**Интегрированное планирование серийного производства и обслуживания для минимизации общих затрат на производство и обслуживание с общим сроком исполнения**

Zahedi Zahedi

**Аннотация**

В этой главе обсуждается интегрированная модель планирования серийного производства и технического обслуживания машины на одном изношенном станке и поточном цехе с изношенным станком, который производит изделие, подлежащее доставке в общий срок. Модель описывает компромисс между затратами на производство и затратами на техническое обслуживание как увеличение длины производственного цикла. Задача модели состоит в том, чтобы минимизировать общую стоимость, состоящую из незавершенных и полных затрат на хранение инвентаря, затрат на настройку, профилактических и корректирующих затрат на обслуживание и затрат на доработку. Задача состоит в том, чтобы определить наилучшую длину производственного цикла и действия по обслуживанию, которые минимизируют общую стоимость.

1. **Введение**

Развитие современных производственных систем ведет к сокращению жизненного цикла продукции, увеличению ассортимента продукции и повышению спроса клиентов на более высокое качество и своевременность доставки. Таким образом, точность и скорость принятия решений в производственной системе становятся важными.

Обрабатывающая промышленность получает много заказов на обработку от своих стратегических партнеров в больших количествах. Производитель обрабатывает заказ в постоянном размере партии, который устанавливается производственным разделом. В то же время Секция технического обслуживания выполняет техническое обслуживание машины только в случае поломки машины (реактивное обслуживание). Невозможно избежать задержки доставки заказа потребителям, если техническое обслуживание машины занимает много времени и прерывает производственную деятельность, а это часто случается.

Из этого описания можно извлечь корень проблемы: во-первых, для технического обслуживания не была внедрена система профилактического обслуживания, хотя данные о сбое машины, интервал времени между сбоями и стоимость каждого сбоя хорошо записаны. Во-вторых, производственная секция планирует партии в постоянном размере, тогда как согласно [1–6] обсуждение непостоянных размеров партии обеспечит лучшее время для магазина. В-третьих, отказ машины происходит во время производства, поэтому отказ машины влияет на производительность цеха. Эти три проблемы указывают на независимость между производственным планированием и графиком технического обслуживания, что может привести к следующим условиям:

1. Планирование производства, которое не учитывает аспект технического обслуживания, приведет к тому, что машина будет постоянно эксплуатироваться, даже если машина должна обслуживаться. Если техническое обслуживание не проводится, это может привести к поломке машины во время производственной деятельности, что, безусловно, повлияет на производительность.

2. График технического обслуживания, который не учитывает график производства, приведет к остановке занятой машины для технического обслуживания. Это также нарушает заранее составленный график производства.

1. **Построение модели**

В этом разделе обсуждается, как строится модель. Связь между неконтролируемым параметром и переменной решения модели в достижении наилучшей общей стоимости обсуждается на диаграмме влияния для интегрированного планирования серийного производства и планирования технического обслуживания, схемы ввода-вывода для моделей планирования серийного производства и технического обслуживания, построения целевой функции системное ограничение, модель и алгоритм, а затем численный опыт, чтобы показать, как алгоритм работает для решения проблемы.

* 1. **Диаграмма влияния для планирования серийного производства и обслуживания модели**

Интегрированное планирование серийного производства и обслуживания, разработанное в этой главе, имеет критерии минимизации общей стоимости, состоящие из стоимости хранения запасов, затрат на настройку, стоимости PM, стоимости CM и затрат на доработку для несоответствующей детали. На диаграмме влияния, показанной на рис. 1, проблема интегрированного планирования серийного производства и обслуживания может быть объяснена следующим образом. Спрос, срок исполнения и производительность машины являются неконтролируемыми параметрами. Спрос и срок оплаты будут влиять на размер партии (график производства).

Производительность машины влияет на расчетное количество PM и количество CM. В модельной системе количество PM и количество CM будут влиять друг на друга с графиком производства. Количество PM будет влиять друг на друга с количеством CM, где увеличение количества PM приведет к уменьшению количества CM, и наоборот. Количество PM и CM также влияет друг на друга и на количество несоответствующих частей.

* 1. **Схема ввода-вывода для моделей планирования серийного производства и обслуживания**

Общая стоимость состоит из затрат на хранение инвентаря, затрат на настройку, стоимости PM, стоимости CM и затрат на доработку. Стоимость затрат на проведение инвентаризации состоит из незавершенного производства (wip) и готовой части затрат на проведение инвентаризации. Стоимость хранения запаса в процессе - это стоимость запаса деталей в партиях во время обработки, рассчитанная путем умножения количества деталей в партии на время ожидания обработки партии. Стоимость готовой детали - это стоимость хранения запаса для деталей в готовой партии, рассчитанная путем умножения количества деталей в партии на стоимость хранения запаса на единицу готовой детали до момента ожидания партии до крайнего срока d, Стоимость установки рассчитывается путем умножения количества запланированных партий на стоимость установки единицы. Стоимость доработки рассчитывается путем умножения количества несоответствующих деталей на единицу стоимости доработки. Стоимость PM рассчитывается путем умножения количества PM на единицу стоимости PM, а стоимость CM рассчитывается путем умножения количества CM на единицу стоимости CM.

****

Рисунок 1 - Диаграмма влияния для модели планирования серийного производства и обслуживания.



Рисунок 2 - Схема ввода-вывода для моделей планирования серийного производства и обслуживания.

Диаграмма ввода-вывода интегрированного планирования серийного производства и обслуживания для минимизации общих затрат показана на рисунке 2.

На рисунке 2 показана модель входных параметров: количество запланированных деталей, срок исполнения, функция распределения Вейбулла f(t), время обработки единицы, длина интервала PM, стоимость удержания запаса, стоимость доработки, время наладки между партиями и вероятность несоответствия частей на машине в состоянии контроля ввода и контроля вывода. Выходными данными модели являются размер партий и расписание, расписание PM, количество CM и количество несоответствующих частей.

Модель будет решать вопросы компромисса между производственными затратами и затратами на техническое обслуживание, где производственные затраты будут состоять из затрат на хранение запасов (незавершенного производства и готовой части затрат на хранение запасов), затрат на настройку и затрат на доработку несоответствующих деталей при обслуживании. стоимость состоит из стоимости PM и стоимости CM. Модель ответит, как запланированное серийное производство и техническое обслуживание минимизируют общую стоимость. Чертеж диаграммы влияния следует из [7].

1. **Интегрированное планирование серийного производства и обслуживания для отдельного изделия, обработанного на изношенном станке с установленным сроком**

Моделирование начинается со стоимости хранения запасов для незавершенных и завершенных партий, моделирования системных ограничений задачи, модели проблемы, алгоритма и примера, чтобы показать, как алгоритм работает для решения модели.

* 1. **Запасы на хранение для незавершенной партии и готовой партии**

Концепция стоимости холдинга разработана из [3]. Пусть q части пункта назначения, запланированные минимизацией общего фактического критерия времени потока. Части q разделены на N партий L[i] (i = 1, 2, ..., N), где размеры каждой партии составляют Q[i] (i = 1, 2, ..., N). Если все детали в партии были обработаны полностью, то партия называется завершенной. Если партия все еще содержит какую-либо часть, которая еще не обрабатывается или обрабатывается, она называется обработкой в процессе.

В предположении, что сырье поступает как раз в то время, когда оно требуется, то есть в начале пакетной обработки, стоимость хранения обозначается только для необработанной партии и завершенной партии. Формулирование стоимости выдержки проводится сначала для обрабатываемой партии, а затем для готовой партии. Положение партии L[i] в одной производственной системе при обратном подходе во время этапа планирования показано на рисунке 3.

Предположение для незавершенной партии состоит в том, что детали в партии должны ждать в партии, пока все детали в партии не будут обработаны. Следовательно, в интервале (0, t) в рабочей партии L[i] находятся Q[i] незавершенных деталей (детали еще не обработаны). В интервале (t, 2t) имеются (Q[i] -1) незавершенных деталей и l готовая деталь, пока в интервале ((Q[i] –1) t, Q[i] t), есть I работающих деталей и (Q[i] –1) готовых деталей.

Стоимость удержания готовой детали, обозначенная как f1, выглядит следующим образом:

f1 = c1t + c12t + c13t + … + c1t(Q[i] – 3) + c1t(Q[i] – 2) + c1t(Q[i] – 1)

Стоимость удержания для обрабатываемой детали, обозначенной как f1, выглядит следующим образом:

f2 = c2tQ[i] + c2t(Q[i] – 1) + c2t(Q[i] – 2) + … + c23t + c22t + c2t

Суммируя f1 и f1, f2 и f2 в обратном порядке, можно получить более простой результат, т.е.

Тогда стоимость удержания i-й партии в процессе складывается из сумм f1 и f2, то есть:

На основании уравнения (1), общая стоимость хранения в процессе партии всех партий может быть записана следующим образом:

Первый член уравнения. (4) - общая стоимость удержания в завершенной партии, а второе и третье слагаемые - общая стоимость удержания, пока деталь обрабатывается в партии (в процессе обработки) в одном производственном цикле.



Рисунок 4 - Позиция пакета в одной производственной системе.

Формула (4) и рис. 3 должны быть разработаны в виде формулировки стоимости удержания для производственного цикла g и интервала PM, вставленных последовательно, как показано на рис. 4.

Принимая во внимание любые изменения, происходящие в каждом производственном цикле, и общий PM для g производственных циклов и g интервалов PM, общая стоимость удержания станет уравнением. (5).

* 1. **Функция ROCOF**

Частота возникновения отказов (ROCOF) - это концепция, которая полезна при моделировании отказов во времени и влиянии действий PM (и CM) [8]. ROCOF характеризует вероятность того, что сбой произойдет в интервале [t, t + δt]. ROCOF задается функцией интенсивности

где N (t) - количество отказов в интервале [0, t). Поскольку вероятность двух или более отказов в интервале [t, t + δt] равна нулю при δt –› 0, мы имеем функцию интенсивности, равную производной условного ожидаемого числа отказов, так что

Когда неисправности минимальны, а время на ремонт незначительно, тогда функция ROCOF λ(t) = r(t), функции частоты отказов. Накопительная функция ROCOF определяется как

Функцией ROCOF, которая широко использовалась, является ROCOF Weibull. Совокупность ROCOF (или ожидаемое общее количество отказов) определяется функцией

с параметром масштаба α и параметром формы β:

Пусть система (машина) с распределением времени отказов Вейбулла имеет параметр формы β = 1,69 и масштабный параметр α = 2,857,14, затем, на основе совокупности функции ROCOF, первое, второе и т. д. расчетные времена отказов, которые могут быть написаны можно найти следующим образом:

Если = 1, тогда t = 2857.14. Если = 2, тогда t = 4305.82. Если = 3, тогда t = 5473.33. Если = 4 тогда t = 6489.03.

Из приведенного выше расчета можно оценить временной интервал между сбоями машины, когда время между сбоями машины уменьшается с течением времени. Это указывает на то, что у машины растет частота отказов.

* 1. **Оценка несоответствующих частей**

Это исследование разработало политику о том, что PM выполняется до ожидаемого времени первого отказа на основе совокупной функции ROCOF. Пример условия для случая двух производственных прогонов и двух PM показан на рисунке 5. Во втором производственном прогоне нет несоответствующей детали, поскольку состояние неконтролируемого состояния имеет место в первом производственном прогоне, поэтому число несоответствующих частей для k = 2 может быть записано следующим образом:

Таким же образом для g производственных циклов и g PM количества несоответствующих частей всегда будет иметь одинаковую форму, за исключением случаев, когда применяется к k = 1, 2, ..., g, так что

При условии, что вероятность того, что несоответствующая часть, обработанная в состоянии управления, равна p1 = 0, тогда ожидаемое количество несоответствующих частей может быть записано как

так что ожидаемая стоимость сети может быть вычислена



Рисунок 5 - Условие для двух производственных циклов и двух PM.

* 1. **Модельная формулировка**

Для того чтобы сформулировать интеграцию планирования серийного производства и технического обслуживания в математическую модель, мы используем следующие обозначения.

**Параметры**

t: единичное время обработки детали

s: время установки, необходимое для любой обработанной партии

c1: стоимость хранения запасов готовой детали в единицу времени

c2: складские затраты на единицу продукции для незавершенного производства в единицу времени

cs: стоимость установки блока

cPM: стоимость профилактического обслуживания блока

cr: стоимость восстановления единицы (корректирующие затраты)

cw: стоимость восстановления единицы на деталь для несоответствующей части

tPM: интервал времени для профилактического обслуживания (в постоянном предположении)

β: параметр формы для распределения Вейбулла

α: масштабный параметр для распределения Вейбулла

p1: вероятность дефектной части в состоянии контроля

p2: вероятность дефектной части в неконтролируемом состоянии

q: количество обрабатываемых деталей

d: время доставки заказа (общая дата исполнения)

**Переменные решения**

g: номер производственного цикла в модели [SISM]

R: номер производственного цикла в алгоритме [SISM]

: партия, запланированная на позиции i в k-м производственном цикле с направлением срока исполнения (обратный подход), для ik = 1, 2, ..., Nk, k = 1, 2, ..., g

размер партии

N: возможное общее количество партии в уровне планирования

Nk: количество партий в k-м производственном цикле, k = 1, 2, ..., g

: время начала партии

: время завершения партии

BPM[k]: время начала для k-го PM

CPM[k]: время завершения для k-го PM

nCM: количество СМ, минимальный ремонт (восстановление)

R: общая стоимость СМ (восстановление)

M: количество несоответствующих частей

Целевая функция TC: общая стоимость, состоящая из затрат на инвентаризацию в процессе и полных затрат на инвентаризацию, затрат на настройку, профилактических и корректирующих затрат на обслуживание и затрат на доработку

Модель имеет некоторые допущения при формулировании модели следующим образом:

1. Это интегрирующая модель для отдельного изделия, обработанного на одном изношенном станке.

2. Время настройки не зависит от размера партии.

3. Номер позиции партии и PM считаются от направления срока исполнения (обратный подход).

4. То же усилие нагрузки для машины во время установки и во время обработки.

5. Машина не может быть прервана, пока идет производство.

6. Размер партии в реальном положительном значении.

Используя эти определенные обозначения и основываясь на этих допущениях, интегрирующее планирование серийного производства и обслуживания для минимизации затрат на производство и обслуживание ухудшающейся машины в условиях времени (модель [SISM]) может быть выражено как смешанно-целочисленное нелинейное программирование следующим образом:

Модель [SISM]







Уравнение (14) объявляет целевую функцию по минимизации общих затрат, состоящих из затрат на инвентаризацию, затрат на настройку, затрат на профилактическое обслуживание, корректирующих затрат на техническое обслуживание и затрат на доработку. Уравнение (15) указывает баланс материала в магазине, где количество деталей во всех партиях должно быть равно количеству деталей, которое будет запланировано. Уравнения (16) и (17) устанавливают время начала каждой партии при первом запуске и следующем запуске, соответственно. Все партии запланированы в соответствии с общей датой оплаты d последовательно. Уравнения (18) и (19) устанавливают длину первого и следующего прогонов соответственно. Уравнение (20) устанавливает оценку несоответствующих частей для каждого прогона. Уравнения (21) и (22) устанавливают оценку общих несоответствующих частей и общей стоимости переделки для несоответствующих частей, соответственно. Уравнения (23) и (24) устанавливают возможное количество действий по КМ с накопленной Вейбулловской ROCOF и ожидаемую стоимость действия по КМ, соответственно. Уравнение (25) представляет набор ограничений для начала и следующего времени PM с допущением, что первый PM в расписании или последний PM в обработке (обратный подход) после того, как все партии были завершены в общую дату выполнения d до убеждения в том, что машина находится в новом состоянии для следующего заказа. Уравнение (26) указывает возможное количество партий в уровне планирования. Уравнение (27) указывает возможное количество производственных циклов в уровне планирования. Уравнение (28) устанавливает двоичное ограничение, которое будет иметь каждая партия: для непустых партий и для пустых партий. Уравнение (29) утверждает неотрицательность размера партии. Уравнение (30) утверждает, что размер партии меньше или равен всем частям, которые будут запланированы. Уравнение (31) утверждает наличие количества партий в каждом прогоне.

* 1. **Алгоритм**

Разработанный алгоритм начинается с решения проблемы без привлечения затрат на восстановление (CM) и затрат на доработку для несоответствующих частей или без ограничений уравнений. (20) - (24). Он начинается с одной партии в одном производственном цикле с одним PM. После получения производственного графика, оценить количество несоответствующих частей по формуле. (20) и номер восстановления по формуле. (23). Затем, рассчитать расчетную стоимость переделки по формуле. (22) и оценочную стоимость восстановления по формуле. (24), а затем рассчитать общую стоимость. Этот шаг выполняется для двух партий, пока не будет найдена увеличенная общая стоимость. Написать наилучшую общую стоимость одного производственного цикла и одного PM. Этот процесс выполняется для двух производственных циклов с двумя PM, пока не будет найдена наилучшая общая стоимость для двух производственных циклов с двумя PM. Продолжать процесс до g производственных циклов с g PM. Лучшее решение алгоритма - минимизация всех лучших общих затрат для k = 1, 2, ..., g. Затем запишите все переменные решения для одной задачи интеграции одной машины. Алгоритм решения задачи интеграции с одним элементом полностью аналогичен алгоритму SISM.

Шаг 1. Установить длину первого интервала времени отказа после PM как α. Перейти к шагу - 2.

Шаг 2. Проблема считается выполнимой, если и только если общее время процесса с одной установкой не превышает срок выполнения d, в противном случае проблема неосуществима для модели или если s + tq ≤ d, тогда проблема выполнима; перейти к шагу 3. Если s + tq > d, задача неосуществима, остановиться.

Шаг 3. Вычислить g по формуле (27), и установить Nk = [N], рассчитывается по формуле. (26), k = 1, 2, ..., g. Перейти к шагу 4.

Шаг-4. Для R = 1, 2, ..., г. Перейти к шагу 5.

Шаг-5. Установить R = 1. Перейти к шагу 6.

Шаг-6. Установить g = R. Перейти к шагу 7.

Шаг-7. Подставить значения g, Nk, p, q, t, s, d, tPM в модель и установить Набор , для ik = 1 и k = 1, установить для других ik и k. Перейти к шагу 8.

Шаг-8. Решить модель SISM без ограничения формул. (20) - (24). Рассчитать расчетную стоимость переделки по формуле. (22) и оценить стоимость восстановления по формуле. (24) и вычислить общую стоимость, чтобы найти TC, написать = TC. Перейти к шагу 9.

Шаг-9. Установить k = 1. Перейти к шагу 10.

Шаг-10. Установить ik = 2. Перейти к шагу 11.

Шаг-11. Установить для jl = 1,2,…,ik и l = 1,2,…,k, и X[jlk] = 0, иначе перейти к шагу 12.

Шаг-12. Решить модель SISM без ограничения формул. (20) - (24). Рассчитать расчетную стоимость переделки по формуле. (22) и оценочную стоимость восстановления по формуле. (24) и вычислить общую стоимость, чтобы найти TC, написать = TC. Перейти к шагу 13.

Шаг-13. Определить, является ли

- Если определить, является ли ik = Nk,

- Если ik = Nk, перейти к шагу 14

- Если ik ≠ Nk, установить ik = ik + 1, и вернуться к шагу 11.

- Если , записать TC[k]\* = и записать все переменные решения, связанные с TC[k]\*, перейти к шагу 15

Шаг-14. Записать TC[k]\* = и записать все связанные с TC\* переменные решения, перейти к шагу 15.

Шаг-15. Определить является ли k = g,

- Если k = g, перейти к шагу 21

- Если k ≠ g, перейти к шагу 16.

Шаг-16. Установить k = k + 1, перейти к шагу 17.

Шаг-17. Установить ik = 2, перейти к шагу 18.

Шаг-18. Установить для jl = 1,2, …, ik и l = 1, 2, …, k+1, и установить для других jl,l. Перейти к шагу 19.

Шаг-19. Решить модель SISM без ограничения формул. (20) - (24). Рассчитать расчетную стоимость переделки по формуле. (22) и оценочную стоимость восстановления по формуле. (24) и вычислить общую стоимость, чтобы найти TC, написать TC[i (k + 1)] = TC. Перейти к шагу 20.

Шаг-20. Определить, является ли

- Если установить i = i + 1, и вернуться на шаг 11,

- Если определить является ли k = g,

- Если k = g, перейти к шагу 21

- Если k ≠ g, установить k = k + 1, и вернуться на шаг 10.

Шаг-21. Написать TC[R] = TC[k]\*, R = 1, 2, …, g. Перейти к шагу 22.

Шаг-22. Определить, является ли R = g

- Если R = g. Перейти к шагу 23.

- Если R ≠ g. Установить R = R + 1, и вернуться на шаг 6.

Шаг-23. Написать {TC[R], R = 1, 2, …, g}.

Шаг-24. Минимальное решение Min {TC[R], R = 1, 2, …, g}. Перейти к шагу 25.

Шаг-25. Напиcать все значения переменных решения.

* 1. **Числовой опыт**

Чтобы пояснить, как работает предложенный алгоритм, приведен следующий пример. Рассмотрим интегрирующую задачу с параметрами следующим образом: количество деталей q = 300 единиц, время установки между партиями s = 30 мин, время обработки единицы детали t = 20 мин, продолжительность времени профилактического обслуживания tPM = 60 мин = 1 / μ (постоянная величина), параметр формы распределения Вейбулла β = 1,69 и масштабный параметр α = 2857,14, постоянная скорость ремонта μ = 1/60, общая дата оплаты d = 10000,00, стоимость хранения готовых деталей в единицах c1 = US$ 0,20 за единицу в минуту, стоимость единицы инвентаря, содержащего производственные детали c2 = 0,10 долл. США за единицу в минуту, удельная стоимость PM cPM = 30,00 долл. США, стоимость установки единицы измерения cs = 3,00 долл. США, вероятность дефекта часть в состоянии контроля p1 = 0,00, вероятность появления дефектной части в состоянии неконтролируемого состояния p2 = 0,30, стоимость доработки за единицу детали для несоответствующих частей cw = 100,00 долл. США, а также стоимость исправления единицы обслуживания cr = 120,00 долл. США.

Вычислительные шаги для решения задачи следующие.

Шаг-1. Выход α = 2857,14.

Шаг-2. Выход 30 + 20 x 300 = 6 030,00 ≤ 10 000,00, то задача выполнима

Шаг-3. Выход g = 3 и Nk = 125, k = 1, 2, 3.

Шаг-4. Выходы R = 1, 2, 3.

С шага 5 до шага 21 для R = 1 получить наилучшее решение TC [1] \* = 201 313,00. 1-й цикл

С шага 5 до шага 21 для R = 2 получить наилучшее решение TC [2] \* = 201,124,80. 2-й цикл

С шага 5 до шага 21 для R = 3 получить наилучшее решение TC [3] \* = 201,158.80.

Шаг-23. Получить набор наилучших решений для R = 1, 2, 3 в виде набора {TC[1] \*, TC [2] \*, TC[3] \*} = {201,313.00, 201,124.80, 201,158.80}.

Шаг-24. Получить минимальный TC = min {201,313.00, 201,124.80, 201,158.80} = 201,124.80, который происходит в двух производственных циклах с двумя PM.

Шаг 25. Получить полное решение, как показано в таблице 1 и на рисунке 6.

**3.7 Заключение**

В этой главе предлагается модель интеграции планирования партии и планирования обслуживания по критерию минимизации затрат на хранение, затрат на настройку, затрат на PM, затрат на восстановление и затрат на восстановление (CM). Используемый критерий планирования - минимизация общего фактического времени потока. Первая политика планирования профилактического обслуживания (PM) (с указанием срока выполнения) выполняется точно в срок. Второй PM и т. д. Будут выполнены до момента первого ухудшения в соответствии с кумулятивной функцией Weibull ROCOF.

В разработанной модели поиск решения начинается с решения задачи без привлечения затрат на восстановление (CM) и затрат на доработку несоответствующей детали. Он начинается с одной партии в одном производственном цикле и одного вечера. После нахождения графика производства, оцените количество несоответствующих деталей и общее восстановление (CM). Затем вычислите предполагаемую стоимость восстановления, а затем вычислите общую стоимость. Этот шаг выполняется для двух партий и так далее, пока не будет найдено увеличение общей стоимости. Напишите наилучшую общую стоимость одного производственного цикла и одного PM. Этот процесс выполняется для двух производственных циклов с двумя PM, пока не будет найдена наилучшая общая стоимость для двух производственных циклов с двумя PM. Продолжайте процесс до тех пор, пока g производство не будет запущено с g PM. Лучшее решение алгоритма - минимизация всех лучших общих затрат для k = 1, 2, ..., g.

Таблица 1 - Лучшее расписание для примера.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | **\*** |
|  | 42.46 | 9150.77 |  |  | 201124.80 |
|  | 39.46 | 8331.54 |  |  |  |
|  | 39.46 | 7572.31 |  |  |  |
|  | 33.46 | 6873.08 |  |  |  |
|  | 30.46 | 6233.85 |  |  |  |
|  | 27.46 | 5654.62 |  |  |  |
|  | 24.46 | 4676.15 |  |  |  |
|  | 21.46 | 4676.15 |  |  |  |
|  | 18.46 | 4276.92 |  |  |  |
|  | 15.46 | 3937.46 |  |  |  |
|  | 6.46 | 3718.46 |  |  |  |
|  | 3.46 | 3619.23 |  |  |  |
|  | 0.46 | 3580.00 |  |  |  |



Рисунок 6 - Диаграмма Ганта наилучшего решения для примера.

Модель делает компромисс в следующих двух вещах. Увеличение количества партий (продолжительности производственного цикла) до определенного предела минимизирует общую стоимость запасов. Между тем, увеличение продолжительности производственного цикла будет означать увеличение количества несоответствующих деталей и количества восстановительных работ (CM).

Для читателей, которые хотят узнать больше об интеграции планирования серийного производства и обслуживания оборудования, они могут прочитать Zahedi et al. [4-6].

* 1. **Упражнения**

Попробуйте следующие случаи, чтобы понять метод, который был разработан в этой главе.

1. Пусть четыре задания из одного предмета с размером задания 25 деталей со временем обработки 500 мин. Другие параметры этой проблемы такие же, как и у задачи выше. График работы с критериями минимизации общей стоимости.

2. Пусть четыре задания из одного элемента состоят из Задания 1 = 40 частей (800 минут), Задания 2 = 30 частей (600 минут), Задания 3 = 20 частей (400 минут), Задания 4 = 10 частей (200 минут), и срок выполнения d = 3000, а другие параметры этой проблемы такие же, как и у задачи выше. График работы с критериями минимизации общей стоимости.

**Библиографический список**

[1] Dobson G, Karmarkar US, dan Rummel JL. Batching to minimize flow times on one machine. Management Science. 1987;33:784-799

[2] Dobson G, Karmarkar US, dan Rummel JL. Batching to minimize flow times on heterogeneous machines. Management Science. 1989;35:607-613

[3] Halim AH, Ohta H. Batch scheduling problems to minimize inventory cost in the shop with both receiving and delivery just in times. International Journal of Production Economics. 1994; 33:185-195

[4] Zahedi Z, Ari Samadhi TMA, Suprayogi S, Halim AH. Integrated batch production and maintenance scheduling for multiple items processed on a deteriorating machine to minimize total production and maintenance costs with due date constraint. International Journal of Industrial Engineering Computations. 2016;7(2):229-240

[5] Zahedi R, Yusriski R. Stepwise optimization for model of integrated batch production and maintenance scheduling for single item processed on flow shop with two machines in JIT environment. In: Presented in ICCSCI Bali, 13–15 Oct 2017. Procedia Computer Science. 2017;116:408-420

[6] Zahedi Z, Salim A, Yusriski R, Haris H. Optimization of integrated batch production and maintenance scheduling on flow shop with two machines. International Journal of Industrial Engineering Computations (IJIEC). 2019;10(2):225-238. DOI: 10.5267/j. ijiec.2018.7.001

[7] Daellenbach HG, McNickle DC. Management Science, Decision Making Through Systems Thinking. New York, USA: Palgrave Macmillan; 2005

[8] Jiang RY, Murthy DNP. Maintenance Decision Models for Management. Beijing: Science Press; 2008