

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ В САПР ТП

Бурдо Г.Б., Рубин П.М., Испирян Н.В., Испирян С.Р.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования технологических процессов, многономенклатурное машиностроительное производство, искусственный интеллект, единое информационное пространство.

Аннотация. В статье приводится анализ методов проведения технологической подготовки производства изделий в многономенклатурном машиностроении. Показаны информационные модели технологических подразделений и системы управления организацией, обеспечивающие учет динамики производственной ситуации при проектировании технологических процессов механической обработки. Предложены принципы построения САПР ТП, позволяющие реализовать предлагаемые модели.

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL APPROACH TO DESIGN OF CAD TECHNOLOGICAL PROCESSES

Burdo G.B., Rubin P.M., Ispiryay N.V., Ispiryay S.R.

Keywords: automated design systems technological processes, multi-nomenclature machine-building production, artificial intelligence, unified information space.

Abstract. The paper presents the analysis of methods for technological preparation of detail production in multi-nomenclature mechanical engineering. It shows information models of technological divisions and management systems of the organization, that provides account the dynamics of the production situation in the design of mechanical processing. The principles of creation of CAD TP that allow to realize those information models are offered.

Известно, что особенности единичного и мелкосерийного производства, обусловленные сжатыми сроками на выполнение одновременно большого числа контрактов, предопределяют упрощенное проведение технологической подготовки производства и, по существу, выполнение её рабочими и мастерами.

Поэтому качество спроектированных технологий, наряду с конструкцией изделий определяющих конкурентоспособность продукции, оставляют желать лучшего. Принципиальные затруднения возникают и при внедрении оборудования с числовым программным управлением (чисто инженерная область деятельности), систем управления технологическими процессами (отсутствие точных данных по временам выполнения операций).

Следовательно, разрешение противоречия между качеством технологической подготовки производства и весьма ограниченными временными периодами её выполнения, важно для динамичных производственных систем (ПС) многономенклатурного машиностроительного производства (МНП).

Принципы проектирования технологических процессов в динамичных производственных системах

Одним из наиболее эффективных методов разрешения указанного противоречия является разработка и внедрение автоматизированных систем

проектирования технологических процессов (САПР ТП), построенных на определенных принципах [1].

Исходными данными для проектирования технологий в САПР ТП являются: 1) функция технологического процесса (ТПр) φ ($\varphi : C_o \rightarrow C_k$), где C_o , C_k – информационные описания заготовки и готовой детали); 2) программа выпуска N ; 3) календарные сроки выпуска детали; фактическое состояние ТП. В функции φ известной является информационная модель готового изделия (детали) C_k [2]. Известны и технические ограничения, накладываемые производственными системами (ПС) [2,3]: методы получения заготовок, методы обработки поверхностей деталей, оборудование в ПС, средства технологического оснащения и т.д.

В тоже время вниманием обходится тот факт, что фактическое состояние и изменения в ПС должны находить отражение в видоизменении алгоритмов проектирования. К сожалению, большинством авторов учет фактического состояния в ПС сводится к корректировке баз данных (мало динамичный параметр), и не учитывает организационные аспекты (высоко динамичный атрибут).

Это связано с тем, что задача проектирования технологий не трактовалась как *организационно-технологическая*, не рассматривалась возможность создания предпосылок эффективного управления ПС на этапе технологической подготовки производства.

Различие конструкторско-технологических характеристик деталей, изготавливаемых на предприятиях МНП, разнообразный состав оборудования средств технологического оснащения, непредсказуемые состояния технологических подразделений (ТП) по загрузке, фактической численности рабочих, появлению новых заказов и т.п., приводит нас к пониманию того факта, что проектирование ТПр является малоформализованной, многовариантной *организационно-технологической* задачей, решаемой в условиях информационной неопределенности.

В настоящей работе показан на основе сформулированных ниже принципов подход к созданию САПР ТП, способных к перестройке алгоритмов на основе обобщения опыта проектирования и оценки текущей ситуации в ТП. Для оценки текущей ситуации необходимо в качестве параметров фактического состояния ТП ($ТП^{\phi}$) использовать загрузку оборудования по типам и группам.

Для реализации возможности обобщения опыта проектирования необходимо сравнение фактического состояния изделия C_{kf} после реализации технологии с информационной моделью этого состояния изделия C_k ; это при неоднократном их совпадении позволит применять в САПР ТП накопленные и обобщенные решения.

Важным является и учет в САПР ТП целевой функции (ЦФ) конкретного изготавливаемого заказа. Авторы [2, 3 и др.] считают, что ЦФ

должна являться минимальная технологическая себестоимость, C_{\min} . Точка зрения справедлива при устоявшейся номенклатуре выпуска, что нехарактерно для МНП.

Рассмотрим еще две ЦФ – максимальный выпуск изделий за единицу времени (Q_{\max}) и минимум времени цикла выпуска партии деталей (T_{\min}). Различие между Q_{\max} и T_{\min} – второй критерий учитывает временные потери всех видов, а не только подготовительно-заключительное время. При выборе одного из них C_{\min} целесообразно в моделях перевести в технико-экономическое ограничение $C \leq C_3$.

При выборе в качестве целевой функции C_{\min} следует модели дополнить технико-экономическими ограничениями $Q \geq Q_3$ или $T \leq T_3$, где Q_3 и T_3 – заданные величины штучной производительности и времени цикла выпуска изделий.

Таким образом, технические ограничения ($ТО$), параметры фактического информационного состояния ТП ($ТП^\phi$) и изделия $C_{кф}$, технико-экономические ограничения ($ТЭО$) представляют собой предлагаемую модель технологических подразделений ($M_{ТП}$), в рамках которой реализуется ТПр и обеспечивается организационно-технологическое проектирование:

$$M_{ТП} = \{ТО, ТП^\phi, C_{кф}, ТЭО\}.$$

Параметры $ПС^\phi$ – загрузка оборудования по типам, определяемая как отношение суммы станкоемкостей работ, запроектированных на данную группу (тип) оборудования в соответствии с календарным планом, отнесенной к соответствующему месячному фонду времени работы оборудования (по данным от системы управления ТПр).

В свою очередь $ТЭО$:

$$ТЭО = \{(C \leq C_3) \vee (T \leq T_3) \vee (Q \geq Q_3)\},$$

где “ \vee ” – знак строгой дизъюнкции.

Отдельного разговора заслуживает модель системы управления организацией (СУО), в рамках которой формируется целевая функция. Как правило, она при проектировании ТПр не указывается вообще, либо задаётся достаточно обще. Это приводит к неопределенности при технологической подготовке производства, к сбоям в производстве, и, как следствие, к срывам поставок.

Предложена информационная модель принятия решений в СУО, в которой на основании анализа параметров производственной ситуации: ожидаемых циклов изготовления деталей, сроков выполнения договорных обязательств, вероятности появления новых контрактов, производственных мощностей и станкоёмкостей (или трудоёмкостей) изделий, методом нечёткого вывода синтезируется целевая функция конкретного заказа.

Учитывая динамичность ПС, целевая функция на основе реализации информационных связей с автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУТП) может видоизменяться.

Для описания информационного взаимодействия СУО и АСУТП использована темпоральная логика Алена.

Сформулированы основные принципы [1] при разработке САПР ТП для МНП: 1) учет изменения параметров, описывающих фактическое состояние в технологических подразделениях; 2) синтез и модификация целевой функции на основе анализа параметров производственной ситуации; 3) накопление опыта проектирования (обучение); 4) реализация системного подхода, рассматривающего САПР ТП как иерархическую систему, а САПР ТП как агент ПС; 5) интеграция в единое информационное пространство с АСУТП.

Принципы 1 и 2 обеспечивают реализацию элементов искусственного интеллекта при создании САПР ТП.

Заключение

В Тверском государственном техническом университете при разработке программных средств САПР ТП реализован показанный в настоящей работе методологический подход.

Опыт эксплуатации программных средств [4] показал возможность их быстрого реагирования на изменение производственной ситуации в обрабатывающих подразделениях, обеспечил на 60-80% сокращение времени разработки технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ, равномерную загрузку оборудования по времени и практически исключил случаи невыполнения контрактов.

Список литературы

1. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Теоретические основы комплексной автоматизированной системы проектирования и управления технологическими процессами в многономенклатурном производстве // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки. 2010. №4(127). С.44-54.
2. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника. 1979. 264 с.
3. Кондаков А.И. САПР технологических процессов М.: Изд. центр "Академия", 2007. 272с.
4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2011612834. Управление технологическими процессами / Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Баженов А.Н. – зарег. 08.04.11.

References

1. Burdo G.B., Palyukh B.V. Theoretical bases of developing complex automated design and control systems for technological processes in multiproduct

manufacture // Bulletin of Samara State Technical University. Series: Technical sciences. 2010. No. 4(127). P. 44-54.

2. Tsvetkov V.D. System-structural modeling and automation of technological process design. Minsk: Science and Technology, 1979. 264 p.
3. Kondakov A.I. CAD of technological processes. Moscow: Academia Publ., 2007. 272 p.
4. Certificate of registration of the computer program No. 2011612834. Technological process management / Burdo G.B., Palyukh B.V., Bazhenov A.N. – registered 08.04.11

Бурдо Георгий Борисович – доктор технических наук, профессор, Тверской государственной технический университет, г. Тверь, Россия, gbtms@yandex.ru	Burdo Georgy Borisovich – doctor of technical sciences, professor, Tver State Technical University, Tver, Russia, gbtms@yandex.ru
Рубин Петр Михайлович – кандидат медицинских наук, доцент, Медицинский центр «Парацельс», г. Тверь, Россия, gbtms@yandex.ru	Rubin Petr Mikhailovich – candidate of medical sciences, associate professor, Medical Centr “Paracels”, Tver, Russia, gbtms@yandex.ru
Испирян Нина Васильевна – старший преподаватель, Тверской государственной технический университет, г. Тверь, Россия, s-ispirian@mail.ru	Ispiryay Nina Visilievna – senior lecturer, Tver State Technical University, Tver, Russia, s-ispirian@mail.ru
Испирян Светлана Рафаиловна – кандидат технических наук, доцент, Тверской государственной технический университет, г. Тверь, Россия, ispirian-tstu@mail.ru	Ispiryay Svetlana Rafailovna – candidate of technical sciences, associate professor, Tver State Technical University, Tver, Russia, ispirian-tstu@mail.ru

Received 20.09.2021