

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

И.В. Манягина, студентка каф. ТУ, гр.132-2

Научный руководитель В.А. Семиглазов, к.т.н.

Любое предприятие зачастую сталкивается с необходимостью планирования своих производственных процессов в целом, рассматривая отдельные работы во взаимосвязи. Методы сетевого планирования позволяют найти наиболее оптимальный вариант выполнения процесса, который позволяет осуществлять оперативное управление всем комплексом работ в целом.

Методы сетевого планирования, основаны на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения четко поставленной цели. Они находят широкое применение, в том числе и на производстве.

Основная цель сетевого планирования – сокращение до минимума продолжительности проекта. Задача сетевого планирования состоит в том, чтобы наглядно и системно отобразить и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей [1].

Целью данной работы является определение минимальной стоимости комплекса производственных работ при заданной продолжительности его выполнения.

Для достижения поставленной цели, необходимо выполнение следующих задач:

1. Построение и анализ сетевого графика.
2. Оптимизация сетевого графика.

Сетевой график – это граф, вершины которого отображают состояния некоторого объекта (например, строительства), а дуги - работы, ведущиеся на этом объекте. Каждой дуге сопоставляется время, за которое осуществляется работа и/или число рабочих, которые осуществляют работу.

При построении сетевых графиков используют два логических понятия (элемента) – работа и событие. Термин «работа» предусматривает процесс, предшествующий совершению какого-либо действия. Термин «событие» выражает собой определенный результат выполнения работы (или работ) [2]. На сетевом графике события обозначают кружком, а работы ориентированными стрелками. Сетевой график представляет собой последовательность работ и событий, отражающих их технологическую взаимосвязь.

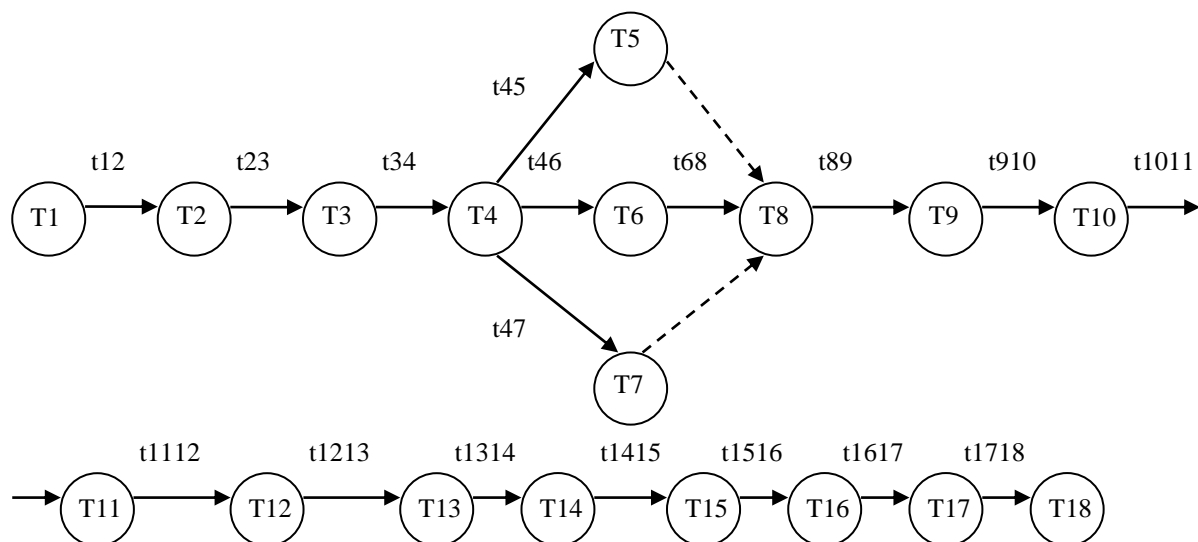
Пищевой комбинат «ЛАМА» ведет свою деятельность с 1995 года по различным направлениям. Основным видом деятельности является производство готовых и консервированных продуктов из мяса, мяса птицы, мясных субпродуктов и крови животных. В рамках пищевого комбината свою деятельность осуществляет пекарня. Основной производственный процесс пекарни по производству хлеба состоит из 17 работ, продолжительность и порядок выполнения которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Работы	Обозначение	Предварительные работы	Характер	Продолжительность (мин.)
Прием сырья	t12			30
Перемещение сырья	t23	t12		35
Хранение сырья	t34	t23		60
Просеивание и очистка	t45	t23		10

муки				
Приготовление дрожж.суспензии	t46	t23		7
Растопление маргарина	t47	t23	Авт.	8
Дозирование компонентов	t68	t45(1), t45(2), t45(3)		3
Замес теста	t89	t56		8
Брожение теста	t910	t67	Авт.	40
Обминка теста	t1011	t78		5
Деление теста на куски	t1112	t89		5
Предв. расстойка	t1213	t910	Авт.	8
Формирование заготовок	t1314	t1011		5
Оконч. расстойка	t1415	t1112	Авт.	40
Выпечка	t1516	t1213		55
Охлаждение	t1617	t1314	Авт.	120
Упаковывание	t1718	t1415		10

Сетевой график процесса имеет вид:



Продолжительность полного пути $t(L_i)$ определяется по формуле:

$$t(L_i) = \sum_{ij}^{L_i} t_{ij} \quad (1)$$

где t_{ij} - продолжительность работ.

Все работы процесса производства выполняются последовательно, при этом работы t45, t46, t47 могут выполняться параллельно. Это значит, что для определения полного пути, т.е. длительности процесса, выбирается наиболее продолжительная из них.

Таким образом, продолжительность полного пути равна:

$$L = t_{12} + t_{23} + t_{34} + t_{45} + t_{68} + t_{89} + t_{910} + t_{1011} + t_{1112} + t_{1213} + t_{1314} + t_{1415} + t_{1516} + t_{1617} + t_{1718}$$

$$L = 30 + 35 + 60 + 10 + 3 + 8 + 40 + 5 + 5 + 8 + 5 + 40 + 55 + 120 + 10 = 434(\text{мин.})$$

Ожидаемое время выполнения процесса – 434 минуты не устраивает управляющего производством пекарни и возникает необходимость в оптимизации времени выполнения процесса.

Сокращение времени выполнения, связано с увеличением дополнительных ресурсов, таких как увеличение рабочих, привлечение их во внеурочное время. Следовательно, сокращение сроков выполнения приводит к увеличению затрат на реализацию процесса. В результате необходимо найти компромисс между сокращением времени выполнения той или иной работы и экономией дополнительных затрат на процесс.

Оптимизация сетевой модели предполагает уменьшение общей длительности выполнения комплекса работ до минимальной величины, либо до величины соответствующей заданному сроку. Чаще всего сетевые модели сначала оптимизируются по параметру «время», затем переходят к корректировке распределения ресурсов. Оптимизация ресурсов проводится по критерию «время – денежные затраты».

Рекомендуемая продолжительность выполнения всего комплекса работ $T_0 = 300$ минут. Для расчета минимальных затрат, необходимых для сокращения времени выполнения процесса использована модель линейного программирования.

Данные для решения поставленной задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2

Работы	Нормальный вариант		Ускоренный вариант		Прирост затрат на одни сутки ускорения
	Время (мин.)	Затраты (руб.)	Время (мин.)	Затраты (руб.)	
t12	30	200	20	350	15
t23	35	250	20	310	4
t34	60	270	30	350	2,6
t451	10	300	5	430	26
t453	7	250	5	335	42,5
t452	8	200	3	450	50
t56	3	350	2	400	50
t67	8	400	8	400	0
t78	40	100	30	180	8
t89	5	350	5	350	0
t910	5	280	3	350	35
t1011	8	175	5	210	11,6
t1112	5	300	2	450	50
t1213	40	230	25	280	3,3
t1314	55	450	55	450	0
t1415	120	200	60	400	3,3
t1516	10	220	5	350	26

Всего	4525	Всего	6045
-------	------	-------	------

Исходя из экономической постановки задачи, разработана экономико-математическая модель, учитывающая все факторы от которых зависит решение.

По изучаемому производственному процессу известны:

1. нормальная продолжительность работы (t_{ij})
2. продолжительность работы при максимально возможном ее сокращении (t'_{ij})
3. величина максимально возможного сокращения продолжительности работы за счет дополнительных ресурсов $M_{ij} = t_{ij} - t'_{ij}$;
4. расчетные затраты на выполнение работы при нормальной ее продолжительности C_{ij} ;
5. расчетные затраты на выполнение работы в условиях максимального сокращения ее продолжительности за счет дополнительных ресурсов C'_{ij} ;
6. удельные затраты на сокращение продолжительности работы (на единицу времени) $K_{ij} = (C'_{ij} - C_{ij})/M_{ij}$.

Для формулировки задачи линейного программирования, необходимо ввести следующие переменные:

1. P – множество работ проекта;
2. x_i – время наступления события i ;
3. y_{ij} – величина сокращения времени работы ij ;
4. T_0 – желательное время выполнения проекта.

Используя данные обозначения, составим модель линейного программирования. Целевая функция направлена на минимизацию дополнительных расходов за счет сокращения сроков выполнения проекта:

$$F = \sum_{ij} K_{ij} y_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

Помимо целевой функции при решении поставленной задачи необходимо учесть следующие ограничения:

1. Время наступления события x_j должно быть больше или равно времени наступления предыдущего события плюс время необходимое для выполнения этой работы и минус время возможного сокращения:

$$x_j \geq x_i + t_{ij} - y_{ij}$$

2. Время возможного сокращения y_{ij} не может превышать разности времени работ $t_{ij} - t'_{ij}$:

$$y_{ij} \leq M_{ij}$$

3. Время наступления конечного события x_n должно быть меньше или равно заданной величине:

$$x_n \leq T_0$$

4. Время наступления событий и величина их возможного сокращения должны быть положительными:

$$x_i \geq 0, y_{ij} \geq 0$$

5. Количество работ должно принадлежать множеству работ проекта:

$$i, j \leq P$$

При этом в разработанной модели $\sum_{ij} K_{ij} y_{ij}$ - минимальная сумма издержек, необходимая для сокращения времени выполнения проекта до T_0 ; x_i, y_{ij} – оптимальный план для полученной модели.

Решение поставленной задачи найдено при использовании пакета MS Excel, надстройки «Поиск решения».

При снижении продолжительности выполнения всего комплекса работ с 434 минут до 300 минут оптимальные затраты составляют $4525 + 520 = 5045$ (руб.) При этом требуется сокращение времени выполнения работ (табл.3).

Таблица 3

Работа	Время сокращения (мин.)
t12	1
t23	15
t34	30
t910	10
t1213	3
t1415	15
t1617	60

В результате работы разработана оптимизационная модель комплекса работ по производству хлеба, позволяющая определить минимальные расходы на реализацию процесса в заданные сроки. Полученные результаты переданы директору ООО «Пищевой комбинат «ЛАМА»» для рассмотрения.

Решение экономических задач с помощью методов математического моделирования позволяет осуществлять эффективное управление производственными процессами на уровне прогнозирования и планирования экономических ситуаций и принятия на основе этого управленческих решений [3].

Список использованных источников:

1 Макарова Е.П. Бизнес-консалтинг в области управления проектами: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 269 с

2 Моделирование производственных процессов автомобильного транспорта. Учебн. пособие/Владим. гос. ун-т; Сост. С.И. Коновалов, С.А. Максимов, В.В. Савин. Владимир, 2005. 244 с

3 Математические методы и модели в логистике: учеб. пособ. / В.С. Лубенцова. Под редакцией В.П. Радченко. – Самара. Самар. гос. техн. ун-т, 2008, - 157 с.