

УДК 658.523: 658.5.011

ПРОБЛЕМА СОСТАВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ ДИСКРЕТНОГО МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Колесникова О.В., Лелюхин В.Е.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: miis@mail.ru

В статье показано, что характерной чертой для условий единичного и мелкосерийного производства является низкий коэффициент загрузки рабочих мест. Основная причина этого заключается в проблемах организации эффективного заполнения рабочих мест, вызванных противоречиями представления модели изделий и производственно-технологической инфраструктуры. Показано, что структурная модель изделия накладывает ограничения на возможность размещения технологических операций в параметрическом временном поле. В качестве одного из путей решения этой проблемы предложена модель формирования расписания загрузки рабочих мест, основанная на алгоритме послойной обработки электронной структуры изделия с ранжированием деталей сборочных единиц каждого слоя по длине пути изготовления, определяемой длиной технологического цикла. Предложенный алгоритм реализован на платформе 1С:УПП и внедрен на производственном предприятии, что позволило увеличить загрузку оборудования в среднем на 20...30%.

Ключевые слова: дискретное производство, загрузка оборудования, машиностроение, планирование производства

THE PROBLEM OF OPTIMAL SCHEDULING OF DISCRETE SMALL-SCALE PRODUCTION

Kolesnikova O.V., Lelyukhin V.E.

Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: miis@mail.ru

The characteristic feature single or small batch production is the low employment rate of jobs. The main reason for this is the problems of organizing effective filling jobs due to conflicts between models of products, production and technological infrastructure. Structural model of the product limits the possibility of placing manufacturing operations in a parametric time field. To solve this problem, we propose the use of a new generation algorithm schedules of equipment. The algorithm produces machining of parts and assembly units of the electronic structure of the product into layers. Layer consists of the terminal vertices of the graph of electronic product structure called leaves. All parts and assembly units of each layer is sorted by the path length of manufacturing, which is determined by the length of the technological cycle of manufacture. The algorithm is realized in the 1С: UPP and is used in a manufacturing enterprise. This allowed the enterprise to increase employment rate of jobs by 20...30%.

Keywords: discrete manufacturing, employment equipment, engineering, production planning

При планировании производства одним из основных показателей эффективности процесса является коэффициент загрузки оборудования, характеризующий полноту использования оборудования и равный отношению количества станко-часов, необходимых для выполнения годовой программы выпуска, к эффективному годовому фонду времени работы всего этого оборудования [5]. Данный показатель существенно зависит от типа производства. Если для массового производства он может достигать значения 90%, то с уменьшением серийности производства показатель значительно уменьшается. Для мелкосерийного и единичного производства вопрос повышения коэффициента загрузки оборудования становится одной из основных проблем.

Производственная структура изделия

Структура изделия может быть представлена в виде графа работ, который получается из электронной структуры изделия (ГОСТ 2.053-2006) заменой вершин последовательностями технологических операций их изготовления [1, 4]. Построенный

таким образом граф работ (рис. 1) является производственной структурой изделия и представляет собой модель информационного взаимодействия конструкторской и технологической подготовки.

Необходимо отметить, что каждая технологическая операция может выполняться на определенном рабочем месте. Однако при изготовлении разных деталей могут выполняться однотипные операции и, соответственно, эти операции задействуют одно и то же рабочее место. Для примера, изображенного на рис. 1, составлена таблица соответствия технологических операций и рабочих мест, на которых они выполняются (рис. 2).

Формально процедура планирования описывается следующим образом. Имеется множество рабочих мест $R := \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$. Их способность выполнять некоторые работы характеризуется интервалом доступности, т.е. режимом работы оборудования или рабочих мест. Соответственно, время доступности всех рабочих мест может быть описано множеством $T := \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, где каждому рабочему месту соответствует его режим работы.

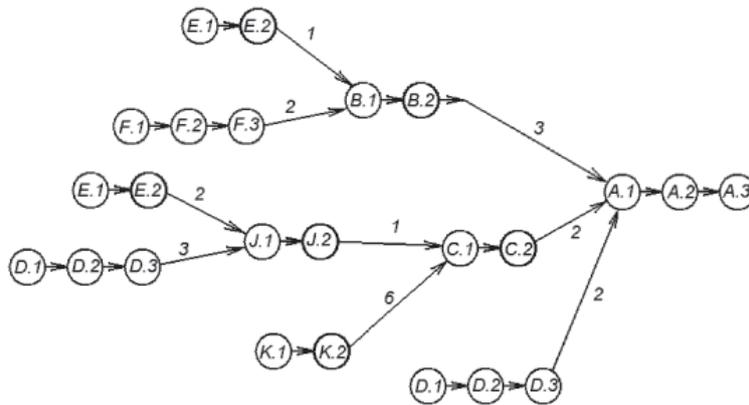


Рис. 1. Производственная структура изделия в виде графа-дерева

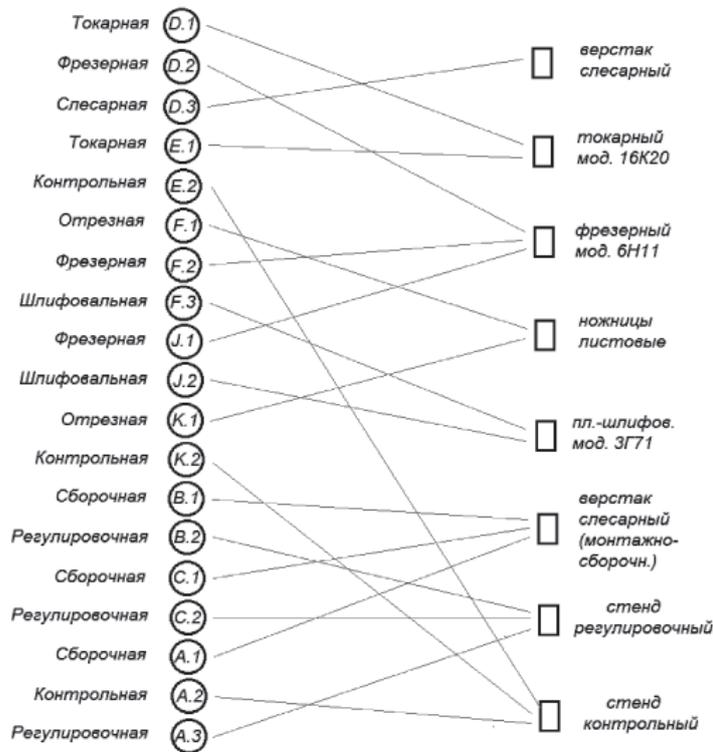


Рис. 2. Соответствия детали-операций и рабочих мест

Совокупность выполняемых операций на рабочем месте и определяет загрузку или расписание работы рабочего места p_{ri} .

В такой модели план $P := \{p_{r_1}, p_{r_2}, \dots, p_{r_m}\}$ представляется как функция трех параметров: времени, рабочего места и технологической операции.

$$P = P(T, R, O),$$

где T – время доступности рабочих мест; R – множество рабочих мест; O – множество технологических операций $O := \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$.

Противоречия планирования и проблемы оптимизации расписания

При выполнении процесса планирования возникают ограничения, связанные со структурой изделия и использованием рабочих мест. Исходя из структуры изделия, сборочная единица не может быть изготовлена раньше, чем все детали и другие сборочные единицы, входящие в нее. В представленном на рис. 1 примере операция $J.1$ не может начаться раньше, чем закончатся

операции *E.2* и *D.3*. Аналогичная ситуация складывается с использованием рабочих мест. На одном рабочем месте не могут одновременно выполняться несколько технологических операций. Например, операции *D.1* и *E.1* выполняются на одном и том же токарном станке. Соответственно, если начато выполнение операции *D.1*, то операция *E.1* может начать выполняться только после ее завершения.

Отсюда возникает основное противоречие, заключающееся, с одной стороны, в невозможности разместить операцию на свободном рабочем месте, если не подошла ее очередь в порядке обработки, соответствующем структуре изделия, с другой стороны, в невозможности разместить очередную операцию по структуре изделия, если рабочее место занято.

Таким образом, при планировании производства, особенно имеющего мелкосерийный и единичный характер, невозможно добиться стопроцентной загрузки рабочих мест, всегда имеются перерывы между выполняемыми операциями. Пример графика загрузки рабочих мест для изготовления изделия, представленного на рис. 1 и использующего рабочие места, описанные на рис. 2, изображен на рис. 3.

порядок выполнения технологических операций.

Соответственно, основной задачей планирования производства является повышение загрузки оборудования (уменьшение времени простоев оборудования).

Алгоритм «Опадающие листья»

Одним из путей решения является разработка алгоритма, позволяющего с учетом структуры изделия определять наиболее эффективный порядок изготовления детали-сборочных единиц.

Авторами разработан алгоритм «Опадающие листья» [2, 3], определяющий последовательность обработки детали-сборочных единиц в зависимости от длины производственного цикла их изготовления. В алгоритме применен оригинальный подход, основанный на послойном «срезании» висячих вершин графа, называемых листьями. В каждом слое детали-сборочные единицы ранжируются в порядке уменьшения длины пути их изготовления. Под путем понимается простая цепь в графе электронной структуры изделия, соединяющая вершину с корнем

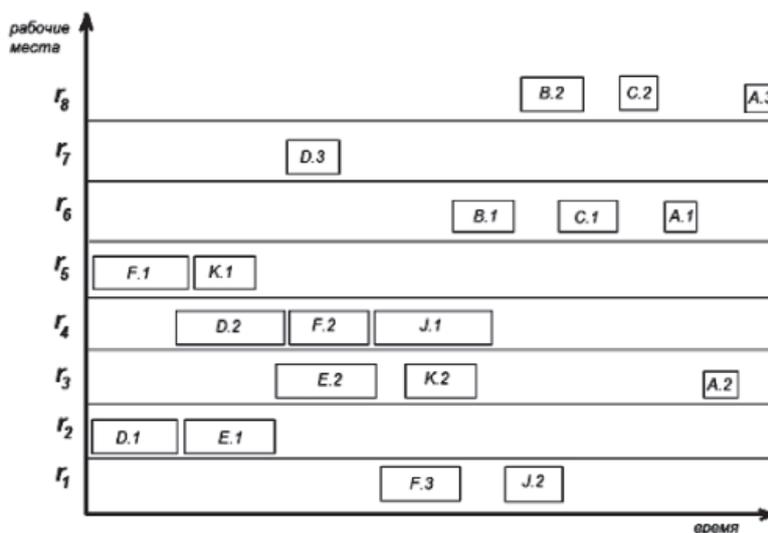


Рис. 3. График загрузки рабочих мест изготовления изделия, имеющего производственную структуру рис. 1

Как видно из рис. 3, загрузка оборудования составляет гораздо менее 50%. Основными причинами такой ситуации, как отмечалось выше, являются структура изделия, которая накладывает ограничения на порядок изготовления детали-сборочных единиц, и имеющиеся рабочие места, накладывающие ограничения на

дерева. Длина пути определяется как сумма весов ребер, составляющих путь.

$$S_j = \sum_{k=1}^j c_k,$$

где S_j – путь из j -й вершины до корневой вершины; c_k – вес k -го ребра.

В качестве весов ребер предлагается использовать длину технологического цикла производства деталесборочной единицы с учетом ее применяемости в изделии.

Заключение

Таким образом, алгоритм позволяет вначале расставлять наиболее длительные операции, а затем в имеющиеся промежутки между операциями расставлять «короткие» операции. Внедрение разработанного на основе 1С:УПП алгоритма планирования на предприятии ОАО «Дальрыбтехцентр» позволило увеличить загрузку оборудования в среднем на 20...30%.

Список литературы

1. Колесникова, О.В. Методика планирования дискретного машиностроительного производства / О.В. Колесникова, В.Е. Лелюхин // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по материалам XXXVIII международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд.«СибАК», 2014. – № 9(34). – С. 128–139.
2. Колесникова, О.В. Синхронное управление ресурсами предприятия в машиностроении / О.В. Колесникова В.Е. Лелюхин // Автоматизация в промышленности. – М.: ООО Издательский дом «ИнфоАвтоматизация», 2015. – № 3. – С. 59–62.
3. Колесникова, О.В. Алгоритм определения последовательности изготовления элементов изделия «Опадающие листья» / О.В. Колесникова, В.Е. Лелюхин // Глобальный научный потенциал. СПб.: Изд. Фонд развития науки и культуры. – 2015. – № 2(47). – С. 51–54.
4. Лелюхин В.Е., Рассказов Д.М. Технологическая документация. Оформление учебных отчетных документов: учеб. пособие для вузов. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2008. – 128 с.

5. Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент): учебник / К.А. Грачева, М.К. Захарова, Л.А. Одинцова и др.; под ред. Ю.В. Скворцова, Л.А. Некрасова. – М.: Высш. шк., 2003. – 470 с.: ил.

References

1. Kolesnikova, O.V. Metodika planirovaniya diskretnogo mashinostroitel'nogo proizvodstva / O.V. Kolesnikova, V.E. Lelyukhin // Tekhnicheskie nauki ot teorii k praktike. Sb. st. po materialam XXXVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii no. 9(34). Novosibirsk. Izd.«SibaK» 2014. pp. 128–139.
2. Kolesnikova, O.V. Sinkhronnoe upravlenie resursami predpriyatiya v mashinostroyenii / O.V. Kolesnikova, V.E. Lelyukhin // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. M.: ООО Izdatelskiy dom «InfoAvtomatizatsiya» 2015. no. 3 pp. 59–62.
3. Kolesnikova, O.V. Algoritm opredeleniya posledovatel'nosti izgotovleniya elementov izdeliya «Opadayushchie listya» / O.V. Kolesnikova, V.E. Lelyukhin // Globalnyy nauchnyy potentsial. SPb.: Izd. Fond razvitiya nauki i kulytury 2015. no. 2(47) pp. 51–54.
4. Lelyukhin, V.E. Tekhnologicheskaya dokumentatsiya. Ofornenie uchebnykh otchetnykh dokumentov: ucheb. posobie dlya vuzov. / V.E. Lelyukhin, D.M. Rasskazov Vladivostok : Mor. gos. un-t, 2008. 128 p.
5. Organizatsiya i planirovanie mashinostroitel'nogo proizvodstva (proizvodstvennyy menedzhment): Uchebnik / K.A. Gracheva, M.K. Zaharova, L.A. Odintsova i dr.; Pod red. U.V. Skvortsova, L.A. Nekrasova. M.: Vysh. shk., 2003. 470 p.

Рецензенты:

Достовалов В.А., д.т.н., профессор, ДВФУ, г. Владивосток;
 Леонтьев Л.Б., д.т.н., профессор, ДВФУ, г. Владивосток.
 Работа поступила в редакцию 01.04.2015.