

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Бурдо Г.Б., Испирян С.Р., Мединцев С.В., Галкина М.В.

Тверской государственный технический университет, Тверь

Ключевые слова: машиностроение, система автоматизированного проектирования, технологический процесс, многономенклатурное производство, автоматизированная система управления, планирование производства.

Аннотация. В работе изложены особенности управления технологическими процессами на предприятиях многономенклатурного машиностроительного производства. Рассмотрены принципы построения и функции автоматизированных систем управления технологическими процессами на таких предприятиях. Разработана и исследована теоретико-множественная модель автоматизированной системы управления технологическими процессами. Представлены способы и методы интеллектуального планирования и управления работой технологических подразделений многономенклатурного машиностроительного производства.

INTELLIGENT PROCEDURES FOR MANAGING TECHNOLOGICAL PROCESSES IN MULTI-NOMENCLATURE PRODUCTION

Burdo G.B., Ispiryan S.R., Medintsev S.V., Galkina M.V.

Tver State Technical University, Tver

Keywords: mechanical engineering, computer-aided design system, technological process, multi-nomenclature production, automated management system, production planning.

Abstract. This paper describes the specifics of technological process management at multi-nomenclature engineering enterprises. The principles of construction and functions of automated process control systems at such enterprises are considered. A set-theoretic model of automated process control system has been developed and analyzed. Methods and techniques for intelligent planning and management of technological units at multi-nomenclature engineering enterprises are presented.

Постановка проблемы

Значительная часть средних предприятий машиностроения и приборостроения России находится на прорывных направлениях развития отрасли и занимается выпуском своих разработок, отличающихся высокой наукоемкостью, и успешно конкурирующих с зарубежными.

По способу организации технологических процессов их с уверенностью можно отнести к предприятиям единичного и мелкосерийного типа производства, то есть к предприятиям многономенклатурного производства (МНП). Предприятия МНП оказались в стороне от вопросов совершенствования систем управления выпуском изделий, как и другие предприятия единичного и мелкосерийного производства, и научных разработок, касающиеся этих вопросов.

Одними из отличительных характеристик предприятий МНП являются формирование (накопление) договоров в течение календарного года, малые сроки выполнения договорных обязательств, широкая номенклатура изделий, что обуславливает наличие противоречий в производственных системах (ПС) МНП,

связанных с необходимостью оперативной реакции на внешние факторы, и отсутствием указанной возможности.

Эти противоречия позволяют осуществить постановку проблемы – повышение эффективности функционирования производственных систем МНП путем совершенствования процедур управления технологическими процессами.

Принятие решений в автоматизированной системе управления технологическими процессами

Эффективность планирования и управления в ПС многономенклатурного производства удалось повысить путем разработки автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) производства изделий. Принципы построения указанных систем обоснованы в [1-4].

С учетом общих закономерностей планирования и управления, были сформулированы принципы создания АСУТП в условиях МНП (системное единство и взаимосвязь, соответствие иерархии планов в АСУТП планам организации, непрерывность и оперативность, обеспечение резервов, участие человека, комплексности и информационной интеграции с САПР ТП).

Сформулированы функции АСУТП – синтез и корректировка (сопровождение планирования производства) объемных, календарных и оперативных календарных планов-графиков (КПГ) для технологических подразделений (ТП), диспетчирование и выработка управленческих решений (сопровождение производства) на основе анализа результатов диспетчирования.

Была разработана и исследована теоретико-множественная модель АСУТП, анализ которой позволил формализовать с помощью продукционных моделей процедуры принятия решений при синтезе объемных и календарных планов, КПГ и диспетчировании.

На основе распознавания ситуации предложены формальные процедуры разработки планов. Это выполняется путем анализа соотношений длительности циклов и сроков выполнения заказов; станкоемкостей работ по типам и (или) группам оборудования и фондов времени работы металлорежущего оборудования. Общее управление работой подсистем объемного, календарного и оперативного планирования (расчет КПГ), и принятие решений осуществляется управляющей системой с элементами искусственного интеллекта.

Для синтеза КПГ (оперативные планы) используются приоритетные схемы. Выявлены принципы формирования систем приоритетов (иерархичность, целевая направленность – соответствие целям функционирования организации и иерархии организации, ситуативность – учет параметров состояния ТП при выборе приоритетных схем, постоянство действия важнейших приоритетов, отражающих смысл функционирования производственной системы, вариабельность – наложение вариативных приоритетов на постоянные).

Обосновано и сформировано 11 систем иерархических приоритетных схем (ПРС) [5], выбираемых продукционными моделями знаний на основе формального распознавания и анализа ситуации в ТП (загрузки оборудования по ходу основного деталепотока, длительности и числа операций в маршрутах запускаемых деталей, времени поступления деталей, наличия свободного оборудования, длительности первой следующей операции и т.д.).

Каждая ПРС имеет иерархию приоритетов:

- 1) глобальный (разряды работ);
- 2) внутренний (группы работ в пределах разряда);
- 3) частный (виды работ в пределах группы).

Глобальный приоритет определяются исходя из сроков окончания работ, внутренний – исходя из назначения работ в пределах разряда, частный приоритет (виды работ в пределах группы) – исходя из ситуации в ТП. Разработаны правила переназначения приоритетов при переходе в следующие интервалы оперативного планирования (ИОП).

Установлены критерии, определяющие выбор КПП. Стратегией МНП является работа по принципу «точно вовремя» (just in time). Это означает выпуск изделий в точно указанные сроки и с минимум заделов. Учитывая это, комплексным критерием должен явиться минимальный общий цикл изготовления всех запущенных в производство партий деталей. Выбор этого критерия обеспечивает:

- 1) непрерывную загрузку рабочих мест (отсеивает варианты с длительными ожиданиями);
- 2) равномерную загрузку оборудования (известно, что наиболее короткие циклы обеспечивают участки с равномерной загрузкой из-за меньших средних периодов ожидания операций);
- 3) минимизацию общего срока изготовления деталей;
- 4) минимизацию незавершенного производства, пропорционального длительности цикла.

Для использования приоритетных схем уточнена постановка конвейерной задачи составления КПП применительно к МНП путем введения 4-го (первые 3 – ненарушаемость маршрута, непрерывность операции, число рабочих мест) ограничения [6]: из находящихся в очереди на обработку на операции O_{lqi} l партий деталей D_i первой на станок (время начало операции t_{lq}^0 более раннее) поступает имеющая высший (символ выше – $\succ$) приоритет P_l :

$$\forall D_1 (l = 1, 2, \dots, v, \dots, w, \dots, l) [(P_v \succ P_w) \rightarrow (t_{vq}^0 < t_{wq}^0)].$$

Требуется построить календарный план-график $KПГ = \{t_{lq}^0\}$ с учетом ограничений, и удовлетворяющий целевой функции: $T_l = \max\{t_{lqi}^k\} \rightarrow \min$, где t_{lqi}^0 – время окончания обработки l -й партии деталей на q -й операции на i -й группе станков от начала ИОП.

Для расчета КПП плановый период разбивается на 5-дневные интервалы оперативного планирования (ИОП), для сравнения оставляется 2-3 схемы. Реализация решения возможна на основе известного метода «ветвей и границ», но практически, при использовании приоритетных схем, в этом нет необходимости.

Диспетчирование строится на отслеживании фактических времен начала операций и сравнении их с расчетными значениями в календарном плане-графике по каждой обрабатываемой партии деталей.

Анализом состояния при запуске деталей $C_{ТП}^0$, фактических и допустимых величин отставания (опережения) КПП за данный и предшествующие интервалы оперативного планирования (состояния $C_{ТП}^{\tau-1}, C_{ТП}^{\tau}$), фактических (Φ^{τ}) и плановых (Φ^n) фондов времени работы оборудования по типам и (или) группам, формально определяются причины рассогласования КПП (несоответствие фондов времени работы, некорректные нормативы, организационные причины). Продукциями ($ПР_i$) на основе подусловий (ПУ) выявляются управленческие решения (УР) по введению ТП в плановый режим (дополнительные смены и рабочие места, пересмотр планов и т.п.):

$$\forall C_{ТП}^{\tau}, (C_{ТП}^{\tau} = \langle П_{КПП}^{\tau}, \Phi^{\tau}, \Phi^n \rangle) \exists \{ \{ ПР_i \} \}_j \langle C_{ТП}^0, C_{ТП}^{\tau-1}, C_{ТП}^{\tau} \rangle_i \rightarrow \{ ПУ \}_i;$$

$$\{ ПУ \}_i \rightarrow ПР_i; \{ ПР_i \}_k \rightarrow УР_k].$$

В противоречивых ситуациях предусмотрено вмешательство оператора.

Исходными данными для работы программного комплекса АСУТП служат карты времен операций технологических процессов изготовления изделия (заказа).

На этапах объемного и календарного планирования выдаются соответствующие карты – задания для технологических подразделений и мастеров. На этапе диспетчирования используется карта с указанием плановых и фактических времен выполнения операций по деталям.

Общее управление осуществляется системой управления организацией (СУО) в лице руководителя производственной системы.

Схема работы АСУТП приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема работы АСУТП

Для случаев, когда определение и учет большого числа параметров затруднен, и при числе рабочих мест в технологических подразделениях менее 30 (возможна оценка отставаний и выявление причин рассогласования КПП мастерами), предложено применение диспетчирования на основе аппарата нечетких множеств.

Объект управления - КПП. Управление ведется по входам:

- 1) относительное объемное отставание (опережение) плана по типу и (или) группе станков с начала диспетчирования;
- 2) относительное среднее объемное отставание (опережение) плана по типу и (или) группе станков за один ИОП с начала диспетчирования;
- 3) увеличение (уменьшение) отставания (опережения) объемного плана за последний ИОП по сравнению со средним по типу и (или) группе станков.

Выходные параметры: относительное увеличение (уменьшение) фондов времени работы по типу и (или) группе станков за следующий ИОП. Алгоритм управления состоит из 17-ти нечетких правил. Реализация методики выполнена в среде «Матлаб» [7].

Заключение

Разработанные программные средства прошли опытную проверку в ООО «Нефтегазгеофизика», г. Тверь. Можно констатировать, что срывы сроков выполнения договоров сократились с 7,7 до 0,5%, сверхурочная работа с 5,2 до 0,2%, приостановка выполнения заказов с 9,3 до 0,3% (от соответствующих общих объемов).

Список литературы

1. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Повышение эффективности управления технологическими подразделениями в условиях единичного и мелкосерийного производства // Вестник Донского государственного технического университета. – 2009. – Т. 9, №4(43). – С. 659-666.
2. Бурдо Г.Б. Принципы построения автоматизированной системы управления технологическими процессами в многономенклатурных производствах // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – №3(48). – С. 113-118.
3. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Семенов Н.А. Интеллектуальное управление производственными системами многономенклатурного машиностроения // 11-я Международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы `11» (ASIS`11) и 26-я Международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования-2001» (ИСАПР-2001, САД-2011): труды Конгресса по интеллектуальным системам и искусственному интеллекту «IS&IT`11», Россия, Дивногорское, 2-9 сентября 2011г. – М., Физматлит, 2011. – Том 1. – С. 390-396.
4. Бурдо Г.Б. Интеллектуальная система управления технологическими процессами в многономенклатурном машиностроительном производстве // Проблемы информатики. – 2011. – №1(9). – С. 51-55.
5. Бурдо Г.Б. Оперативное планирование на основе приоритетных схем в производственных системах геофизического приборостроения // Каротажник. – 2011. – №6. – С. 92-100.
6. Прилуцкий М.Х., Власов В.С. Метод ветвей и границ с эвристическими оценками для конвейерной задачи теории расписаний // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2008. – №3. – С. 143-157.
7. Дьяков В.П., Круглов В.В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.

Сведения об авторах:

Бурдо Георгий Борисович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой;

Испирян Светлана Рафаиловна – к.т.н., доцент;

Мединцев Станислав Викторович – к.т.н., старший преподаватель;

Галкина Марина Владимировна – старший преподаватель.