценку с точки зрения содержащейся в них информации.

В информационном плане связи, налагаемые окружающей средой, формируют технические ограничения, которые необходимо учитывать в процессе проектирования технологической оснастки и которым она должна соответствовать в процессе ее последующей эксплуатации. Информацию об этих ограничениях нужно формировать каждый раз, как только потребуется спроектировать станочную технологическую оснастку автоматизированным способом.

Одну часть информации о среде (сведения об обрабатываемой детали) подают на вход системы проектирования станочной технологической оснастки каждый раз при выполнении очередного задания на разработку конструкции. Она образует переменную входную информацию. Другая часть информации формируется на информационном поле массивов постоянных сведений, хранящихся внутри системы проектирования (постоянная информация).

Данные для поиска и формирования этой информации подаются на вход системы в виде наименования станка, инструмента, кода вида силовой коммуникации и др.

Конструкции технологической оснастки представляют собой многокомпонентные иерархические структуры, на самом нижнем уровне которых находятся геометрические элементы (отрезки прямых, дуги окружностей, точки и др.). Более высокие уровни содержат в своем составе поверхности, группы поверхностей, детали, сборочные единицы, функциональные группы элементов (рис. 2).

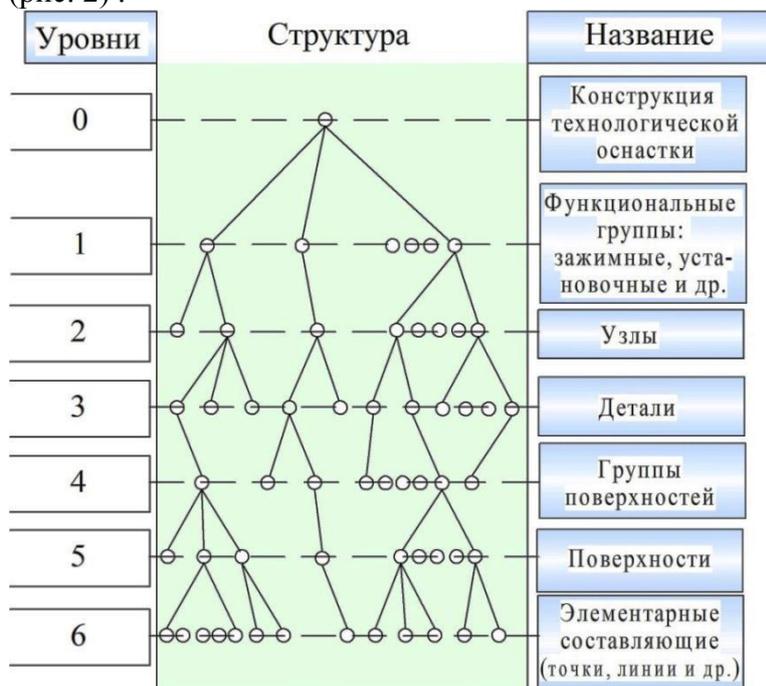


Рис. 2. Структурная иерархия конструкций технологической оснастки

Каждый составляющий i -й элемент j -го уровня расчленения конструкции определяется: сведениями постоянной C_{ij} , характеризующей форму, материал, структуру и функциональное назначение составляющей; набором V_{ij} размерных характеристик, определяющими метрические соотношения внутри составляющей; параметрами $\Psi_{ij} = (x_1, \dots, x_l)_{ij}$, определяющими положение составляющей в трехмерном пространстве. Число уровней расположения для разных конструкций может быть различным. Оно зависит от структурной сложности технологической оснастки. Например, технологическая оснастка, состоящая из одной детали, не содержит в своем составе уровней «функциональные группы», «сборочные единицы», «детали». Аналогично не будет содержать сборочные единицы технологическая оснастка, функциональными элементами которой являются детали.

Объединение структурных единиц низших уровней в единицы более высоких уровней может быть описано определенными функциональными зависимостями, главными из кото-

рых для конструирования являются соотношения (математически они выглядят наборами (векторами) параметров состояний)), характеризующие взаимное расположение структурных единиц, каждая из которых имеет свой набор свойств и параметров состояния. Например, для функциональной группы, обеспечивающей базирование обрабатываемой заготовки Z_B , функциональная зависимость будет иметь вид:

$$Z_B = \Phi_B(X_B^{III}, Y_{3э}^B, Y_{Pu}^B, Y_C^B, Y_{3г}^B, Y_K^B, Y_{Kp}^B).$$

где X_{3K}^{III} – вектор начальных входных переменных; $Y_{3э}^B, Y_{Pu}^B, Y_C^B, Y_{3г}^B, Y_K^B, Y_{Kp}^B$ – вектора входных переменных, поступающих из других структурных единиц или отдельных деталей (B – «базирующие элементы»; $3э$ – «зажимные элементы»; Pu – «режущий инструмент», C – «станок», $3г$ – «заготовка»; K – «корпусные элементы», K – «крепежные элементы»).

Между элементами каждого уровня имеются также функциональные отношения (связи). Функциональные связи объединяют совокупности элементов одного из уровней и порождают структурные единицы на более высоком уровне, которые обладают качественно новыми функциональными связями и интегрированным назначением. Например, объединение между собой по функциональным связям элементов первого уровня образует функцию F конструкции приспособления как устройства для обеспечения требуемого положения обрабатываемой детали относительно режущего инструмента в технологической системе. Интегральная функция F конструкции технологической оснастки осуществляется посредством реализации отдельными структурными единицами ряда частных функций F_i , т.е.

$$F = (F_{ycm}, F_{зжк}, F_{сил} \dots F_n)$$

Например, функциональная группа установочных элементов станочной технологической оснастки F_{ycm} обеспечивает функцию f_1 базирования обрабатываемой детали и функцию f_2 однозначной координации положения детали относительно станка и режущего инструмента. Функциональная группа зажимных элементов выполняет функцию f_3 технического обеспечения фиксации положения, достигнутого при установке, и осуществляет силовое замыкание системы обрабатываемая заготовка – технологическая оснастка, обеспечивая тем самым жесткость стыка основных элементов технологической системы (обрабатываемой заготовки и станочной технологической оснастки). Функцию f_4 точного направления режущих инструментов во фрезерной и сверлильной технологической оснастке реализует функциональная группа направляющих элементов конструкции. Функцию f_5 координации положения функциональных элементов в конструкции, а также функцию f_6 обеспечения жесткости стыка конструкции со станком, как равно и жесткости технологической оснастки в целом, обеспечивает группа элементов корпусов технологической оснастки.

$$F_{ycm} = (f_1, f_2, \dots, f_n).$$

Взаимодействуя с окружающей средой (см. рис. 1), технологическая оснастка, как единая конструкция, может также осуществлять специальные функции: расширение технологических возможностей станка, повышение его производительности, изменение типа применяемого оборудования и др.

Так же как и для функции F , интегральная функция Z свойств конструкции технологической оснастки осуществляется посредством реализации отдельными структурными единицами ряда частных функций z_j , включающих в себя такие характеристики, как: z_1 – себестоимость изготовления оснастки; z_2 – ее масса; z_3 – характеристика выполняемой технологической операции; z_4 – степень механизации; z_5, z_6, z_7 – габаритные размеры; z_8 – силовые характеристики; z_9 – тип силообразующих элементов; уровень нормализации z_{10} и др., т.е.

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_m).$$

В общем виде, характеристики конструкций технологической оснастки, накопленных в архивах (базах конструкций) промышленного предприятия (структура S , функции F и набор характерных свойств Z) для подготовки и пополнения информационной базы системы автоматизированного проектирования технологической оснастки, могут быть представлены в виде системы функциональных зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} Z_B &= \Phi_B(X_B^{HP}, Y_{3a}^B, Y_{Pu}^B, Y_C^B, Y_{3z}^B, Y_K^B, Y_{Kp}^B); \\ F &= (F_{уст}, F_{заж}, F_{сил}, F_{напр}, F_{вспом}, F_{креп}, \dots, F_n); \\ Z &= (z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, \dots, z_m); \end{aligned} \right\}.$$

Предлагаемая функциональная модель может быть основой для математической модели, которая даст возможность использовать для автоматизированного проектирования технологической оснастки детали, узлы и конструкции технологической оснастки, имеющиеся в архиве промышленного предприятия.

Заключение. Системный анализ конструкций технологической оснастки, накопленных в архивах промышленного предприятия, необходимо использовать как метод для рационального квантования информации, отражающей уже существующие решения и увеличивающую информационную основу процесса автоматизированного проектирования технологической оснастки.

Литература

1. Vukelic D., Zuperl U., Hodolic J. Complex system for fixture selection, modification, and design// International Journal of Advanced Manufacturing Technology. № 45 (7-8), 2009. P. 731-748.
2. Prabhakaran G., Padmanaban K.P., Krishnakumar R. Machining fixture layout optimization using FEM and evolutionary techniques// International Journal of Advanced Manufacturing Technology. № 32, (11-12), 2007. P.1090-1103.
3. Boyle I., Rong R., Brown D.C. A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches./ I. Boyle, // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. № 27, 2011. P. 1-12. DOI: 10.1016/j.rcim.2010.05.008.
4. Pachbhai S.S., Raut L.P. A review on design of fixtures// International Journal of Engineering Research and General Science. Vol. 2, Iss. 2, 2014. P. 126-146.
5. Wickens C.D., Hollands J.G., Parasuraman S.B. Engineering psychology and human performance. Psychology Press, 2012. 544 p.
6. Lenberg P.R., Lars F., Wallgren G. Behavioral software engineering: A definition and systematic literature review// The Journal of Systems and Software. Vol. 107, 2015. P. 15-37.
7. *Богущий В.Б.* Автоматизированная система проектирования приспособлений для металлорежущих станков // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – Т. 5. – № 2. – 2019. <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2019/07/2019-N2-Bogutsky.pdf>.
8. Kumar S.A., Subramaniam V., Teck T.B. Conceptual design of fixtures using machine learning techniques// International Journal of Advanced Manufacturing Technology. № 16 (3), 2000. P. 176-181.
9. Rétfalvi A. Fixture design system with automatic generation and modification of complementary elements for modular fixtures// Acta Polytechnica Hungarica. Vol. 12, № 7, 2015. P. 163-182.
10. Trappey J.C., Liu C.R. A literature survey of fixture design automation //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Vol. 5, Iss. 3, 1990. P. 240-255.
11. *Якимович Б.А., Коришунов А.И., Кузнецов А.П.* Теоретические основы конструктивно-технологической сложности изделий и структур-стратегий производственных систем машиностроения : моногр. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2007. – 280 с.
12. Hubka V., Eder W.E. Theory of Technical Systems. A Total Concept Theory for Engineering Design// Springer, 1988. – 275 p.
13. *Кузнецов Ю.Н., Новоселов Ю.К., Луцив И.В.* Теория технических систем. Севастополь: СевНТУ, 2010. – 252 с.