

INFORMATION SUPPORT OF DESIGN OF DETAILS PRODUCTION TECHNIQUES

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Viktor K. Partas

viktor.partas@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4441-3803

Alona Yu. Pavlenko

pavlenko.a.yu@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5856-7080

В. К. Паргас,

канд. техн. наук, доц.;

А. Ю. Павленко,

магистрант

National University of Shipbuilding, Mykolayiv

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Abstract. The issues of the computer-aided design of technological processes of parts and products production under the conditions of incomplete data are considered. The research aim is to define the structure of the data support of the technological design process in order to increase the automation level of the technological production preparation. The methods of the computer-aided design are analyzed and the areas of its implementation are defined. It is proved that under the conditions of job production the synthesis methods (design methods) predominate. Their efficiency depends on the completeness of products and parts information model. The composition and content of the information models for the automation of the technological design are suggested. It is demonstrated that the extent of the data granularity affects the choice of design mechanism. As a result, the data support conceptual model of the design of the technological processes is developed. This model includes the data streams, managing streams and implementation mechanisms. The results of this research can serve as a basis for the development of the support systems of the decision-making under the technological design. The demonstrated data composition of the data support will allow creating a consolidated information space of the design and production stages. As a result, it is possible to achieve the increased level of the technological design automation and, thus, the high quality of technological processes.

Keywords: information system, technological process, technological processes design, design system.

Аннотация. Проведен анализ методов и средств технологического проектирования с целью выявления достаточного объема данных для автоматизации проектирования технологических процессов изготовления деталей. Предложены информационные модели, от полноты которых зависит уровень автоматизации работ и выбор механизмов технологического проектирования. Представлена концептуальная диаграмма для информационной поддержки проектирования технологических процессов.

Ключевые слова: информационная система, технологический процесс, проектирование технологических процессов, автоматизация проектирования.

Анотація. Проведено аналіз методів і засобів технологічного проектування з метою виявлення достатнього обсягу даних для автоматизації проектування технологічних процесів виготовлення деталей. Запропоновано інформаційні моделі, від повноти яких залежить рівень автоматизації робіт і вибір механізмів технологічного проектування. Представлена концептуальна діаграма для інформаційної підтримки проектування технологічних процесів.

Ключові слова: інформаційна система, технологічний процес, проектування технологічних процесів, автоматизація проектування.

REFERENCES

- [1] GOST 3.1109–82. *Yedinaya sistema tekhnologicheskoy dokumentatsii: Terminy i opredeleniya osnovnykh ponyatiy*. [State Standard 3.1109-82. Unified system for technological documentation: Terms and definitions of basic concepts]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 14 p.
- [2] Hryhorian T.H. *Avtomatyzatsiia proektuvannia struktur tekhnologichnykh protsesiv sudnobudivnoho vyrobnytstva*. Avtoreferat Diss. [Automation of the design of the technological processes structures of the shipbuilding. Extended abstract of candidate's thesis]. Mykolaiv, 2006. 16 p.

- [3] Koshkin K.V., Suslov A.S., Khalnov S.M., Shishkanov V.V. *Kompyuterizirovannye integrirovannye proizvodstva: osnovy organizatsii i primery ispolzovaniya* [Computerized production integration: organization fundamentals and examples of usage]. Nikolaev, NUK Publ., 2006. 180 p.
- [4] Kuzmin V.V., Skhirtladze A.G. *Matematicheskoe modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov sborki i mekhanicheskoy obrabotki izdeliy mashinostroeniya* [Mathematical simulation of technological processes of assembly and mechanical processing of engineering products]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2008. 279 p.
- [5] Kulikov D.D., Yablochnikov Ye.I., Babanin V.S. *Intellektualnye programmye komplekсы dlya tekhnicheskoy i tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva part 7. Sistemy proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov* [Intelligent software systems for technical and technological preparation of production Part 7. Systems of technological processes design]. St. Petersburg, SPbGU ITMO Publ., 2011. 136 p.
- [6] Larin V.P., Popovskaya Ya.A. *Proektirovanie tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya detaley priborov* [Design technological processes of manufacturing parts in appliances]. St. Petersburg, SPbGUAP Publ., 2003. 85 p.
- [7] Mitrofanov S.P. *Gruppovaya tekhnologiya mashinostroitel'nogo proizvodstva*: [Group technology of engineering production: Vol.1]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1983. 403 p.
- [8] Petukhov A.V., Melnikov D.V., Bystrenkov V.M. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov* [Computer-aided design systems of technological processes]. M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, Gomel. gos.tekhn. un-t im. P. O. Sukhogo Publ., 2011. 144 p.
- [9] Burtsev V.M., Vasilev A.S. *Tekhnologiya mashinostroeniya: v 2-kh tomakh. T. 1. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya* [Engineering Technology: 2 vols. Vol. 1. Fundamentals of engineering technology]. Moscow, MGTU im. Bauman Publ., 1991. 564 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проектирование технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий является одной из важнейших функций технологической подготовки производства (ТПП). От успешного решения задач технологического проектирования зависит эффективность выполнения и других функций ТПП: проектирование средств технологического оснащения, отработка изделия на технологичность, управление технологической подготовкой производства.

В настоящее время существует и успешно эксплуатируется множество автоматизированных систем технологической подготовки производства. Необходимость их разработки и внедрения связана, прежде всего, с постоянным ростом требований к качеству проектируемых технологических процессов (ТП), что обусловлено следующими основными факторами:

- сокращением сроков технологической подготовки производства;
- возрастанием технической сложности изделий машиностроения;
- широким использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ);
- возрастанием трудоемкости технологического проектирования в связи с увеличением номенклатуры выпускаемых изделий.

Однако на практике основной упор отводится выпуску управляющих программ для станков с ЧПУ, а творческие задачи по проектированию технологических процессов остаются за технологами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ показал [2, 4, 5, 8], что математические модели проектирования технологических

процессов и их реализация в автоматизированных системах технологической подготовки производства основываются на применении геометрических моделей спроектированных изделий и существующих ограничений в виде различных руководящих документов. Такой подход оправдан и эффективен для проектирования технологических процессов в условиях групповой технологии. Применение средств автоматизации для проектирования единичных технологических процессов ограничено большой разнообразностью данных как об изделиях, так и о технологической среде. Неполнота информации снижает эффективность разрабатываемых автоматизированных средств проектирования, и роль технолога при этом остается доминирующей.

ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ является определение состава информационного обеспечения процесса технологического проектирования для повышения уровня автоматизации технологической подготовки производства.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В зависимости от формы организации отличают следующие виды технологических процессов [1, 6, 9]:

- единичный ТП, разработанный для изготовления одного уникального изделия или детали;
- типовой, состоящий из множества технологических операций и переходов, которые можно применить к группе деталей или изделий со схожими конструктивными характеристиками;
- групповой, применяемый для группы деталей с различными конструктивными характеристиками, но использующих одинаковый перечень технологических операций. Основоположником методов

групповой технологии является проф. С.П. Митрофанов [7].

Из предыдущего определения технологических процессов видно, что их проектирование основано на информации о деталях или изделиях, а также данных о средствах технологического оснащения, обеспечивающих выполнение технологических операций и переходов.

Каждый из перечисленных выше видов технологических процессов находит свое применение, в основном, в зависимости от серийности производства. Для единичного и мелкосерийного производства наиболее характерно применение единичных технологических процессов, спроектированных индивидуально для производства конкретного изделия. Групповой технологический процесс наиболее характерен для средне- и крупносерийного производства, в котором достаточно большая номенклатура деталей со схожим набором технологических операций. Однако проектирование технологических процессов сводится к применению двух методов [5]:

- метод синтеза;
- метод адресации.

Метод синтеза является наиболее универсальным и предназначен для проектирования технологических процессов изготовления деталей, узлов и конструкций любых изделий. Метод отличается многоэтапностью, на каждом из которых рассматривается несколько альтернатив. Процесс проектирования не является линейным, так как возможны возвраты для уточнения ранее принятых решений.

Несомненным достоинством метода является его универсальность, возможность создания технологического процесса для любых деталей и изделий при любом наборе исходных данных. Однако этот метод отличается сложностью реализации, основан на опыте и интуиции технолога и, в результате, технологический процесс во многом является субъективным.

Метод адресации основан на использовании типовых решений и наилучшим образом подходит для групповой обработки деталей и организации группового производства. Метод предусматривает следующие этапы проектирования: поиск комплексной детали группы путем сопоставления геометрических параметров поверхностей обработки, исследование группового технологического процесса на предмет исключения «лишних» технологических операций, оформление результирующего технологического процесса заданной детали.

Так как метод направлен на использование групповой технологии, спроектированный технологический процесс является эффективным и основывается на высокопроизводительном оборудовании. Метод дает возможность быстро получить технологический процесс для большого количества деталей либо изде-

лий. Однако, в случае низкого уровня автоматизации технологических работ, при отклонении производства от принципов групповой технологии метод используется ограниченно.

В существующих системах автоматического проектирования (САПР) ТП [4, 5, 8] при решении вопросов технологического проектирования зачастую реализована комбинация указанных методов. Это во многом зависит от степени автоматизации процесса проектирования.

Уровень автоматизации можно определить как отношение технологических и конструктивных данных о детали или изделии, которыми манипулирует технолог при проектировании ТП. Процесс проектирования можно представить как внесение технологических данных в конструктивную модель детали. Чем больше технологических данных приходится вносить технологу, тем ниже уровень автоматизации проектирования.

Современные тенденции развития САД систем предусматривают трехмерное моделирование изделий, что дает возможность конструктору получить законченный вид изделия после сборки. Такая модель используется для получения любой конструкторской документации, но не всегда учитывает технологические особенности изготовления деталей и сборки изделия. Несмотря на то, что в модели изделия сохраняется вся «история» преобразований и конструктивных решений, такая информация может быть потеряна при передаче модели в систему технологического проектирования.

Наиболее высокий уровень автоматизации технологического проектирования обеспечивается в интегрированных системах на основе использования единого информационного пространства, организованного на принципах CALS или PDM технологий [3]. Для обеспечения полной интеграции этапов проектирования изделий и технологической подготовки необходимо трехмерное геометрическое моделирование выполнять в соответствии с технологическими особенностями производства. Наряду с конструктивной моделью следует создавать также и технологическую модель, содержащую структуру технологического процесса. В противном случае создаются условия неполноты технологических данных, что снижает уровень автоматизации работ и вынуждает технологов использовать другие, специализированные средства проектирования.

Таким образом, для автоматизации проектирования технологического процесса необходимы следующие модели:

- конструктивная и технологическая модели деталей или изделий, в состав которых входят геометрические параметры конструктивных элементов, связей между ними и соответствующих технологических параметров обработки;

– модель производства, содержащая данные о технологической среде выполнения технологических операций: параметры технологического оборудования и транспортной системы;

– модели технологических процессов, содержащих взаимодействие элементов технологической среды и изделия во время выполнения технологического процесса.

Модель детали может быть представлена множеством

$$D_i = \{P, G, T\}, \quad (1)$$

где P – множество общих параметров детали (номер, чертеж, размеры, описание и т. п.);

$G = \{g_i \mid i = 1, n\}$ – конструктивная модель, состоящая из множества геометрических параметров детали;

g_i – совокупность величин, описывающих геометрию i -ой поверхности (коэффициенты уравнений поверхности, ограничивающих ребер и связей со смежными поверхностями);

$T = \{\langle s_p, t_p \rangle \mid s_i \subseteq G \vee s_i \in g_i \mid i = 1, m\}$ – технологическая модель детали, представляющая собой совокупность технологических параметров t_p , привязанных к поверхности s_i ;

s_i – несколько геометрических поверхностей детали, либо часть геометрической поверхности g_p , объединенных едиными технологическими параметрами;

n – количество геометрических поверхностей;

m – количество технологических поверхностей.

Очевидно, что групповые детали представляются выражением (1), за исключением члена P , идентификационное значение которого не имеет смысла. Тогда проектирование технологического процесса групповых деталей сводится к выполнению операции логического сложения соответствующих множеств рассматриваемых и групповых деталей.

Модель производства представим в виде совокупности технологического оборудования, каждый экземпляр которой задается множеством пар:

$$C = \{\langle r_p, Q_i \rangle \mid i = 1, k\}, \quad (2)$$

где r_i – технологическая операция, которая выполняется на данном оборудовании;

Q_i – множество параметров, которые служат ограничениями при выборе данной технологической операции (предельные размеры заготовки, номинальное усилие, скорость движения исполнительного механизма и т. п.);

k – количество технологических операций, выполняемых на данном оборудовании.

Сформированные в полном объеме перечисленные модели создают предпосылки для полной автоматизации проектирования технологического процесса. Отсутствие хотя бы одной из них либо неполнота данных требует вовлечения в процесс

проектирования технолога, который на основе своего опыта может принимать правильные решения. Именно в условиях неполноты данных нашли свое применение системы поддержки принятия решения (СППР). В работе [2] доказана эффективность фреймво-продукционной модели СППР, в которой система принимает ряд альтернативных решений на основе существующей базы знаний, а технолог выбирает наилучшее.

При выработке решений о структуре технологического процесса и выборе наиболее приемлемых действует ряд ограничений, к которым относятся: требования государственных и отраслевых стандартов, технические условия и стандарты предприятия, нормы времени на выполнение технологических операций, различные справочники и классификаторы. Вместе с тем, для мелкосерийного и единичного производства важным является также и учет загрузки технологического оборудования. Сложность такого учета диктуется, во-первых, разрывом во времени этапов проектирования ТП и его выполнением, и, во-вторых, низким уровнем автоматизации процесса проектирования. Как результат, окончательное решение о выборе средств технологического оснащения остается за технологом цеха или мастером производственного участка. Повышение уровня автоматизации технологического проектирования позволит таким образом принимать оптимальные решения для каждого конкретного производства.

Рассмотрение процесса проектирования с использованием нотации IDEF0 и учетом основных требований процессного подхода даст возможность увидеть потоки данных, управляющие потоки и механизмы (рис. 1).

Исходные данные представлены следующими группами.

Конструктивная и технологическая модели детали либо изделия, а также модель производства представлены выражениями (1) и (2). План производства изделия задается в количественном выражении за единицу времени и влияет на выбор технологических операций и соответствующих средств технологического оснащения. Отметим, что полнота представления технологической модели влияет на выбор механизмов проектирования технологического процесса.

Управляющие потоки служат ограничениями при проектировании технологического процесса. Технические параметры и загрузка оборудования ограничивают выбор средств технологического оснащения, а на основе руководящих документов определяются требования конкретного производства.

Механизмы, необходимые для выполнения процесса – технолог, САПР ТП и СППР – выбираются в зависимости от полноты исходных данных.

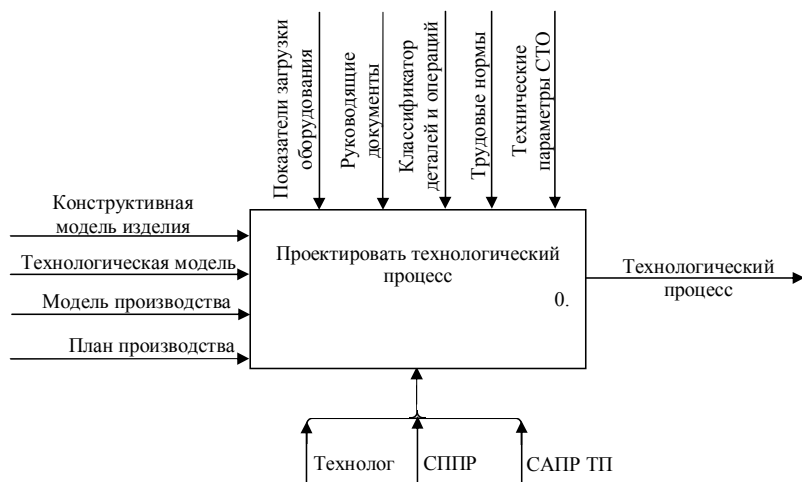


Рис. 1. Модель проектирования технологического процесса

ВЫВОДЫ

1. Для повышения уровня автоматизации технологической подготовки производства был определен состав информационного обеспечения процесса технологического проектирования. Предложены информационные модели, от полноты которых зависит уровень автоматизации работ и выбор механизмов технологического проектирования. Концептуальная диаграмма информационной поддержки проектирования технологических процессов может служить ос-

новой для разработки механизмов принятия решения в СППР.

2. Представленный состав данных информационного обеспечения технологического проектирования позволит создать единое информационное пространство этапов проектирования изделий и технологической подготовки производства, в результате чего можно достичь повышения уровня автоматизации технологического проектирования и, как следствие, высокого качества технологических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации: термины и определения основных понятий [Текст]. – Введ. 01.01.1983. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.
- [2] Григорян, Т. Г. Автоматизация проектирования структур технологических процессов суднобудоульного производства [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.13 / Т. Г. Григорян. – Николаев, 2006. – 16 с.
- [3] Компьютеризированные интегрированные производства: основы организации и примеры использования [Текст] : учеб. пособие для вузов / К. В. Кошкин, А. С. Сулов, С. М. Хальнов, В. В. Шишканов. – Николаев : НУК, 2006. – 180 с.
- [4] Кузьмин, В. В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения [Текст] / В. В. Кузьмин, А. Г. Схиртладзе. – М. : Высш. шк., 2008. – 279 с.
- [5] Куликов, Д. Д. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства [Текст] : учеб.-метод. пособие : в 7 ч. Ч. 7. Системы проектирования технологических процессов / Д. Д. Куликов, Е. И. Яблочников, В. С. Бабанин. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2011. – 136 с.
- [6] Ларин, В. П. Проектирование технологических процессов изготовления деталей приборов [Текст] : учеб. пособие / В. П. Ларин, Я. А. Поповская. – СПб. : СПбГУАП, 2003. – 85 с.
- [7] Митрофанов, С. П. Групповая технология машиностроительного производства [Текст] : в 2 т. / С. П. Митрофанов. – 3-е изд., доп. и перераб. – Л. : Машиностроение, 1983. – 403 с.
- [8] Петухов, А. В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов [Текст] : учеб. пособие / А. В. Петухов, Д. В. Мельников, В. М. Быстренков. – М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, 2011. – 144 с.
- [9] Технология машиностроения [Текст] : в 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. – 564 с.

© В. К. Парас, А. Ю. Павленко

Надійшла до редколегії 13.04.2014

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК д-р техн. наук, проф. К. В. Кошкин