

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА»

А.В. Сорокин

МОДЕЛИ ЗАДАЧ УПОРЯДОЧЕНИЯ С РАЗНОНАПРАВЛЕННЫМИ МАРШРУТАМИ

Методические материалы
к практической работе по дисциплине
«Моделирование»

Барнаул 2022

Сорокин А.В. Модели задач упорядочения с разнонаправленными маршрутами. Методические материалы к практической работе по дисциплине «Моделирования» / А.В. Сорокин; Алт. госуд. технич. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул, 2022. – 16 с.

В методическом материале изложены задачи по дисциплине «Моделирование», используемый для выполнения практических заданий. Материал содержит описание задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами обработки деталей и методы ее решения графическим методом и методом с использованием эвристических правил предпочтения. Материал снабжен примерами поиска решений для рассматриваемых задач упорядочения. Методические материалы предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Программная инженерия», «Информатика и вычислительная техника».

Содержание

1. Графический метод решения задачи упорядочения обработки двух деталей на m станках (задача $2 \times m$)	4
1.1. Описание графического метода	4
2. Метод решения задачи упорядочения обработки n деталей на m станках с разнонаправленными маршрутами	9
2.1. Введение	9
2.2. Постановка задачи	9
2.3. Метод поиска решения	11
2.4. Решение задачи на «игрушечном примере»	12
3. Вопросы по теме	15
4. Список литературы	16

1. Графический метод решения задачи упорядочения обработки двух деталей на m станках (задача $2 \times m$)

1.1. Описание графического метода

Рассмотрим метод, называемый графическим методом, применимый к деталям, имеющий как различные, так и одинаковые жесткие маршруты. Пусть исходные условия задачи представлены в виде следующей таблицы

i		Станки			
1	Маршрут обработки	A	B	C	D
	Время обработки	3	3	4	4
2	Маршрут обработки	B	A	C	D
	Время обработки	2	4	3	5

где i - номер детали, A,B,C,D – станки.

Возьмем на плоскости прямоугольные координаты и отложим на оси абсцисс трудоемкости обработки первой детали в порядке следования операций по маршруту. На оси ординат отложим трудоемкости обработки второй детали. Поскольку любой из станков одновременно не может обрабатывать две детали, то области на плоскости, которым соответствует одновременная работа станка над обеими деталями, заштрихуем как показано на рисунке 1 ниже и исключим из рассмотрения.

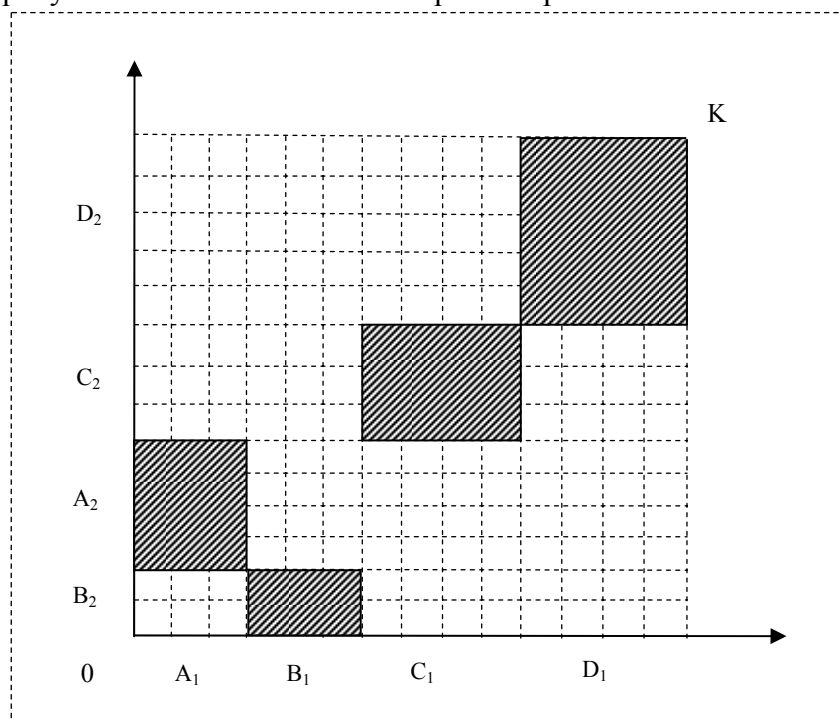


Рисунок 1 – Графическое представление задачи

Процесс обработки деталей будет отображаться на рисунке ломанной линией, исходящей из начала координат и заканчивающийся в точке К. Горизонтальные отрезки построенной ломанной линии соответствуют отрезкам времени, когда обрабатывается только первая деталь, а вторая деталь находится в режиме ожидания. Вертикальный отрезок ломанной линии, соответствует ситуации, когда обрабатывается только вторая

деталь. Время, когда одновременно обрабатываются две детали на разных станках соответствует участку с наклонной по 45° линии.

Поскольку мы хотим минимизировать время окончания обработки обеих деталей на двух станках, то мы должны стремиться к тому, чтобы большую часть времени на станках обрабатывались одновременно две детали. Поэтому для нахождения оптимальной последовательности обработки деталей необходимо соединить точку в начале координат с точкой К в верхнем правом углу графика ломаной линией, состоящей из максимального числа отрезков (участков), наклоненных под углом 45° . На рисунке 2 такая ломаная обозначена красным цветом.

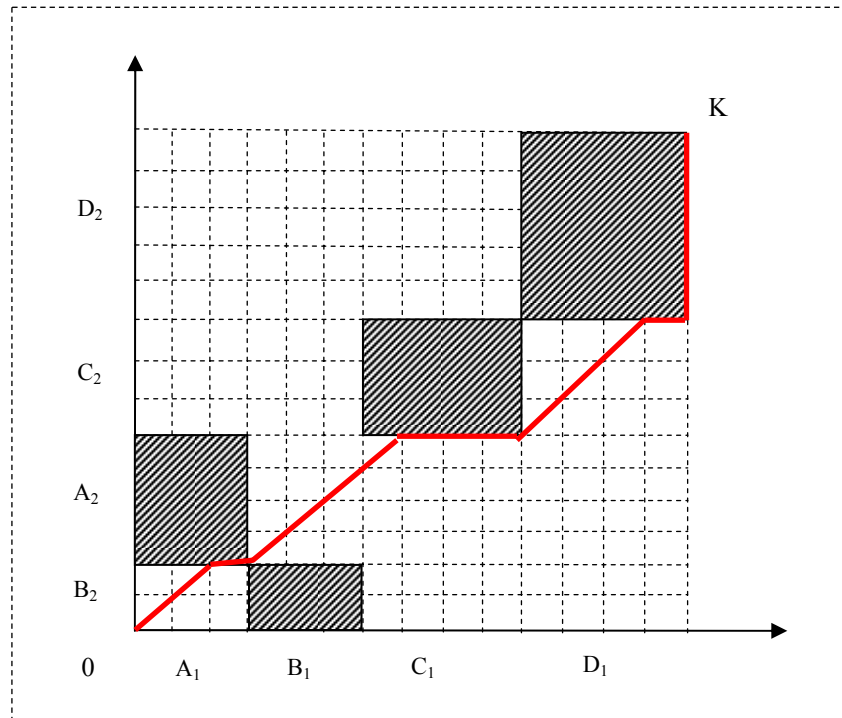


Рисунок 2 – Оптимальное решение

Построенная ломаная соответствует следующему порядку обработки деталей:

1. Две единицы времени обрабатываются обе детали: первая на станке А, вторая на станке В;
2. После этого обработка детали 2 на станке В заканчивается, а деталь 1 обрабатывается на станке А еще одну единицу времени;
3. Затем начинается одновременная обработка двух деталей (первой – на станке В, а затем и на станке С, второй – на станке А), которая длится 4 единицы времени;
4. После этого деталь 1 обрабатывается одна в течение 3 единиц времени на станке С;
5. Следующие 3 единицы времени одновременно обрабатываются обе детали: первая на станке D, вторая – на станке С;
6. Затем одну единицу времени продолжается обработка первой детали на станке D;
7. И наконец, процесс обработки деталей завершается обработкой детали 2 на станке D в течении 5 единиц времени.

Оптимальный порядок обработки можно записать сокращенно следующим образом:

$$A_1B_2 - A_1 - B_1A_2 - C_1A_2 - C_1 - D_1C_2 - D_1 - D_2.$$

Поскольку $A_1B_2=2$, $A_1=1$, $B_1A_2=3$, $C_1A_2=1$, $C_1=3$, $D_1C_2=3$, $D_1=1$, $D_2=5$, то общая продолжительность обработки $T^0=2+1+3+1+3+3+1+5=19$.

Оптимальная последовательность для данной задачи не является единственной. Так, например, оптимальной будет и последовательность:

$$A_1=1, A_1B_2=2, B_1A_2=3, C_1A_2=1, C_1=3, D_1=1, D_1C_2=3, D_2=5,$$

представленная на рисунке 3

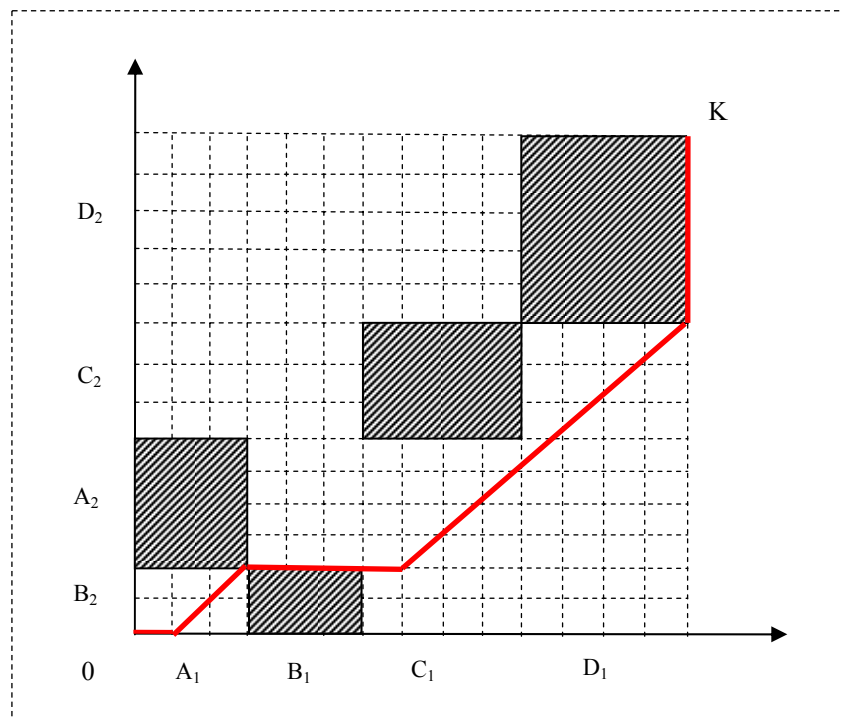


Рисунок 3 – Оптимальное решение

и последовательность:

$$A_1B_2=2, A_1=1, B_1=3, C_1=1, C_1A_2=3, D_1A_2=1, D_1C_2=3, D_2=5,$$

представленная на рисунке 4

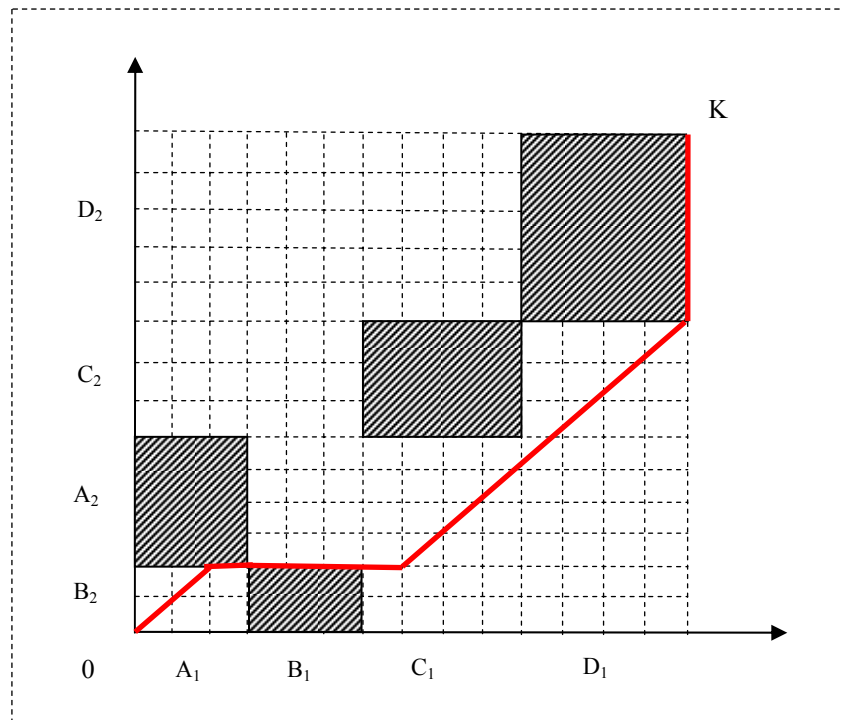


Рисунок 4 – Оптимальное решение

На рисунке 5 показаны еще две ломаные:

Ломаная голубого цвета дает решение:

$$A_1=3, B_1=3, C_1B_2=2, C_1A_2=2, D_1A_2=2, D_1C_2=2, C_2=1, D_2=5,$$

и ломаная зеленого цвета дает решение:

$$B_2=2, A_2=4, A_1C_2=3, B_1D_2=3, C_1D_2=2, C_1=2, D_1=4, D_2=5.$$

Обе ломаные, дают порядок обработки, близкий к оптимальному $T^{60}=20$.

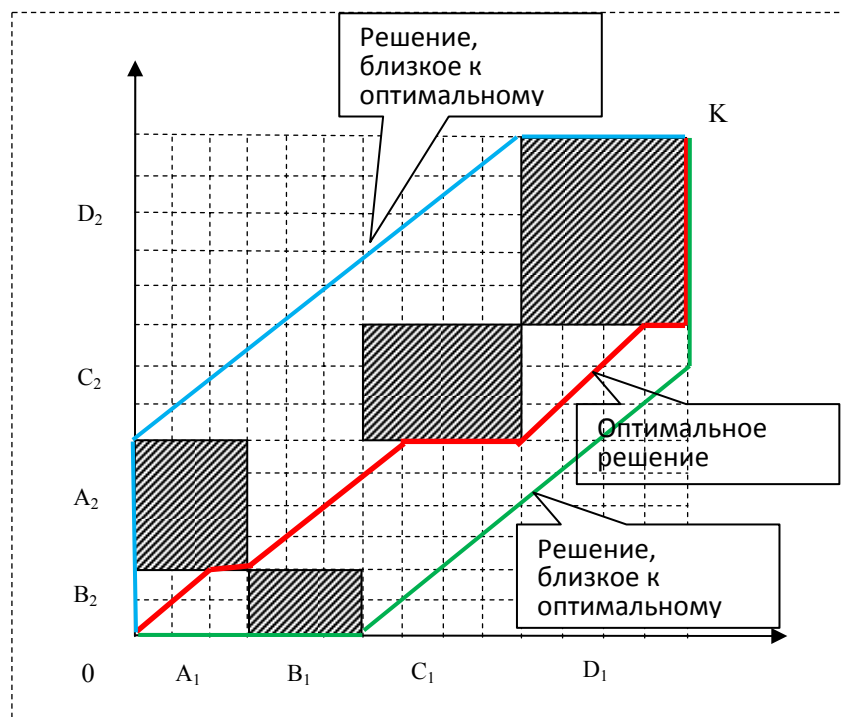


Рисунок 5 – Исходное оптимальное решение и близкие к оптимальному решения

Максимальное время обработки, соответствующее порядку, при котором станки работают лишь поочередно, равно $T^m=28$.

2. Метод решения задачи упорядочения обработки n деталей на m станках с разнонаправленными маршрутами

2.1. Введение

Модели Джонсона [1] не всегда дают желаемый результат, поэтому многие исследователи предлагали другие модели задач упорядочения, являющиеся более близкими к реальным производственным условиям. С некоторыми из таких моделей можно ознакомиться в литературе [4,8,9,10 и др.], это такие модели, как, например, модель В. Гифлера и Д. Томпсона [11] и другие, более современные и более совершенные модели задач календарного планирования.

2.2. Постановка задачи

Рассмотрим постановку одной из таких задач планирования работы участка мелкосерийного и единичного производства, взятую из книги А.И. Семенова и В.М. Португала [8].

Исходные данные задачи:

$P=[p_1, p_2, \dots, p_f, \dots, p_m]$ – вектор, описывающий наличие оборудования;

p_f – количество взаимозаменяемых единиц оборудования в группе f ;

$L=[l_1, l_2, \dots, l_f, \dots, l_n]$ – вектор, описывающий размеры партии деталей,

l_i – размер партии детали i ;

$F=||f_{ij}||$ – матрица размерности $n \times \max_i \max_j j_i$, задающая номера f оборудования, используемого при изготовлении деталей i на операциях j ,

f_{ij} – номер f групп оборудования, используемого при обработке детали i на операциях j ;

f – номер группы оборудования: $f=1, 2, 3, \dots, m$;

f_f – количество взаимозаменяемых единиц оборудования в группе f ;

$T^{(u)} = ||t_{ij}^{(u)}||$ – матрица, имеющая ту же структуру, что и матрица F и задающая

$t_{ij}^{(u)}$ – штучное время или продолжительность обработки одной детали i на операции j ;

$T^{(n.3)} = ||t_{ij}^{(n.3)}||$ – матрица, имеющая ту же структуру, что и матрица F и задающая

$t_{ij}^{(n.3)}$ – подготовительно-заключительное время детали-операции j_i ;

$K^{(e)} = \|k_{ij}^{(e)}\|$ – матрица, имеющая ту же структуру, что и матрица F и задающая значения $k_{ij}^{(e)}$ – коэффициент выполнения норм для детали-операций j_i ;

m – количество видов (групп) оборудования;

n – количество видов деталей;

i – номер детали: $i=1,2,3,\dots,n$;

j – номер операции в маршрутах деталей: $j=1,2,3,\dots, \max_i \max_j j_i$, где j_i – номер

операции в маршруте детали i , $\max_j j_i$ – число операций, необходимых для

изготовления детали i , $\max_i \max_j j_i$ – длина (число операций) самого длинного

маршрута для данного набора деталей $i=1,2,3,\dots,n$;

Ограничения:

1. На одной единице оборудования одновременно не может обрабатываться более одной детали.
2. Каждая деталь-операция выполняется только на одной единице оборудования.
3. Операции не подлежат прерыванию, партии – дроблению.
4. Последующая операция над деталью может начинаться лишь после полного завершения предыдущей.

Определить матрицу запуска деталей в обработку:

$G = \|g_{ij}\|$, где g_{ij} – календарные сроки запуска детали-операций j_i , т.е. календарные сроки начал операций j_i (календарные сроки запуска деталей в обработку);

G – матрица, имеющая ту же структуру, что и матрица F и задающая значения g_{ij} , т.е. график запуска детали-операций.

$G' = \|g'_{ij}\|$, где g'_{ij} – календарные сроки выпуска детали-операций j_i , т.е. календарные сроки окончаний операций j_i (календарные сроки выпуска деталей из обработки);

G' – матрица, имеющая ту же структуру, что и матрица F и задающая значения g'_{ij} , т.е. график окончания детали-операций.

Постановку задачи можно упростить, вычислив $t_{ij} = \frac{l_i t_{ij}^{(u)} + t_{ij}^{(n.z)}}{k_{ij}^{(e)}}$, т.е. норму времени на

обработку партии деталей i на операции j .

Тогда при ранее перечисленных ограничениях 1-4 будем иметь:

Дано: $P = [p_1, p_2, \dots, p_f, \dots, p_m]$, $F = \|f_{ij}\|$, $T = \|t_{ij}\|$.

Определить: $G = \| g_{ij} \|$, дающее минимальное время $T_{\text{цс}}$ - совокупная длительность технологического цикла (окончание обработки последней детали на последнем станке).

2.3. Метод поиска решения

Для решения поставленной задачи при поиске оптимального графика запуска деталей в обработку в обработку используют следующий набор «эвристических правил предпочтения»:

1. FOFO (first off, first on) – первым уйдет, первым делай;
2. SIO (shortest imminent operation) – правило кратчайшей операции (аналогично FOFO);
3. LRT (longest remaining time) – правило выбора по наибольшему оставшемуся времени обработки;
4. FIFO (first input, first on) – первым пришел, первым делай.

Если возникает неоднозначность выбора, можно использовать элементы случайного выбора, генерируя случайным образом число принимающее значение 0 или 1.

2.4. Решение задачи на «игрушечном примере»

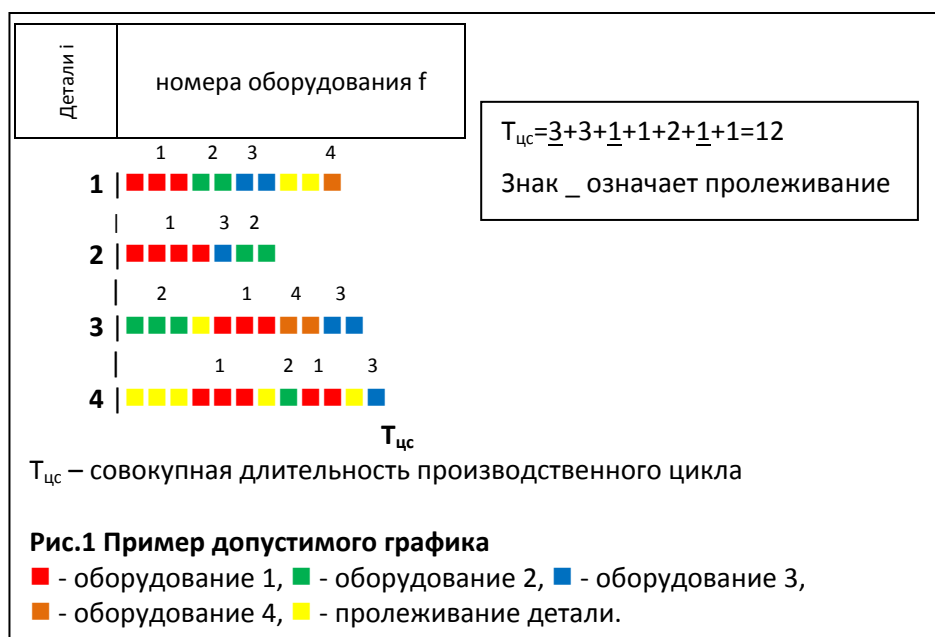
Числовым примером постановки такой задачи может служить «игрушечный пример», взятый в книге [9]

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & - \\ 2 & 1 & 4 & 3 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}, \quad T = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 3 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & - \\ 3 & 3 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad P = [2; 1; 1; 1].$$

Из заданных матриц F , T и вектора P видно, что на «игрушечном» участке обрабатываются четыре детали, имеющие различные маршруты, «длины» которых соответственно равны 4,3,4,4, причем маршрут четвертой детали содержит «петлю». На участке имеются четное число групп оборудования, причем в первой группе имеются две взаимозаменяемые единицы, а в остальных – по одной.

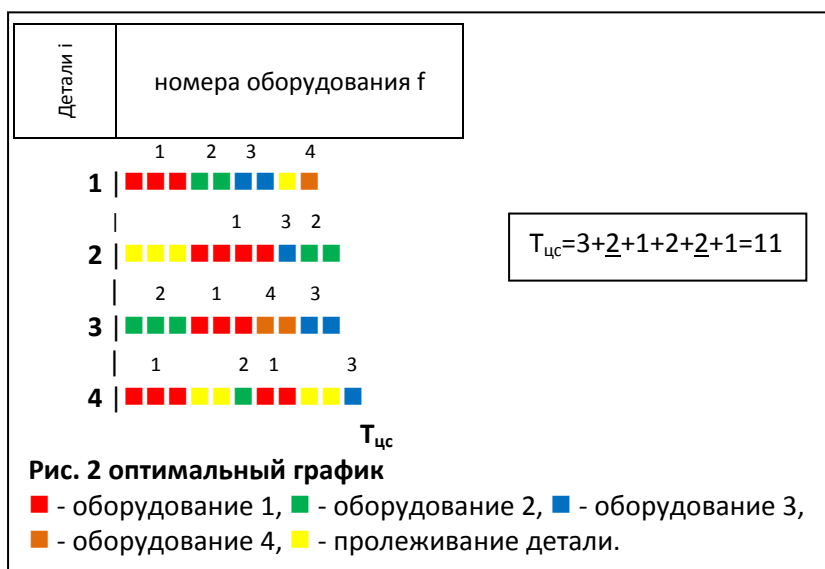
Решим эту задачу, построив график $G = \|g_{ij}\|$.

Построим какой-либо допустимый график G , например, построим графики Ганта для деталей, начиная их обработку в порядке следования их номеров.



Из полученного результата видно, что длительность технологического цикла T можно уменьшить, если раньше запускать не деталь 2, а деталь 4, а также избежать пролеживания детали 3.

Получим следующий вариант графика запуска:



Минимизировать еще лучше не удастся. Этот же результат получим и на графике по «станкам».

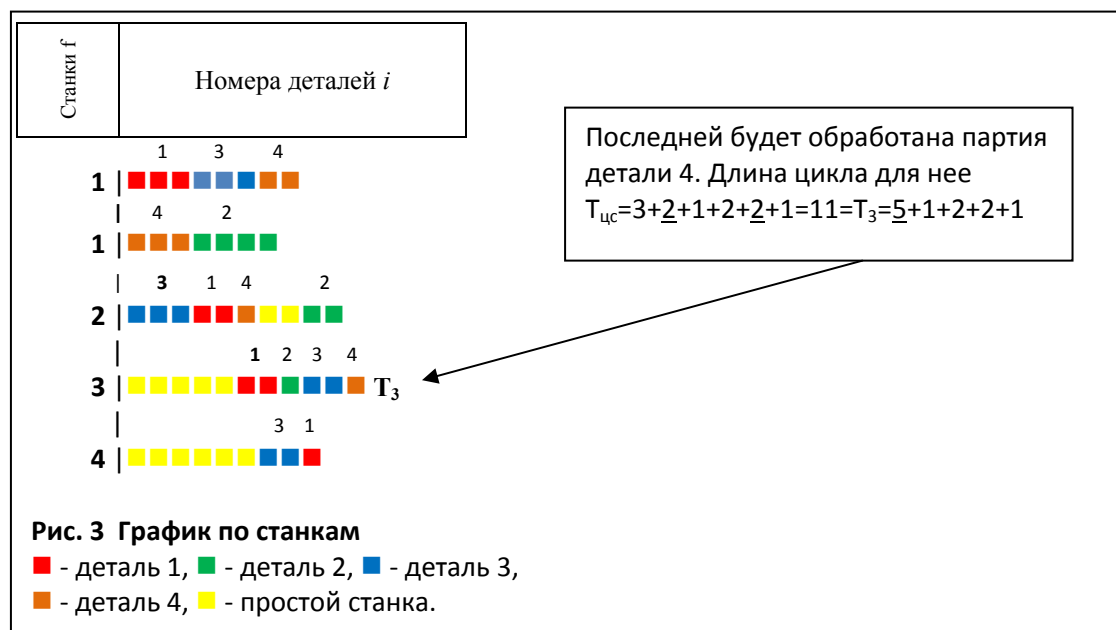


График $G = \|g_{ij}\|$ для запуска деталей в обработку будет иметь вид

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 5 & 8 \\ 3 & 7 & 8 & - \\ 0 & 3 & 6 & 8 \\ 0 & 5 & 6 & 10 \end{bmatrix}.$$

График $G' = \|g'_{ij}\|$ для выпуска деталей из обработки будет иметь вид

$$G' = \begin{bmatrix} 3 & 5 & 7 & 9 \\ 7 & 8 & 10 & - \\ 3 & 6 & 8 & 10 \\ 3 & 6 & 8 & 11 \end{bmatrix}.$$

Строя графики Ганта «по деталям», мы стараемся уменьшить $T_{\text{цс}}$ за счет уменьшения пролеживания деталей и при этом сокращаем вложение средств на незавершенное производство.

Строя графики Ганта «по станкам», мы стараемся уменьшить $T_{\text{цс}}$ за счет уменьшения простоя станков тем самым, уплотняя загрузку оборудования, увеличиваем коэффициент использования производственных мощностей.

Таким образом, уменьшение $T_{\text{цс}}$ ведет как к уменьшению пролеживания и незавершенного производства (необработанных деталей), так и к уменьшению простоев оборудования.

3. Вопросы по теме

1. Какой маршрут обработки деталей в задаче, решаемой графическим методом?
2. Какие имеются ограничения в задаче, решаемой графическим методом?
3. В чем состоит суть поиска решения с использованием графического метода?
4. Что произойдет с графиком, если у одной из деталей время выполнения на одном из станков будет равным 0?
5. Что произойдет с графиком, если у обеих деталей маршрут выполнения операций будет одинаков?
6. Как найти оптимальное решение, используя графический метод?
7. Что такое разнонаправленный маршрут в задаче упорядочения?
8. Как можно решать задачу упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей?
9. Какие исходные данные требуются для решения задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей?
10. Что является решением задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей?
11. Что такое календарный план запуска деталей-операций?
12. Что такое календарный план выпуска деталей-операций?
13. Как искать решение задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей?
14. Какие правила предпочтения используются при поиске решения задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей? В чем их суть?
15. Что, кроме правил предпочтения можно использовать для поиска решения задачи упорядочения с разнонаправленными маршрутами деталей?

4. Список литературы

1. Джонсон С.М. Оптимальные двух- и трехоперационные календарные планы производства с учетом подготовительно-заключительного времени. – В. сб.: Календарное планирование. – М: Прогресс, 1966. – с.33-41.
2. Петров В.А. Групповое производство и автоматизированное оперативное управление. – Л: Машиностроение, 1975. – 312 с.
3. Головинский В.В. Система идей и основные понятия оптимизации календарных планов в сборнике. – В сб.: Календарное планирование. – М:Прогресс, 1966. – с.434-447.
4. Шкурба Б.В., Подчасова Т.Н., Пишчук А.Н. Тур Л.П. Задачи календарного планирования и методы их решения. Киев, 1966.
5. Соколицин С.А. Варианты движения партий деталей в серийном производстве. Труды ЛПИ, №200. – Л.:Машгиз, 1958, с.38-47.
6. Мэн А.С. Задача календарного планирования для предприятий единичного и мелкосерийного производства. – В сб.: Календарное планирование. – М:Прогресс, 1966. – с.222-226.
7. Зыбарев Ю.М. Эксперименты на имитационной модели по исследованию процесса календарного планирования дискретного производства. – В сб. Оптимизация 20 (37). Новосибирск: ИМ СО АН СССР, 1978, с.36-59.
8. Семенов А.И., Португал В.М. Задачи теории расписаний в календарном планировании мелкосерийного производства. М.:Наука, 1972. – 183с.
9. Танеев В.С., Шкурба З.В. Введение в теорию расписаний. М.: Наука, 1975.
10. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В., Теория расписаний. М.:Наука, 1975.
11. Гифлер Б., Томпсон Д., Ван-Нессе В. Опыт вычисления с применением линейного алгоритма и алгоритма Монте-Карло для решения задач календарного планирования на производстве. – В сб.: Календарное планирование. – М: Прогресс, 1966. – с.42-61.