

УДК 62-50

Т.А. Грушун, доцент, канд. техн. наук,

А.И. Грушун, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: gai_gta@mail.ru

МЕТОД РЕШЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ЗАДАЧИ УПОРЯДОЧЕНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Предложен метод решения детерминированной задачи упорядочения — задачи Джонсона для двух станков с учетом введенных ограничений и разработан алгоритм для программной реализации предложенного метода. Показано, что предлагаемый метод решения задачи Джонсона позволяет увеличить число оптимальных последовательностей обработки деталей. Приведены результаты решения задачи.

Ключевые слова: *детерминированная задача упорядочения, задача Джонсона для двух станков, оптимальная последовательность обработки деталей, оптимизация производства.*

Введение. При оптимизации производственных процессов, при календарном планировании работы цехов и предприятий, выпускающих широкую номенклатуру продукции с использованием в производственном процессе различных комбинаций станков и другого оборудования, актуальным является решение задачи упорядочения. Такие задачи могут возникать даже тогда, когда рассматривается всего одна единица оборудования. Например, когда речь идет о порядке решения задач на ЭВМ.

Постановка задачи Джонсона для двух станков. Задача Джонсона относится к классу задач упорядочения для n деталей, обрабатываемых на двух станках. Эта задача характеризуется следующими особенностями. Например, имеется множество различных деталей с определенными технологическими маршрутами, а также две единицы оборудования (фрезерный, токарный или строгальный станки), на которых эти детали обрабатываются. Так как одновременно обрабатывать более одной детали на одном станке невозможно, у другого станка может образоваться очередь работ, т.е. деталей, ждущих обработки. Время обработки каждой детали на каждом станке известно. Требуется определить такую очередность обработки деталей на каждом станке, при которой минимизируется некоторый критерий оптимальности.

Критерии оптимальности, используемые в задачах упорядочения, имеют различный вид. Наиболее часто встречаются следующие критерии [1].

1. Минимизация общей продолжительности работ, т.е. интервала времени между моментом начала первой операции в последовательности и моментом окончания последней при условии, что можно зафиксировать начало выполнения всей последовательности.
2. Минимизация общего запаздывания. Запаздывание определяется как разность между «фактическим» и «директивным» сроком завершения обработки по каждой детали. Общее запаздывание представляет собой сумму запаздываний по всем деталям.
3. Минимизация максимального запаздывания, т.е. минимизация запаздывания по той детали, для которой эта величина является наибольшей.
4. Минимизация потерь, обусловленных запаздыванием.

Мы остановимся на первом из критериев – минимизации общей продолжительности работ.

Цель статьи. Разработать метод решения детерминированной задачи упорядочения — задачи Джонсона для двух станков и алгоритм для его программной реализации с целью расширения пространства оптимальных последовательностей обработки деталей.

Основные ограничения задачи Джонсона. В силу существования различных дополнительных условий, осложняющих постановку и решение задачи упорядочения, обобщим и перечислим основные ограничения задачи Джонсона.

1. Каждое изделие обрабатывается в определенном технологическом порядке – вначале на первом, а затем на втором станке.
2. Каждая обработка должна быть завершена прежде, чем начнется следующая.
3. Время перехода деталей от одного станка к другому незначительно, и им можно пренебречь.
4. Имеется достаточная площадь для хранения межоперационных заделов и стоимость этих заделов либо одинакова для всех видов деталей, либо пренебрежимо мала.

Если рассматриваются операции небольшой продолжительности, то эти допущения обычно вполне оправданны, однако в случае продолжительных операций они могут оказаться неправомерными. Известно, что минимальная общая продолжительность достигается тогда, когда все n деталей проходят обработку на каждом из двух станков в одном и том же порядке. Однако даже в этом случае существует $n!$ возможных последовательностей. Поэтому, если даже n мало, то использование линейных диаграмм

Гантта, как наиболее наглядного способа задания последовательности обработки деталей, для решения задачи упорядочения часто не позволяет получить ответа за приемлемое время.

Аналитический метод решения поставленной задачи упорядочения с вышеперечисленными допущениями был предложен Джонсоном [2].

Предлагаемый альтернативный метод решения задачи Джонсона позволяет увеличить число оптимальных последовательностей обработки деталей. Метод обеспечивает скорейшее включение в обработку второго станка и уменьшение конечного простоя первого станка.

Альтернативный алгоритм решения задачи Джонсона для двух станков. Введем следующие обозначения: t_{1j} – время обработки j -й детали на первом станке, t_{2j} – время обработки j -й детали на втором станке.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

- 1) составить таблицу с временами обработки каждой детали на каждом станке;
- 2) вычислить разности времен обработки каждой j -ой детали на обоих станках $\Delta_j = t_{1j} - t_{2j}$, $j = 1, 2, \dots, n$;
- 3) упорядочить полученные в п.2 разности по возрастанию;
- 4) при наличии равных разностей для разных деталей деталь с минимальным временем обработки на первом станке поставить в план на первое место и далее упорядочить детали по возрастанию времени обработки на первом станке.

В результате составляется оптимальная последовательность обработки деталей на двух станках, при которой минимизируется суммарное время обработки с учетом простоев станков.

Рассмотрим следующую задачу обработки 10-ти деталей на двух станках. Известны следующие времена обработки деталей на станках: $t_{11}=5, t_{12}=4, t_{13}=6, t_{14}=5, t_{15}=1, t_{16}=3, t_{17}=6, t_{18}=1, t_{19}=6, t_{110}=5, t_{21}=1, t_{22}=5, t_{23}=3, t_{24}=1, t_{25}=4, t_{26}=6, t_{27}=3, t_{28}=6, t_{29}=5, t_{210}=4$. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные задачи

j – № детали	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{1j}	5	4	6	5	1	3	6	1	6	5
t_{2j}	1	5	3	1	4	6	3	6	5	4

Применяя предложенный метод, вычисляем следующие разности Δ_j : $\Delta_1=4, \Delta_2=-1, \Delta_3=3, \Delta_4=4, \Delta_5=-3, \Delta_6=-3, \Delta_7=3, \Delta_8=-5, \Delta_9=1, \Delta_{10}=1$. Выполняя последовательно все шаги альтернативного алгоритма, упорядочиваем календарный план, который представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Упорядоченный календарный план

j – № детали	8	5	6	2	10	9	3	7	1	4
Δ_j	-5	-3	-3	-1	1	1	3	3	4	4
t_{1j}	1	1	3	4	5	6	6	6	5	5
t_{2j}	6	4	6	5	4	5	3	3	1	1

Формируем следующую оптимальную последовательность (по номерам) обработки деталей: 8 — 5 — 6 — 2 — 10 — 9 — 3 — 7 — 1 — 4. Для того, чтобы вычислить и сравнить суммарное время обработки деталей для исходной и упорядоченной последовательности, необходимо построить для них графики Гантта (рисунки 1, 2).

На рисунках 1 и 2 используются следующие обозначения: t_{np} – время простоя станка, T – суммарное время обработки деталей с учетом простоев станка.

Из анализов рисунков 1, 2 видно, что продолжительность работы первого станка не меняется, а на втором станке появляются резервы свободного времени – простои в ожидании деталей, не закончивших обработку на первом станке. Сравнивая длительности производственного цикла, можно сделать вывод, что полученный оптимальный календарный план уменьшает время ожидания обработки до 6 минут. Общее время обработки с учетом времени ожидания тем самым сокращается с 49 минут до 43 минут, т.е. на 12%.

Метод предлагается использовать не только при статическом, но и при динамическом портфеле заказов (номенклатуре и количестве подлежащих изготовлению деталей): календарный план строится поэтапно, причем на каждом этапе определяется ровно одна следующая работа, которая при дальнейшем построении плана не меняется. При динамическом пополнении портфеля заказов вновь поступившая деталь вносится в список не выполненных на текущий момент работ, и процесс планирования повторяется. Окончательный календарный план не зависит от того, было ли известно заранее (при составлении исходного календарного плана) о возможности и предполагаемых сроках поступления новых деталей. Такой подход будет особенно эффективен при непрерывном планировании, когда календарный план формируется не заранее, а по мере необходимости.

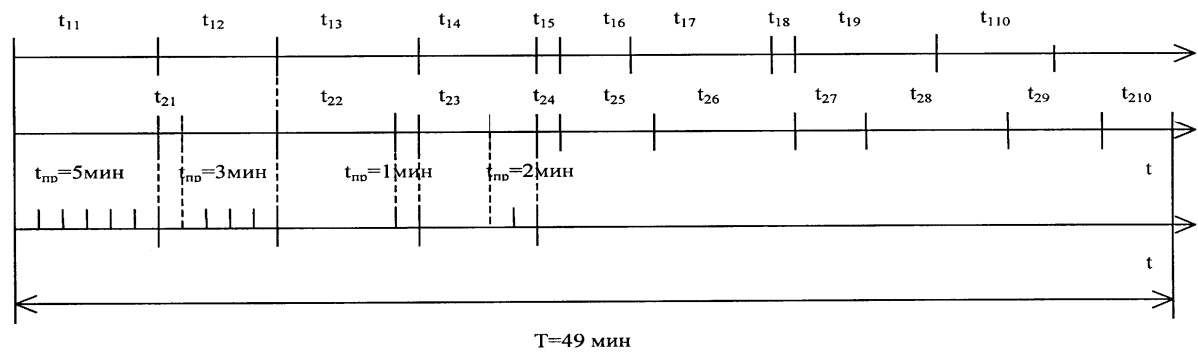


Рисунок 1 – Линейная диаграмма Ганта для исходной последовательности

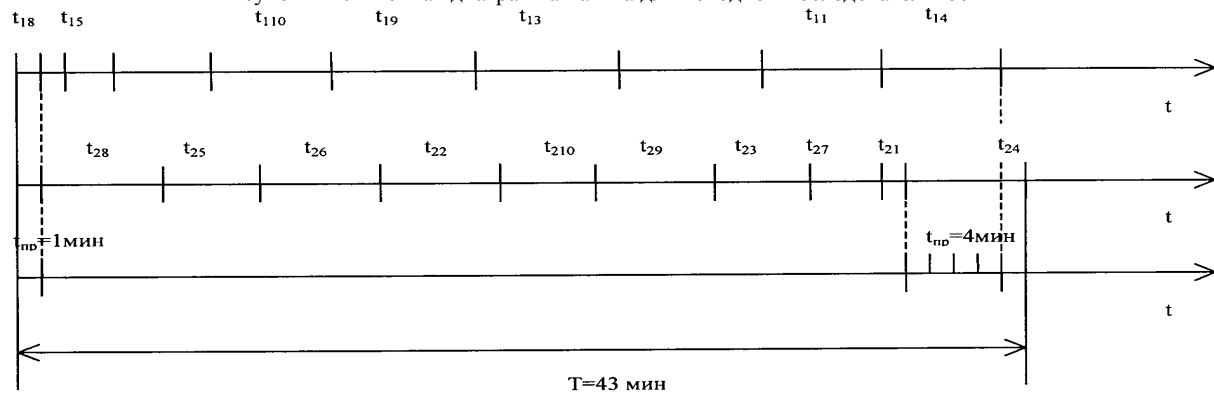


Рисунок 2 – Линейная диаграмма Ганта для оптимальной последовательности

Вывод. Предложенный метод оптимизации задачи упорядочения (Джонсона) относится только к детерминированным задачам упорядочения, т.е. к задачам, где продолжительность операций предполагается точно известной и неизменной. Его применение позволяет повысить эффективность управления различными сложными системами, общую производительность станочной линии, так как не только во многих случаях уменьшает время простоя станка, но и позволяет загружать простаивающий станок работами, связанными с изготовлением других деталей.

Задачей дальнейших исследований в этом направлении является обобщение подхода на случаи трех и более станков, основанного на простых в вычислительном отношении методах исследования операций. Этот метод может применяться не только для станков, а и может быть использован при оптимизации и управлении различными техническими или организационными производственными системами.

Библиографический список использованной литературы

1. Акоф Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сасиени. — М.: Мир, 1983. — 533 с.
2. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. — К.: Вища школа, 1989. — 319 с.

Поступила в редакцию 07.07.2011 г.

Грушун Т.О., Грушун А.І. Метод розв'язання детермінованої задачі впорядкування за умови оптимізації виробництва

Запропоновано метод розв'язання детермінованої задачі впорядкування – задачі Джонсона для двох верстатів з урахуванням введених обмежень та розроблено алгоритм для програмної реалізації запропонованого методу. Показано, що запропонований метод розв'язання задачі Джонсона дозволяє збільшити число оптимальних послідовностей обробки деталей. Наведено результати розв'язання задачі.

Ключові слова: детермінована задача впорядкування, задача Джонсона для двох верстатів, оптимальна послідовність обробки деталей, оптимізація виробництва.

Grushun T.A., Grushun A.I. A Method for Solving the Determined Problem of Ordering during Production Optimization

A method for solving the determined problem of ordering – the Johnson's problems for two machine tools considering entered restrictions – is suggested. An algorithm for software realization of the suggested method is developed. It is shown that the offered method of solving the Johnson's problem allows for increasing the number of optimum sequences of part processing. Results of problem solution are provided.

Keywords: determined problem of ordering, Johnson's problem for two machine tools, optimum sequences of processing of details, optimization of manufacture.