

УДК 621.865.8

DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-1-56-59

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

© П.М. Кузнецов<sup>1)</sup>, В.К. Москвин<sup>1)</sup>, В.А. Федоров<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)  
105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5  
e-mail: profpol@rambler.ru

<sup>2)</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина  
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33  
E-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Рассмотрены вопросы организации запуска технологических процессов в технологическую систему, при которой обеспечиваются такие важные показатели, как высокая производительность, низкая трудоемкость, минимальная незавершенность машиностроительного производства.

*Ключевые слова:* технологическая система; производственная система; информационная среда; производственное задание; проектирование

Технологическая система, являющаяся основной частью производственной системы, по существу определяет качественные параметры процесса выпуска продукции машиностроительного производства. Процесс выпуска продукции обусловлен, с одной стороны, составом технологического оборудования и параметрами предмета производства – с другой [1–3].

Модульное построение современного технологического оборудования на основе мехатронных систем, появление новых материалов инструментальной оснастки, систем контроля текущих технологических параметров привело к появлению multifunctionальных станков. Одновременно с широким внедрением отличных от традиционных процессов резания других физических принципов формирования детали появились «многозадачные» станки. Это, в частности, определило возможность реализации аддитивных технологий изготовления деталей.

Происходящие качественные изменения состава технологической системы обеспечивают изготовление целого ряда новых видов деталей, например монолитных деталей. Появление подобных деталей позволило существенно расширить возможности проектируемых изделий машиностроительного производства. Конструкции подобных изделий существенно улучшили их технико-эксплуатационные показатели. Улучшение таких параметров, как массо-габаритные показатели, показатели надежности, долговечности оказывается особенно важным для таких машиностроительных отраслей, как ракетно-космическая промышленность, авиационная и др.

Успешная реализация конструкторских проектов может быть выполнена только при наличии организационно-технологических решений, позволяющих организовать технологический процесс, обеспечивающий:

- высокую производительность при минимальной трудоемкости изготовления;
- выполнение заданных сроков изготовления продукции при обеспечении требований по качеству;
- минимальный объем незавершенного производства.

Основой информационной модели организации цехохода производственного задания является совокупность данных о запускаемом технологическом процессе, технологических процессах, реализуемых в текущий момент времени в данном цехе, параметрах оборудования технологической системы, сроках календарного планирования.

При построении математической модели в качестве основных параметров, характеризующих состояние технологического оборудования технологической системы, использовались:

- время освобождения технологического оборудования после завершения предыдущей технологической операции;
- время переналадки технологического оборудования с одной технологической операции на другую;
- длительность периода времени выполнения заданной операции;
- возможность использования полностью или частично элементов наладки от предыдущей технологической операции для выполнения последующей.

Основными параметрами, характеризующими производственные задания, являются:

- множество технологических операций, выполнение которых необходимо для получения каждого производственного задания;
- возможные варианты последовательностей выполнения технологических операций при выполнении каждого производственного задания;

- сроки выполнения производственного задания;
- требования к срокам выполнения производственного задания (штрафные санкции, взаимосвязь с другими производственными заданиями и т. д.).

Перечисленные параметры используются при выработке стратегии последовательности запуска производственного задания в технологическую систему. Стратегия запуска предусматривает формирование последовательности моментов времени начала изготовления отдельных производственных заданий. Эта последовательность является динамическим рядом, компоненты которого могут менять порядок следования и значения в зависимости от складывающейся в текущий момент производственной ситуации.

Матрица, описывающая характеристики свободной части технологической системы, является трехмерной и состоит из некоторого числа  $n$  двумерных матриц  $A_i$ , соответствующих числу единиц технологического оборудования ее составляющих. Каждая матрица  $A_i$  представляет собой двумерную матрицу размерности  $m+1, m$ :

$$A_i = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,m} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,m} \\ a_{m+1,1} & a_{m+1,2} & \dots & a_{m+1,m} \end{pmatrix},$$

где  $m$  – общее количество технологических операций, которые могут быть выполнены в данной производственной системе;  $a_{p,q}$  – время переналадки данного технологического оборудования с операции  $p$  на операцию  $q$ , ( $1 \leq p \leq m$ ;  $1 \leq q \leq m$ ).

Последняя строка  $a_{m+1,q}$  представляет собой время обработки одной заготовки на операции  $q$ .

При перемещении заготовки от одного технологического оборудования к другому затрачивается время, которое определяется их относительным расположением на производственных площадях. Время перемещения заготовок между технологическим оборудованием может быть представлено в виде матрицы  $B$ , которая имеет размерность  $n+2, n$ .

$$B = \begin{pmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & \dots & b_{1,n} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & \dots & b_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n,1} & b_{n,2} & \dots & b_{n,n} \\ b_{n+1,1} & b_{n+1,2} & \dots & b_{n+1,n} \\ b_{n+2,1} & b_{n+2,2} & \dots & b_{n+2,n} \end{pmatrix},$$

где  $n$  – общее количество технологического оборудования, составляющего производственную систему;  $b_{p,q}$  – время перемещения заготовок от  $p$ -го технологического оборудования к  $q$ -му ( $1 \leq p \leq n$ ;  $1 \leq q \leq n$ ).

Строка  $n+1$  содержит информацию о времени доступа к  $q$ -му технологическому оборудованию и определяет время завершения на нем предшествующей операции. Компоненты этой строки являются динамически меняющимися.

Последняя строка  $n+2$  содержит информацию о приоритете производственного заказа, выполняемого на данном технологическом оборудовании. Кроме того,

в данную строку при необходимости заносится информация о потере работоспособности этого оборудования в текущий момент времени. Например, если данное технологическое оборудование не функционирует по причине проведения ремонтных работ, то в соответствующий элемент строки  $n+2$  записывается признак занятости по высшему приоритету, а в строке  $n+1$  – время доступа, соответствующее предполагаемому времени проведения ремонтных работ.

При поиске варианта оптимальной загрузки технологического оборудования следует исходить из сроков запуска каждого производственного задания и учитывать его оптимальный технологический маршрут обработки. При планировании загрузки технологического оборудования производственное задание с более ранним сроком запуска (приоритетное) поступает на технологическое оборудование согласно его оптимальному маршруту обработки. Далее выбирается следующее производственное задание с более поздним сроком запуска, и ему назначается технологическое оборудование согласно его оптимальному маршруту и т. д. Наконец, для очередного производственного задания складывается ситуация, когда в связи с загрузкой технологического оборудования более приоритетными производственными заданиями оказывается невозможным обеспечить выполнение технологической операции согласно его оптимальному маршруту. Тогда это производственное задание направляется на свободное технологическое оборудование, для которого соблюдается условие:

$$F(b_{n+1,k} + b_{k1,k} + a_{m+1,j} * n_{ci} + a_{1j}^k) \rightarrow \min.$$

Выбор наилучшего варианта осуществляется в среде не только свободного технологического оборудования, но и в среде технологического оборудования, занятого производственным заданием, с более низким уровнем приоритета. В случае, если целесообразным оказывается использование технологического оборудования, занятого производственным заданием с более низким приоритетом, выполнение прерывается и его место занимает производственное задание с более высоким приоритетом.

Очередной шаг  $\Delta t$  квантования по времени в математической модели определяется как минимальный из ряда времен доступа к тому или иному технологическому оборудованию:

$$\Delta t = \min (B_{n+1,1}, B_{n+1,2} \dots B_{n+1,n}),$$

где  $B_{n+1,i}$  – члены матрицы.

После определения величины  $\Delta t$  все коэффициенты приведенного ряда уменьшаются на эту величину, и далее процесс повторяется.

$$\begin{cases} B_{n+1,i} = B_{n+1,i} - \Delta t & \text{при } B_{n+1,i} \geq \Delta t \\ B_{n+1,i} = 0 & \text{при } B_{n+1,i} < \Delta t \end{cases}$$

Таким образом, обеспечиваются условия, близкие к оптимальным, для обработки приоритетных производственных заданий. Остальные производственные задания выполняются по мере освобождения технологического оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов П.М., Москвин В.К. Управление целеустремленной средой сопровождения изготовления изделий // Информационные технологии в проектировании и производстве. М., 2016. № 1. С. 58-64.
2. Кузнецов П.М., Москвин В.К. Информационно-технологическое обеспечение гибких промышленных производств // Инновационная наука. Уфа: АЭТЕРНА, 2016. № 1. Ч. 2. С. 67-72.

3. Москвин В.К., Кузнецов П.М. Сравнительная оценка вариантов приводов промышленных роботов в роботизированных технологических комплексах // Инновационная наука. Уфа: АЭТЕРНА, 2016. № 3. Ч. 3. С. 118-122.

Поступила в редакцию 1 февраля 2017 г.

Кузнецов Павел Михайлович, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлорежущие станки», e-mail: profpol@rambler.ru

Москвин Валерий Константинович, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Металлорежущие станки», e-mail: moskvin1945@mail.ru

Федоров Виктор Александрович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

UDC 621.865.8

DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-1-56-59

## INFORMATION ENVIRONMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES' MAINTENANCE OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION

© P.M. Kuznetsov<sup>1</sup>, V.K. Moskvina<sup>1</sup>, V.A. Fedorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University  
(National Research University)

5 2-ya Baumanskaya St., Moscow, Russian Federation, 105005  
e-mail: profpol@rambler.ru

<sup>2</sup> Tambov State University named after G.R. Derzhavin  
33 Internatsionalnaya St., Tambov, Russian Federation, 392000  
E-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

The questions of the technological processes organization start in a technological system that upholds these important indicators, such as high performance, low labor intensity, minimal incompleteness of engineering production are considered.

*Key words:* technological system; manufacturing system; information environment; production job; engineering

## REFERENCES

1. Kuznetsov P.M., Moskvina V.K. Upravlenie tselestremlennoy sredoy soprovozhdeniya izgotovleniya izdeliy [Management purposeful manufacture of products support the environment]. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve – Information Technologies in the Design and Production*, 2016, no. 1, pp. 58-64. (In Russian).
2. Kuznetsov P.M., Moskvina V.K. Informatsionno-tekhnologicheskoe obespechenie gibkikh promyshlennykh proizvodstv [Information-technological support of flexible industrial production]. *Innovatsionnaya nauka – Innovative Science*, 2016, no. 1, pt. 2, pp. 67-72. (In Russian).
3. Moskvina V.K., Kuznetsov P.M. Sravnitel'naya otsenka variantov privodov promyshlennykh robotov v robotizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksakh [Comparative evaluation of options of industrial robots in the robotized technological complexes]. *Innovatsionnaya nauka – Innovative Science*, 2016, no. 3, pt. 3, pp. 118-122. (In Russian).

Received 1 February 2017

Kuznetsov Pavel Mikhailovich, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor, Professor of “Metal Machine” Department, e-mail: profpol@rambler.ru

Moskvin Valery Konstantinovich, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor, Associate Professor of “Metal Machine” Department, e-mail: moskvin1945@mail.ru

Fedorov Viktor Aleksandrovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Professor of Theoretical and Experimental Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

**Информация для цитирования:**

Кузнецов П.М., Москвин В.К., Федоров В.А. Информационная среда сопровождения технологических процессов в машиностроительном производстве // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2017. Т. 22. Вып. 1. С. 56-59. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-1-56-59

Kuznetsov P.M., Moskvin V.K., Fedorov V.A. Informatsionnaya sreda soprovozhdeniya tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroitel'nom proizvodstve [Information environment of technological processes' maintenance of machine-building production]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, 2017, vol. 22, no. 1, pp. 56-59. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-1-56-59 (In Russian).