**Лабораторная работа 1. Разработка моделей, алгоритмов составления расписаний и моделирование работы многопродуктовых периодических химических производств с последовательным расположением аппаратов.**

*Цель работы:* рассчитать оптимальное расписание работы многопродуктовой периодической совмещенной ХТС с последовательным расположением аппаратов, при котором время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Лабораторная работа выполняется каждым студентом индивидуально или группой студентов, состоящей из 2-3 человек. Ниже приведён общий порядок действий студентов при выполнении лабораторной работы № 1.

1. С помощью программ «Синтез ХТС» и «Расписание с заданием маршрутов продуктов», рассчитать оптимальное расписание работы многопродуктовой периодической совмещенной ХТС с последовательным расположением аппаратов, при котором время выпуска всех продуктов будет минимальным. Для расчета использовать модель с учетом затрат на переналадку и с учетом времени задержки поставки сырья на производство продуктов.

2. Для наилучшей последовательности построить диаграмму Гантта.

3. Выполнить ручной расчет для поиска оптимальной последовательности, используя один из численных методов теории расписаний. Сравнить полученные результаты с ручным расчетом, проведенным для трех последовательностей на выбор, и сделать выводы.

Подготовка к лабораторной работе 1 включает:

1. Математическую формализацию процессов МПХП с последовательным расположением аппаратов и разработка численного алгоритма решения задачи оптимального расписания.

2. Анализ функциональных возможностей и последовательности работы со специализированным программным обеспечением, предназначенным для моделирования процесса составления расписания работы МПХП с последовательными аппаратами.

3. Оформление отчета по лабораторной работе.

**ВАРИАНТ 1**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 9 | 2 | 7 |
| Продукт 2 | 4 | 8 | 3 |
| Продукт 3 | 2 | 7 | 5 |
| Продукт 4 | 2 | 6 | 2 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | - | 3 | 2 | 1 |
| Продукт 2 | 2 | - | 3 | 2 |
| Продукт 3 | 1 | 1 | - | 3 |
| Продукт 4 | 2 | 2 | 3 | - |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 4 | 1 | 5 | 9 |

**ВАРИАНТ 2**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 4.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 10 | 8 | 5 |
| Продукт 2 | 9 | 5 | 4 |
| Продукт 3 | 4 | 10 | 12 |
| Продукт 4 | 11 | 6 | 7 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | - | 3 | 2 | 1 |
| Продукт 2 | 4 | - | 4 | 2 |
| Продукт 3 | 2 | 3 | - | 5 |
| Продукт 4 | 3 | 2 | 5 | - |

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 5 | 2 | 6 | 4 |

**ВАРИАНТ 3**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 19 | 11 | 15 |
| Продукт 2 | 18 | 13 | 12 |
| Продукт 3 | 17 | 12 | 14 |
| Продукт 4 | 11 | 15 | 12 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | - | 1 | 7 | 4 |
| Продукт 2 | 2 | - | 8 | 5 |
| Продукт 3 | 6 | 1 | - | 1 |
| Продукт 4 | 2 | 3 | 4 | - |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 2 | 2 | 1 | 6 |

**ВАРИАНТ 4**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 13 | 16 | 19 |
| Продукт 2 | 14 | 15 | 16 |
| Продукт 3 | 17 | 18 | 19 |
| Продукт 4 | 11 | 12 | 13 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 8 | 5 | 2 |
| Продукт 2 | 8 | 0 | 9 | 6 |
| Продукт 3 | 5 | 9 | 0 | 1 |
| Продукт 4 | 2 | 6 | 1 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 3 | 5 | 5 | 3 |

**ВАРИАНТ 5**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 16 | 12 | 13 |
| Продукт 2 | 11 | 11 | 14 |
| Продукт 3 | 16 | 12 | 15 |
| Продукт 4 | 13 | 15 | 18 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | - | 1 | 3 | 1 |
| Продукт 2 | 1 | - | 1 | 3 |
| Продукт 3 | 3 | 1 | - | 1 |
| Продукт 4 | 1 | 3 | 1 | - |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 2 | 3 | 2 | 5 |

**ВАРИАНТ 6**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 13 | 14 | 16 |
| Продукт 2 | 12 | 12 | 12 |
| Продукт 3 | 11 | 17 | 15 |
| Продукт 4 | 16 | 13 | 20 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 1 | 2 | 4 |
| Продукт 2 | 6 | 0 | 5 | 1 |
| Продукт 3 | 3 | 3 | 0 | 7 |
| Продукт 4 | 5 | 2 | 1 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 3 | 6 | 4 | 3 |

**ВАРИАНТ 7**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 16 | 18 | 11 |
| Продукт 2 | 18 | 13 | 10 |
| Продукт 3 | 10 | 17 | 12 |
| Продукт 4 | 18 | 16 | 13 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 7 | 4 | 7 |
| Продукт 2 | 6 | 0 | 7 | 6 |
| Продукт 3 | 5 | 8 | 0 | 6 |
| Продукт 4 | 8 | 7 | 6 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 5 | 1 | 3 | 4 |

**ВАРИАНТ 8**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 17 | 20 | 15 |
| Продукт 2 | 14 | 13 | 11 |
| Продукт 3 | 14 | 15 | 12 |
| Продукт 4 | 15 | 17 | 13 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 5 | 1 | 3 |
| Продукт 2 | 2 | 0 | 5 | 1 |
| Продукт 3 | 3 | 6 | 0 | 8 |
| Продукт 4 | 1 | 3 | 4 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 2 | 4 | 5 | 9 |

**ВАРИАНТ 9**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 15 | 20 | 15 |
| Продукт 2 | 18 | 15 | 12 |
| Продукт 3 | 15 | 13 | 15 |
| Продукт 4 | 17 | 14 | 14 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Продукт 2 | 3 | 0 | 5 | 5 |
| Продукт 3 | 4 | 7 | 0 | 3 |
| Продукт 4 | 1 | 3 | 4 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 3 | 4 | 2 | 6 |

**ВАРИАНТ 10**

**Задача 1.** Пусть необходимо выпустить четыре различных продукта, которые имеют одинаковый технологический маршрут и проходят последовательно через 3 аппарата. Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Необходимо самостоятельно задать времена обработки продуктов, переналадки оборудования и время задержки исходного материала. Рассчитать оптимальную очередность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным. Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Аппарат 1 | Аппарат 2 | Аппарат 3 |
| Продукт 1 | 1 | 4 | 7 |
| Продукт 2 | 9 | 3 | 1 |
| Продукт 3 | 4 | 3 | 8 |
| Продукт 4 | 6 | 5 | 2 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта представлены в табл. 1.2. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.3.

Требуется определить такую последовательность выпуска четырёх продуктов на трёх аппаратах, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт трёх последовательностей на выбор. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

Таблица 1.2

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
| Продукт 1 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| Продукт 2 | 3 | 0 | 5 | 6 |
| Продукт 3 | 4 | 1 | 0 | 6 |
| Продукт 4 | 2 | 8 | 3 | 0 |

Таблица 1.3

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 | Продукт 4 |
|  | 5 | 2 | 1 | 3 |

**Лабораторная работа 2. Разработка моделей, алгоритмов составления расписаний и моделирование работы многопродуктовых периодических химических производств с различными маршрутами выпуска продукции.**

*Цель работы:* рассчитать оптимальное расписание работы многопродуктовой периодической гибкой ХТС с различными маршрутами выпуска продукции, при котором время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Лабораторная работа выполняется каждым студентом индивидуально или группой студентов, состоящей из 2-3 человек. Ниже приведён общий порядок действий студентов при выполнении лабораторной работы № 2.

1. С помощью программ «Синтез ХТС» и «Расписание с заданием маршрутов продуктов», рассчитать оптимальное расписание работы многопродуктовой периодической гибкой ХТС с различными маршрутами выпуска продукции, при котором время выпуска всех продуктов будет минимальным. Для расчета использовать модель с учетом затрат на переналадку и с учетом времени задержки поставки сырья на производство продуктов.

2. Для наилучшей последовательности построить диаграмму Гантта.

3. Выполнить ручной расчет для поиска оптимальной последовательности, используя один из численных методов теории расписаний. Сравнить полученные результаты с ручным расчетом, проведенным для нескольких последовательностей, и сделать выводы.

Подготовка к лабораторной работе 2 включает:

1. Математическую формализацию процессов МПХП с различными маршрутами выпуска продукции и разработка численного алгоритма решения задачи оптимального расписания;

2. Анализ функциональных возможностей и последовательности работы со специализированным программным обеспечением, предназначенным для моделирования процесса составления расписания работы МПХП с различными маршрутами выпуска продукции;

3. Оформление отчета по лабораторной работе.

**ВАРИАНТ 1**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 7.

Технологические маршруты обработки продуктов:

, , .

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 |
| Продукт 1 | 10 | 0 | 12 | 0 | 8 | 0 | 13 |
| Продукт 2 | 0 | 6 | 0 | 8 | 0 | 3 | 0 |
| Продукт 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 | 0 | 0 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 4 | 4 |
| Продукт 2 | 4 | - | 3 |
| Продукт 3 | 1 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 3 | 2 | 4 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 2**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 7.

Технологические маршруты обработки продуктов:

, , .

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 |
| Продукт 1 | 16 | 0 | 18 | 0 | 14 | 0 | 19 |
| Продукт 2 | 0 | 15 | 0 | 17 | 0 | 12 | 0 |
| Продукт 3 | 7 | 9 | 10 | 11 | 8 | 0 | 0 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 4 | 4 |
| Продукт 2 | 4 | - | 3 |
| Продукт 3 | 1 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 7 | 4 | 6 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 3**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 9.

Технологические маршруты обработки продуктов:

, , .

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 | Апп.9 |
| Продукт 1 | 13 | 0 | 15 | 0 | 11 | 0 | 17 | 0 | 20 |
| Продукт 2 | 0 | 14 | 0 | 18 | 0 | 11 | 0 | 16 | 0 |
| Продукт 3 | 0 | 0 | 14 | 11 | 12 | 0 | 0 | 20 |  |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 4 | 4 |
| Продукт 2 | 4 | - | 3 |
| Продукт 3 | 1 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 2 | 1 | 4 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 4**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 8.

Технологические маршруты обработки продуктов:

, , .

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 |
| Продукт 1 | 5 | 12 | 7 | 13 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Продукт 2 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 18 | 11 | 16 |
| Продукт 3 | 0 | 0 | 17 | 0 | 12 | 19 | 0 | 11 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 8 | 2 |
| Продукт 2 | 8 | - | 5 |
| Продукт 3 | 2 | 5 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 6 | 3 | 5 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 5**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 9.

Технологические маршруты обработки продуктов:

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{ \begin{array}{c}σ\_{1}=\left\{5,6,7,8,9\right\}\\ σ\_{2}=\left\{1,2, 3,4,5,6\right\} \end{array}}{ σ\_{3}=\left\{3,4,5,6,7\right\} }$$

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |  |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 | Апп.9 |
| Продукт 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 5 | 3 | 7 |
| Продукт 2 | 13 | 12 | 14 | 15 | 17 | 13 | 0 | 0 | 0 |
| Продукт 3 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 0 | 0 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 3 | 1 |
| Продукт 2 | 3 | - | 3 |
| Продукт 3 | 1 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 2 | 5 | 3 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 6**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 10.

Технологические маршруты обработки продуктов:

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\begin{array}{c}σ\_{1}=\left\{2,6,7,8,9\right\}\\ σ\_{2}=\left\{1,3,4,5,6,10\right\}\end{array}}{\begin{array}{c} σ\_{3}=\left\{2,3,7,8,9,10\right\}\\\end{array}}$$

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 | Апп.9 | Апп.10 |
| Продукт 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 11 | 8 | 0 |
| Продукт 2 | 12 | 0 | 13 | 6 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| Продукт 3 | 0 | 7 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 | 11 | 7 | 6 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 3 | 4 |
| Продукт 2 | 1 | - | 2 |
| Продукт 3 | 2 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 3 | 4 | 2 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 7**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 8.

Технологические маршруты обработки продуктов:

$$σ\_{1}=\left\{1,4,5,6,7,8\right\}$$

$$σ\_{2}=\left\{2,3,6,7\right\}$$

$$σ\_{3}=\left\{1,2,3,4,8\right\}$$

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 |
| Продукт 1 | 7 | 0 | 0 | 5 | 4 | 7 | 3 | 8 |
| Продукт 2 | 0 | 4 | 3 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 |
| Продукт 3 | 8 | 5 | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | 0 | 4 | 5 |
| Продукт 2 | 4 | 0 | 6 |
| Продукт 3 | 5 | 3 | 0 |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 1 | 2 | 3 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 8**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 10.

Технологические маршруты обработки продуктов:

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\begin{array}{c}σ\_{1}=\left\{2,6,7,8,9\right\}\\ σ\_{2}=\left\{1,3,4,5,6,10\right\}\end{array}}{\begin{array}{c} σ\_{3}=\left\{2,3,7,8,9,10\right\}\\\end{array}}$$

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 | Апп.9 | Апп.10 |
| Продукт 1 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 17 | 16 | 17 | 14 | 0 |
| Продукт 2 | 15 | 0 | 15 | 16 | 18 | 17 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| Продукт 3 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 17 | 18 | 20 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 1 | 2 |
| Продукт 2 | 1 | - | 1 |
| Продукт 3 | 2 | 1 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 4 | 3 | 7 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 9**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 8.

Технологические маршруты обработки продуктов:

, , .

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 |
| Продукт 1 | 18 | 20 | 22 | 25 | 0 | 0 | 27 | 0 |
| Продукт 2 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 22 | 24 | 28 |
| Продукт 3 | 0 | 0 | 22 | 0 | 24 | 25 | 0 | 25 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | – | 2 | 5 |
| Продукт 2 | 2 | – | 4 |
| Продукт 3 | 3 | 6 | – |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 1 | 4 | 2 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.

**ВАРИАНТ 10**

**Задача 2.** Пусть необходимо выпустить три различных продукта, которые имеют разный технологический маршрут выпуска

**Исходные данные:**

Количество продуктов – 3,

Количество аппаратов – 10.

Технологические маршруты обработки продуктов:

$$\genfrac{}{}{0pt}{}{\begin{array}{c}σ\_{1}=\left\{2,6,7,8,9\right\}\\ σ\_{2}=\left\{1,3,4,5,6,10\right\}\end{array}}{\begin{array}{c} σ\_{3}=\left\{2,3,7,8,10\right\}\\\end{array}}$$

Для обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате требуется время . Исходные материалы, используемые для получения соответствующих продуктов, поступают на производство в моменты времени *.* Для переналадки *j*-го аппарата с выпуска *i*-го продукта на выпуск *k*-го продукта необходимо время . Последовательность выпуска продуктов:

,

где  – номер продукта, выпускаемого *q*-м по порядку.

В каждый момент времени в каждом аппарате может обрабатываться только один продукт. Рассчитать оптимальную очерёдность выпуска продуктов π*\**, при которой время выпуска всех продуктов будет минимальным.

Времена обработки в каждом аппарате при выпуске каждого из продуктов приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Матрица времён обработки *i*-го продукта в *j*-м аппарате –** **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| *i*-й продукт | *j*-й аппарат |
| Апп.1 | Апп. 2 | Апп.3 | Апп.4 | Апп.5 | Апп.6 | Апп.7 | Апп.8 | Апп.9 | Апп.10 |
| Продукт 1 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 27 | 21 | 0 |
| Продукт 2 | 23 | 0 | 25 | 28 | 21 | 22 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| Продукт 3 | 0 | 23 | 26 | 0 | 0 | 0 | 27 | 22 | 0 | 22 |

Времена переналадки аппаратов с производства одного продукта на производство другого продукта приведены в табл. 1.5. Вводится допущение о том, что времена переналадки одинаковы для всех аппаратов схемы.

Таблица 1.5

**Матрица времени переналадки с производства** **-го продукта в последовательности на производство** **-го продукта**

**в последовательности выпуска –**  **(ч)**

|  |  |
| --- | --- |
| -й продукт | -й продукт |
| Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
| Продукт 1 | - | 3 | 4 |
| Продукт 2 | 1 | - | 2 |
| Продукт 3 | 2 | 3 | - |

Времена задержек поставок сырья при производстве каждого продукта приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Времена задержек поставок сырья**

**при производстве *i*-го продукта –** **(ч)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *i*-й продукт | Продукт 1 | Продукт 2 | Продукт 3 |
|  | 4 | 3 | 4 |

Требуется определить такую последовательность впуска трёх продуктов, чтобы общее время выпуска всех продуктов было минимальным. Выполнить ручной расчёт для двух последовательностей. Сравнить результаты машинного и ручного расчётов.