

**АДАПТАЦИЯ В ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**© 2010 В.П.Махитько<sup>1</sup>, И.Б.Сироткина<sup>2</sup><sup>1</sup> Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт)<sup>2</sup> Институт авиационных технологий и управления  
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 14.05.2010

В статье авторами рассматривается процедура введения (адаптации) в интегрированные информационно-коммуникационные системы оборудования с числовым программным управлением, являющиеся базисом компьютерной технологии или объектов работающих по принципу “безбумажной” технологии в производственно-технологическом процессе изготовления объектов летательных аппаратов (самолетов); авторы также рассматривают реальности основного производства самолетостроительного предприятия в условиях рыночной экономики; формируют современные тенденции развития высокотехнологичных производства, которые связаны с повышением уровня автоматизации производственно-технологических систем; подчеркивают важность адаптации в интегрированные информационно-коммуникационные системы CAD/CAM – систем в инвариантных кодах со стандартной библиотекой постпроцессоров. Важной задачей авторы считают для авиастроительного предприятия – это повышение экономической эффективности CAD/CAM – систем, которые должны способствовать и обеспечивать максимальное использование технических, технологических и производственных площадей и др.

Ключевые слова: числовое программное управление, производственно-технологический процесс, авиастроительное предприятие.

На современном машиностроительном предприятии эффективным способом и средством получения качественной конкурентоспособной продукции является внедрение CAD/CAM – систем, освоение безбумажной технологии “исследование-проектирование-производство”.

Действительно, несмотря на сложившуюся специфическую экономическую ситуацию на рынке СНГ, предприятия, для того чтобы выжить, вынуждены осуществлять свое перевооружение. Закупаются вычислительная техника, создаются вычислительные сети, внедряются CAD/CAM/CAE – системы, АСУП и АСУТП. Наиболее успешные предприятия внедряют интегрированные системы управления производством (ИСУП). Причем реальностью становится не “островная” автоматизация отдельных служб, что не приводит к желаемым результатам, а комплексная автоматизация производства с выбором единой технической платформы, проводкой интерфейсов между различными системами с обязательным выходом на производство.

Повсеместное внедрение различных CAD/CAM – систем, привело к значительному сокращению времени от “исследования и проектирования” изделия до получения управляющих про-

грамм на станки с ЧПУ. Однако, например, в самолетостроении, резкого сокращения сроков изготовления изделий не наблюдается. И главными виновниками в этом, наряду с устаревшим оборудованием с ЧПУ и неэффективной организацией производства, являются существующие технологии передачи управляющих программ на станки с ЧПУ с помощью различных физических носителей информации (перфоленты, магнитные носители, электронные картриджи и т.д.).

Подробно не останавливаясь на очевидных недостатках этой технологии, связанных с низкой надежностью устройств ввода информации, сложностью содержания и обслуживания хозяйства физических носителей и устройств по их подготовке стоит сосредоточиться на главном, а именно, низкой мобильности производства при сохранении этой технологии передачи управляющих программ на станки. Станки с ЧПУ, являющиеся базисом компьютерной технологии, оказались вне интегрированной системы. Цепочка “безбумажной” технологии получения изделий прерывается.

На рынке машиностроения в настоящее время повсеместно предпринимаются попытки замены бумажных носителей управляющих программ на электронные (картриджи, DNC-терминалы). Это повышает надежность, но практически является временным частичным решением проблемы.

*Махитько Вячеслав Петрович кандидат экономических наук, доцент.*

*Сироткина Ирина Борисовна, доцент. Тел. (8422) 20-95-56*

Предпринимаются попытки на предприятиях устанавливать на каждый станок с ЧПУ персональный компьютер (ПК) и объединять их в сеть, но и здесь возникают проблемы надежности. Попытка устанавливать промышленные ПК на станки с ЧПУ влечет за собой высокую затратность на эксплуатацию таких комплексов. Поэтому современное производство как сложная система, требует подхода, учитывающего наличие связей более высокого порядка между станками с ЧПУ и CAD/CAM.

Исходя из реального состояния основных производств машиностроительных предприятий следует остановиться на проблемах отечественного станочного парка этих предприятий и современных тенденциях развития высокотехнологичных производств, которые связаны с повышением уровня автоматизации производственных систем [1]:

*1. Высокая надежность работы.*

Условия производственных цехов предусматривают различные производственные помехи или “шумы”. Культура производства на предприятиях машиностроения не идеальна. Поэтому, наряду с надежностью устройств управления станками, необходима их высокая помехозащищенность по линиям связи, которые могут быть проложены в самых невероятных местах.

*2. Использование имеющегося оборудования.*

Финансовое положение предприятий сегодня не позволяет произвести 100%-ю замену всего станочного парка на современное оборудование. Поэтому повысить надежность и долговечность существующих станков – это возможность интегрироваться в современные CAD/CAM-системы на основе принципиального анализа и переоценки морального состояния имеющегося оборудования для цели его модернизации. Из практики известно, что стоимость модернизации не должна превышать 1–5% стоимости станка.

*3. Подключение в сеть станков с любыми интерфейсами ввода информации по единому протоколу.*

Это требование связано с широкой гаммой имеющегося оборудования с самыми различными интерфейсами ввода информации: от магнитной ленты, перфоленты до портов RS-232 и RS-422. Единый протокол общения ПК со станками позволяет значительно упростить математическое обеспечение (МО) на ПК, а также вести протокол работы станков с последующей передачей этой информации в интегрированные информационно-коммуникационные системы управления (ИИКСУ).

*4. Одноразовая передача управляющих программ на станки, а если УП превышает несколько мегабайт, то организация режима “подкачки”.*

Полученные в УЧПУ программы могут быть подвержены контролю, коррекции т.д., поэтому управляющая программа (УП) должна быть передана на станок одноразово. Кроме того, при этом исключаются какие-либо коллизии, связанные с передачей УП.

*5. Отсутствие доработок устройств ЧПУ станка, то есть подключение станка в сеть следует осуществлять через имеющиеся в станке интерфейсы ввода/вывода. Это требование связано с организацией эксплуатации и обслуживания станков с ЧПУ.*

*6. Простое общение оператора станка с ПК, то есть в устройствах сопряжения должна быть предусмотрена индикация и клавиатура, позволяющие оператору принимать (или передавать) необходимые управляющие программы (или параметры) с ПК, а также иметь возможность отслеживать режимы передачи.*

*7. Технические средства подключения в компьютерную сеть должны быть основой для разработки гибкого программного обеспечения (в зависимости от условий конкретного производства), позволяющего значительно сократить сроки внедрения управляющих программ для обработки различных деталей на станках с ЧПУ.*

*8. Система передачи УП на станки с ЧПУ должна работать как с архивом УП, так и с базой данных УП, которая зачастую использует СУБД работающей на предприятии RDM-системы.*

База данных УП – важнейшее звено при создании интегрированных CAD/CAM/RDM-систем. Помимо упорядочения хранения и использования УП, она позволяет интегрировать в информационные потоки CAD/CAM-систем непосредственных участников технологического процесса: оператора станка с ЧПУ, мастера, технолога-программиста.

Перечисленный набор требований не претендует на полноту, однако, позволяет сформировать наиболее общие требования к технологии интеграции станков с ЧПУ в CAD/CAM-системы.

Исходя из вышперечисленных требований и современных ситуаций в экономике, на предприятии (например, ЗАО “Авиастар-СП”) уже отказались от “островной” автоматизации и целенаправленно занимаются организацией производства по внедрению сквозной компьютеризированной технологии создания изделий авиационной техники по цепи “исследование-проектирование-производство”.

Подключение станков осуществляется через установленные на них специальные контроллеры.

Контроллер – это микропроцессорное устройство, выполненное в виде небольшого клавишного пульта. Контроллер выполняет следующие функции:

- осуществляет с помощью встроенного математического обеспечения полную имитацию существующего интерфейса ввода/вывода конкретного станка, что позволяет сохранять базовый режим работы станков и не требует их доработки;

- обеспечивает единый интерфейс связи с ПК, что значительно упрощает систему и позволяет готовить информацию о загрузке и режимах работы станков для систем ERP;

- упрощает общение оператора станка с ПК, то есть имеет индикацию и клавиатуру, с помощью которой оператор станка вызывает нужный номер управляющей программы при приеме ее на станок или при передаче со станка.

Особое внимание следует уделить возможности системы работать как с одноразовой загрузкой с ПК управляющих программ в станки с ЧПУ, так и в динамическом режиме (с “подкачкой”), когда программа загружается в УЧПУ по сегментам при совмещении обработки с загрузкой. Это дает возможность рассчитывать программы практически любой длины (десятки мегабайт). Такая возможность особенно актуальна с появлением совершенных САМ-систем, позволяющих рассчитывать программы по любым сложным поверхностям, а также развитием технологии скоростной высокоточной обработки (учитывая современные достижения в области разработки твердосплавного инструмента).

Технические средства создали основу для разработки программного обеспечения, образующего совместно с ними эффективное инструментальное обеспечение управления оборудованием с ЧПУ.

Управляющие программы формируются в различных САД/САМ-системах в инвариантных кодах, которые имеют отличия между собой. Поэтому разработан специальный конвертор, который конвертирует инвариантные коды наиболее известных САД/САМ-систем в единый код, который воспринимается имеющейся библиотекой постпроцессоров. Собственно исчезли проблемы с разработкой необходимых постпроцессоров для каждой САД/САМ-системы, так как в практике машиностроения используются различные текстовые и графические редакторы, позволяющие оперативно вносить необходимые корректировки при внедрении управляющих программ. Разработанная система распределительного управления станками DNC-NET осуществляет прием-передачу на станки, обеспечивает связь с сетевым программным обеспечением предприятия, осуществляет диспетчеризацию обменов с контроллерами станков, контролирует правильность передачи информации. Кроме того, обеспечивается доступ операторов станков к архиву управляющих программ или к

базе данных управляющих программ, которые могут находиться на любом ПК, включенных в сеть. Также ведется протокол обмена станков с ПК, контроль состояния станков и др.

Отдельно следует остановиться на разработанной базе данных управляющих программ, которая предназначена для упорядочивания хранения и использования управляющих программ, включения их в информационные потоки САД/САМ/PDM-систем. При использовании баз данных появляется возможность иметь доступ к этим информационным потокам непосредственным участникам производственного процесса, то есть технологу, мастеру, рабочему.

Система базы данных УП представляет многопользовательскую информационно-поисковую систему, выполненную по технологии клиент-сервер. При разработке рассматриваемой базы данных была принята следующая концепция:

- каждой изготавливаемой детали становится в соответствие “Паспорт детали”;

- с каждым из паспортов может быть связано неограниченное количество управляющих программ (УП) или иначе – для изготовления штатной детали используется более чем одна управляющая программа.

“Паспорт детали”, кроме ссылок на управляющие программы, содержит атрибуты, являющиеся общими для этой детали. Например: номер чертежа; номер служебной записки; исполнитель; регистрационный номер; материал и др.

Управляющие программы логически и физически находятся в отдельной таблице. Каждая из УП имеет определенный набор своих собственных атрибутов, свойственных этой и только этой УП. Например: номер (код) УП; время работы УП; дата расчета УП; количество кадров; предельные перемещения; тип DNC и др.

Термин “включение управляющей программы в паспорт детали” означает создание связи между паспортом и конкретной УП. В системе реализован механизм, допускающий включать отдельно взятые УП в несколько паспортов. Это позволяет избежать дублирования текстов УП.

В рамках системы разработаны специальные средства, позволяющие пользователю самостоятельно (без участия программистов) сформировать условия запроса, получить результаты запроса в экранной форме, сохранить их (при необходимости) в текстовом файле или распечатать. Для формирования собственного запроса пользователю, вовсе необязательно обладать какими-то навыками в области программирования. Ему предлагается воспользоваться услугами специальной экранной формы – визуального конструктора запросов. Формат выходного документа пользователь опять-таки определяет самосто-

ательно, пользуясь стандартными текстовыми редакторами.

В системе предусмотрены различные дополнительные функции: учет изготавливаемых деталей, подключение внешних графических редакторов, визуализаторов виртуальной обработки и др. В состав системы включены средства поддержки собственных журналов, с помощью которых фиксируются все действия зарегистрированных пользователей. По данным журналов можно производить анализ работы персонала, программных и технических средств, вовремя обнаруживать “узкие места” в эксплуатации системы, фиксировать попытки несанкционированного доступа, анализировать график сети, документально разрешать спорные вопросы эксплуатации системы, прогнозировать и планировать степень загрузки и использования ресурсов и др.

Предложенный механизм представляет необходимую гибкость и оперативность при получении сводной и справочной информации, касающейся применению УП для станков с ЧПУ на предприятии. Кроме того, рассматриваемая база данных предоставляет возможность оперативно осуществлять необходимую выборку и передачу УП на предприятия-смежники. Причем, эта операция может осуществляться как в рамках применяемой на предприятии PDM-системы, так и в нее. Таким образом, закладывается потенциальная возможность взаимодействия с предприятиями-смежниками с различной степенью подготовленности в области применения PDM-систем либо в условиях различия форматов данных.

Другой важной задачей предприятия, обеспечивающей повышение экономической эффективности CAD/CAM-систем, является максимальное использование технических, технологических и производственных площадей. Эффективным инструментом решения этой проблемы могут служить разработка и использование систем гибкой компьютеризации производства, основанных на применении в этих системах группового обслуживания станков с ЧПУ, расширения зоны обслуживания технологического оборудования одним оператором. Традиционно такая задача рассматривается как задача проектирования и организации

Здесь многостаночным подразумевается обслуживание одним оператором нескольких параллельно работающих единиц технологического оборудования, за каждой из которых на определенный интервал времени закреплено выполнение одной детали-операции. Для упрощения задачи в качестве технологического оборудования используем фрезерные станки с ЧПУ, а под группой операций, выполняющих этими станками – одну деталь-операцию.

Выполняемая  $j$ -м станком технологическая операция характеризуется:

$t_j^3$  – временем занятости оператора выполнением вспомогательных приемов технологической операции;

$t_j^a$  – временем автоматической работы станка.

Тогда оперативное время для  $j$ -й операции составляет:

$$t_j^{оп} = t_j^a + t_j^3. \quad (1)$$

При этом всегда предполагается, что все время занятости оператора сконцентрировано в начале операционного цикла.

Основным условием бесперебойного МСО является определение загрузки оператора. Станки следует подбирать в группу таким образом, чтобы за время автоматической работы любого из станков оператор успевал обслужить все остальные станки группы. Тогда для любой из выполняемых операций в группе станков верно соотношение:

$$t_j^a \geq T^3 - t_j^3, \quad (2)$$

где  $T^3$  – суммарное время занятости оператора в цикле многостаночного обслуживания.

Суммарное время занятости оператора в цикле многостаночного обслуживания определяется по формуле:

$$T^3 = \sum_{j=1}^c t_j^3, \quad (3)$$

где  $C$  – количество станков в группе МСО.

Основное условие МСО необходимо для бесперебойной работы станков. Однако это условие не является достаточным. Формулировка достаточных условий МСО связана с ограничениями на значения величин  $t_j^{он}$ .

На практике в системе организации МСО исследованы некоторые частные соотношения величин  $t_j^{он}$ , гарантирующие при выполнении основного условия МСО - бесперебойную их работу:

кратные по продолжительности операции. В этом случае должно выполняться соотношение:

$$t_{j+1}^{он} = \beta_{j+1} \times t_j^{он}. \quad (4)$$

где  $\beta_{j+1}$  – натуральные числа;

равные по продолжительности операции. В этом случае  $t_j^{он} = const$ .

В качестве частного случая равных по продолжительности операций рассматривается использование станков, выполняющих одинаковые детали-операции. Очевидно, что все эти случаи сводятся к кратным операциям. Случай равных операций получается при условии, если  $\beta_{j+1} = const = 1$ .

Случай использования при организации МСО станков-дублеров для параллельного запуска номенклатуры деталей получается при условии, если  $t_j^3 = const$ .

Выполненные научно-экспериментальные исследования позволяют утверждать, что существует общий по сравнению с кратными операциями случай бесперебойной работы группы станков МСО. В практике машиностроения его называют *случаем пропорциональных операций*.

Тогда пусть:

$$d = \min t_j^{on}, \quad (5)$$

где  $d$  – минимальное оперативное время из всех выполняемых в группе МСО операций.

Операции считаются пропорциональными, если для любой из них выполняется соотношение:

$$t_j^{on} = A_j d, \quad (6)$$

где  $A_j$  – натуральные числа.

Можно доказать, что при выполнении основного условия МСО пропорциональность операций является достаточным условием работы группы станков без простоев, для этого выполним некоторые вспомогательные действия, то есть сформируем номера станков в соответствии с возрастанием оперативного времени:

$$t_1^{on} = d = \min t_j^{on}. \quad (7)$$

Преобразуем традиционную запись основного условия МСО:

$$t_j^a + t_j^3 \geq T^3 \quad \text{или} \quad t_j^{on} \geq T^3. \quad (8)$$

Величина  $T^3$  не зависит от индекса  $j$ . Поэтому, если это условие выполнено для станка с минимальным оперативным временем, то оно будет выполняться для любого станка, включаемого в группу МСО. Таким образом, необходимое условие организации МСО без простоев технологического оборудования можно записать:

$$d \geq T^3. \quad (9)$$

Здесь допустим, что станки группы обслуживаются в порядке присвоенных им номеров. В случае одновременного окончания автоматической работы нескольких станков они будут обслуживаться в том же порядке, то есть предпочтение будет отдано станку с меньшим номером. Построим доказательство от противного.

Допустим, что пропорциональность операций не гарантирует бесперебойной работы группы, то есть через некоторое время  $T$  от момента  $t=0$  начала работы группы возникает простой одного из станков по причине, что в этот момент оператор занят обслуживанием другого станка. Эта ситуация включает и вариант одновременной остановки станков. Обозначим номера рас-

сматриваемых станков соответственно  $k$  и  $q$  и предположим, что  $k < q$ . Пусть к моменту времени  $T$  операция  $k$  выполнялась  $N_k$  раз. Тогда из пропорциональности операций следует, что операция  $q$  выполнялась

$$N_q = \frac{N_k A_k}{A_q} - 1 \text{ раз.} \quad (10)$$

Следовательно, простой станка  $q$  может возникнуть при условиях, описываемых системой неравенств, следующего вида:

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 + N_q t_q^{on} \geq N_k t_k^{on},$$

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 + N_q t_q^{on} < N_k t_k^{on} + t_k^3,$$

а простой станка  $k$  – при условиях, описываемых системой аналогичных неравенств, следующего вида:

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 + N_q t_q^{on} < N_k t_k^{on},$$

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 + N_q t_q^{on} + t_q^3 \geq N_k t_k^{on}.$$

Учитывая, что  $t_k^{on} = A_k d$ , а  $t_q^{on} = A_q d$ , из первой системы неравенств имеем:

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 \geq (N_k A_k - N_q A_q) d. \quad (15)$$

Используя выражение для  $N_q$ , получаем, что

$$\sum_k^{q-1} t_j^3 \geq d. \text{ Тогда тем более } T^3 > d. \text{ Это противоре-}$$

чит основному условию МСО, хотя ранее принималось, что это условие должно выполняться.

Аналогичный результат можно получить, используя условия второй системы неравенств. Значит предположение о возможности простоев в группе, выполняющем пропорциональные операции, при соблюдении основного условия МСО, неверно. Таким образом, доказана достаточность требования пропорциональности операций для бесперебойной работы группы стан-

ков. Заметим, что величина  $\sum_k^{q-1} t_j^3$  представляет собой сдвиг по времени с момента начала первого обслуживания станка  $q$  по отношению к началу первого обслуживания станка  $k$ . Поскольку номера  $k$  и  $q$  выбраны произвольно, то принятое при доказательстве упорядочение станков не влияет на его общность.

Случай пропорциональных операций имеет большую общность по сравнению со случаем

кратных операций. Случай кратных операций получается из случая пропорциональных операций при условии, что любое  $A_{j+1} = A_j b_{j+1}$ , где  $b_{j+1}$  – натуральное число.

Это является существенным ограничением на организацию МСО. Требование пропорциональности операций можно сформулировать в виде делимости всех оперативных времен выполняемых в группе МСО операций на минимальное значение оперативного времени.

Удобство пропорциональных операций состоит в том, что для них можно аналитически рассчитать характеристики группы МСО, которые обычно определяются с помощью циклограммы. К таким характеристикам, прежде всего, относится величина цикла МСО. Под циклом МСО понимается минимальный интервал времени, в течение которого обслуживание всех станков группы повторяется в одинаковом порядке.

При пропорциональных операциях величина цикла МСО составит

$$T_{ц}^{mc} = Qd, \quad (16)$$

где  $Q$  – наименьшее общее кратное коэффициентов  $A_j$ .

Из данного соотношения можно вычислить коэффициент загрузки оператора. За время цикла МСО  $j$ -я операция выполняется  $Q/A_j$  раз. При каждом ее выполнении оператор затрачивает время  $t_j^3$ .

Следовательно, общая загрузка оператора в цикле МСО будет равна  $Q \sum_j (t_j^k / A_j)$ , а коэффициент загрузки оператора составит:

$$k_p^3 = \frac{Q \sum_j (t_j^3 / A_j)}{T_{ц}^{mc}} = \frac{1}{d} \sum_j (t_j^k / A_j). \quad (17)$$

На базе случая пропорциональных операций удобно построить некоторые приближенные алгоритмы создания группы станков для МСО.

Задача организации МСО в производстве при проектировании организационно-производственных структур в условиях ИИКСУ и в процессе их эксплуатации формулируется по-разному. На этапе проектирования требуется найти оптимальное разбиение всего множества станков организационно-производственной структуры на группы для МСО, каждый из которых обслуживается одним оператором.

В процессе эксплуатации организационно-производственных структур задача организации МСО наиболее актуальна для диверсифицированного производства. Решить ее можно, оптимально закрепив операции за существующими организационно-производственными структура-

ми на очередной плановый период. Это может быть смена, сутки или какой-либо другой календарный отрезок времени. В любом случае речь идет о взаимозаменяемых станках по отношению к номенклатуре выполняемых операций. Если это условие выполняется не для всех станков организационно-производственной структуры, задачу следует решать по отношению к каждой группе взаимозаменяемого оборудования.

Задача организации МСО в диверсифицированном производстве усложняется. Это связано с тем обстоятельством, что плановый объем работ по некоторым операциям может не обеспечивать полной загрузки станков. Поэтому каждая из заданных к выполнению операций в оперативном времени работы станка кроме величин  $t_j^{on}$  и  $t_j^3$  должна характеризоваться плановым коэффициентом загрузки станка  $K_j^3$ .

Задача разбиения группы взаимозаменяемых станков организационно-производственной структуры на группы для варианта МСО на этапе проектирования может быть сформулирована следующим образом:

даны  $M$  станков, за каждым из которых закреплено выполнение операции с известными значениями величин  $t_j^{on}$ ,  $t_j^3$  и  $K_j^3$ ;

известно максимально допустимое количество станков  $r$  в зоне обслуживания оператора. В результате решения задачи требуется найти такое разбиение заданного множества станков на группы для МСО, чтобы достигался оптимум выбранной целевой функции при условии, что фактический коэффициент загрузки любого из станков  $k_j^3$  при работе в группе для МСО удовлетворяет условию:

$$K_j^3 \leq k_j^3 \leq K_j^3 + \Sigma, \quad (18)$$

где  $\Sigma$  – заданная величина.

В качестве целевой функции эффективности организации МСО могут выступать различные функциональные зависимости, характеризующие процесс формирования экономических и финансовых показателей. Например, на практике таким показателем часто служит минимум затрат на приобретение и использование многофункционального технологического оборудования с ЧПУ.

В процессе эксплуатации компьютеризированного производства формулировка задачи организации МСО приобретает другой вид:

даны  $N$  комплектов станков для МСО и  $M$  операций, подлежащих выполнению в плановом периоде, которые характеризуются теми же параметрами, что и в предыдущем случае. Причем величина  $M$  не должна превышать значение суммарного числа станков во всех группах.

В результате решения данной задачи требуется закрепить операции за группами таким об-

разом, чтобы минимизировать текущие затраты на содержание и эксплуатацию ИИКСУ в организационно-производственной структуре при тех же, что и в предыдущем случае, требованиях к величине  $k_j^3$ . Эти требования формализуют условия обязательного выполнения планируемой производственной программы организационно-производственной структуры.

Сформулированные задачи организации МСО являются комбинаторными. Точное решение таких задач можно получить только путем полного перебора всех возможных вариантов группировки станков или путем проектирования всех возможных вариантов закрепления операций за станками. При достаточно большом количестве станков такие задачи относятся к классу трудно-решаемых, то есть их решение нельзя получить за приемлемое время даже с помощью компьютерных программ.

Разработка приближенных методов решения комбинаторных трудно-решаемых задач представляет практический интерес. Идея рассматриваемого метода решения основана на аналогии со случаем пропорциональных операций. Пусть даны  $M$  операций, характеризующихся величинами  $t_j^{on}, t_j^3$  и  $K_j^3$ . Допустимое превышение загрузки станков по отношению к плановой величине составляет  $\Sigma$ . Требуется закрепить заданное количество технологических операций за группами для МСО таким образом, чтобы фактически коэффициенты загрузки станков были не меньше планируемых и отличались от них не больше чем на величину  $\Sigma$ .

Для всех заданных операций рассчитываются величины  $\tau_j^* = [t_j^{on}]$ , где символ  $[*]$  означает целую часть числа. По смыслу  $\tau_j$  представляет собой период повторяемости  $j$  операции, при котором коэффициент загрузки выполняющего эту операцию станка с точностью до округления результата деления равен  $K_j^3$ .

Примем:  $d = \min t_{\tau_j}$ , рассчитанные периоды повторяемости проверяются на пропорциональность. Для этого по каждой операции определяется, во-первых, величина  $A_j^{\circ} = [\tau_j / d]$ , а во-вторых, фактический коэффициент загрузки  $k_j^3$  при выполнении данной операции в группе для МСО с коэффициентом пропорциональности  $d$ . Очевидно, что в этом случае:

$$k_j^3 = \frac{t_j^{on}}{A_j^{\circ} d}. \quad (19)$$

Технологическая операция может быть выполнена в выбранной группе для МСО при условии, что  $k_j^3$  находится в пределах допустимого отклонения  $\Sigma$  от  $K_j^3$ . Окончательная проверка допустимости выбора группы станков для

организации МСО заключается в контроле основного условия МСО:  $T^3 = d$ .

В том случае, если  $T^3 > d$ , то количество станков в группе необходимо уменьшить. Аналогично количество станков в группе МСО не может превышать допустимое количество станков в зоне обслуживания оператора.

Для реализации метода аналогии с пропорциональными операциями можно построить соответствующий алгоритм вычислений. При создании такого алгоритма задача разбиения заданного множества станков на группы для МСО заменяется задачей последовательного выделения таких групп. В этом случае для всех заданных к выполнению операций вначале рассчитывается период повторения  $\tau_j$ . После этого операции упорядочиваются в соответствии с возрастанием  $\tau_j$ , а затем осуществляется пошаговый процесс выделения групп. На каждом шаге за величину  $d$  следует принимать значение  $\tau_j^3$  для первой в последовательности операции. Далее к выбранной операции следует подбирать другие операции, исходя из их пропорциональности, допустимости величины  $k_j^3$  и ограничений по основному условию МСО и количеству станков в зоне обслуживания оператора.

Очевидно, что величина параметра  $\Sigma$  влияет на подбор технологических операций, включаемых в группы МСО. Путем вариации данного параметра в некоторых, допустимых с точки зрения заданных условий проектирования компьютеризированного производства, пределах можно получить различные варианты организации МСО. Каждому из таких вариантов будет соответствовать определенное значение выбранной при постановке задачи целевой функции эффективности. Выбор варианта, обеспечивающего оптимум целевой функции, позволяет говорить о квазиоптимальном характере приближенного метода.

Описанный метод может быть использован при постановке и решении задачи о выборе модели компьютеризированного обслуживания данной группы взаимозаменяемого оборудования.

Алгоритм решения задачи закрепления операций за станками при эксплуатации компьютеризированного производства аналогичен ранее рассмотренному алгоритму. Количество фактически существующих в различных группах МСО станков выступает как ограничение на количество станков в зоне обслуживания оператора. Квазиоптимизация решения достигается на множестве допустимых решений, генерируемом посредством вариации параметра  $\Sigma$  в пределах от 0 до максимально допустимого значения. Существенное отличие данного алгоритма от ранее рассмотренного состоит в том, что ввиду заранее заданного ко-

личества комплектов множество допустимых решений может оказаться пустым. Такая ситуация возможна даже в том случае, когда количество выполняемых операций меньше количества станков. Тогда получение хотя бы одного допустимого решения задачи будет связано с изменением исходных данных по составу технологических операций или по объему работ, выраженному планируемыми коэффициентами загрузки станка.

Приближенный метод решения задач организации МСО в компьютеризированном производстве имеет достаточно высокую эффективность, так как при заданном значении решение получается не более чем из  $M$  шагов из исходной последовательности операций. Предлагаемый метод организации МСО гарантирует загрузку станков не ниже планируемой величины и с отклонением от нее не больше заданной величины  $\Sigma$ , а также соблюдение ограничения на

количество станков в зоне обслуживания оператора. Вычисления с использованием алгоритма реализации данного метода не сложны. На практике эти расчеты можно выполнять вручную. По сравнению с традиционно используемым методом циклограмм данный метод предоставляет пользователю существенные преимущества ввиду полной формализации процесса организации МСО в компьютеризированном производстве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: компьютерное обеспечение индустриального бизнеса [под общ. ред. А.Г. Братухина]. К.: Техника. 2001. 728 с.
2. Ромашов А.В., Баранов В.В. Стратегии развития научно-производственных предприятий аэрокосмического комплекса: инновационный путь. М.: Альпина Паблишерз, 2009. 215 с.

### ADAPTATION IN THE INTEGRATED INFORMATION-COMMUNICATION SYSTEMS OF THE PROCESS EQUIPMENT WITH NUMERICAL PROGRAM MANAGEMENT

© 2010 V.P.Mahitko<sup>1</sup>, I.B.Sirotkina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ulyanovsk Higher Civil Aviation School (Institute)

<sup>2</sup> Institute of Aviation Technologies and Managements  
Ulyanovsk State Technical University

In clause authors consider procedure of introduction (adaptation) in the integrated information-communication systems the equipment with the numerical program management, being basis of computer technology or objects working on a principle of "paperless" technology in production-technological of manufacturing of objects of flying devices (planes); authors also consider realities of the basic manufacture of the aircraft constructing enterprise in conditions of market economy; form modern lines of development hi-tech manufactures which are connected with increase of a level of automation of industrial-technological systems; emphasize importance of adaptation in integrated information-communication systems CAD/CAM - systems in invariant codes with standard library of postprocessors. Authors consider as the important problem for the aviabuilding enterprise is an increase of economic efficiency CAD/CAM - systems which should promote and provide maximal use technical, technological and floor spaces, etc.

Key words: numerical program management, production-technological process, aviabuilding enterprise

*Vyacheslav Mahitko, кандидат Candidate of Economics, Associate Professor.*

*Irena Sirotkina, Associate Professor. Тел. (8422) 20-95-56*