**Контрольная работа № 1**

**"Расчет сетевого графика обслуживания ВС при кратковременной стоянке в промежуточном аэропорту"**

1. Выбор варианта:

Вариант контрольной работы определяется по последней цифре зачетной книжке студента.

В таблице №1 приведены перечень и оценки продолжительно­сти работ для каждого варианта.

Оформление контрольных работ - в соответствии с установлен­ными требованиями.

1. Назначение и цель контрольной работы:
* Контрольная работа предназначена для студентов, знакомых с основами сетевого планирования и управления производством.
* Контрольная работа выполняется после прослушивания лек­ций и проведения практических занятий.
* Учебная цель контрольных работ - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении методов построения и расчета сетевых графиков.
1. Объект исследования

Моделируется процесс планирования и оптимизации обслужива­ния ВС при кратковременной стоянке в промежуточном аэропорту.

1. Содержание контрольной работы

Контрольная работа включает:

* подготовку и систематизацию исходных данных;
* расчет параметров сетевого графика обслуживания ВС при кратковременной стоянке в промежуточном аэропорту;
* оформление итоговых таблиц значений параметров сетевого графика;
* обоснование, выводы и рекомендации по оптимизации сетевого графика.
1. **Основные понятия сетевого планирования и управления**

Методы сетевого планирования и управления предназначены для планирования и контроля производственных (технологических) процессов, состоящих из комплекса последовательных и взаимоза­висимых этапов (работ). Данные методы позволяют обеспечить вы­сокоэффективное выполнение комплекса работ за счет возможно­стей контролирования процесса работы, выявления скрытых резер­вов рационального распределения трудовых и материальных ре­сурсов.

1. Элементы сетевого графика

Основой сетевых методов планирования и управления является представление процесса выполнения комплекса работ в виде сете­вого графика.

Основные логические элементы, участвующие в построении се­тевого графика - работа, событие, путь.

Работа может иметь различные значения:

- действительная работа, т.е. трудовой процесс, для выпол­нения которого требуются затраты времени и ресурсов (например: посадка пассажиров, заправка ВС и др.)

- ожидание, т.е. процесс, требующий только затраты времени (например: слив отстоя авиатоплива и др.)

- зависимость (или фиктивная работа), т.е. логическая связь между работами, не предполагающая затрат времени и ресурсов, но указывающая что начало выполнения некоторых работ возможно только после завершения других работ (например: посадка пасса­жиров допускается только после окончания заправки ВС).

На сетевом графике действительная работа и ожидание изобра­жаются сплошными линиями, а фиктивная работа - пунктирной линией.

События представляют собой факт окончания всех предшест­вующих данному событию работ и возможность начала других ви­дов работ, непосредственно следующих за данным событием. Со­бытие наступает в момент времени, в соответствии с завершением всех работ, входящих в него.

В сетевых графиках событие, как правило, изображается в виде кружка с цифровым индексом внутри, обозначающим порядковый номер события.

События являются связующими звеньями между работами. Ка­ждая работа сетевого графика определяется двумя событиями:



Рис. 1. Графическое изображение событий

- предшествующим, которое указывает на начало работы и обозначается **(** i**)**.и последующим, указывающим на окончание работы и обозначаемым **(j)**. Работа обозначается индексом **(i,j)**.а продолжительность ее выполнения t(i,j) (рис.1). На сетевых графи­ках продолжительность работы записывается над стрелкой.

где:

* i, j - работы
* **t(i,j)**- продолжительность работы

В сетевом графике существуют два особых события: исходное - соответствующее началу выполнения работ и обозначаемое номе­ром 0, и завершающее, отображающее достижение намеченной цели данного комплекса работ и обозначаемое последним порядко­вым номером.

В сетевом планировании важное значение имеет путь сетевого графика - это любая непрерывная последовательность взаимосвя­занных событий и работ сетевого графика по направлению стрелок. Различают два типа пути сетевого графика:

- путь между событиями L(i,k).т.е. путь, соединяющий два события iи k. Например, на рис.2. путь L(1,4).состоит из работ (1,3) и (3,4).

Полный путь сетевого графика L(0,n), т.е. путь от исходного 0 до завершающего события n.

Например, на сетевом графике рис.2. имеются три полных пути, проходящих через события: 0-1-3-4-5, 0-2-33-4-5, 0-2-1-3-4-5.

На это прежде всего должно быть обращено внимание руково­дителя работ. В сетевом графике может быть один или несколько критических путей, имеющих одинаковую продолжительность.

Критический путь в сетевом графике обозначается утолщенной или двойной стрелкой.

1. Определение продолжительности работ

Выполнение производственного процесса или его этапа (рабо­ты) в реальных условиях подвержено влиянию различных помех м возмущений, имеющих случайный характер. Поэтому продолжи­тельность работ следует рассматривать как случайные величины, точное значение которых заранее указать невозможно. Для при­ближенной их оценки использовать формулу, позволяющую оце­нить ожидаемую продолжительность tож(математическое ожида­ние) работы. Для этого могут быть использованы значения мини­мальной и максимальной продолжительности работы, полученные на основе экспертных оценок:

$$t\_{ож}=\frac{3t\_{min}+2t\_{max}}{5} (1)$$

Например, работу (1,3) на рис.2. по оптимистической оценке можно выполнить за 5 мин., т.е. tmin= 5 мин. а по пессимистической оценке за 20 мин. Отсюда получена ожидаемая (наиболее вероят­ная) продолжительность работы:

$$t\_{ож}=\frac{3\*5+2\*20}{5}=11$$

**5.3 Параметры сетевого графика**

Параметры событий. Цель расчета сетевого графика - определение типовых значений некоторых рассматриваемых далее параметров сетевой модели, позволяющих анализировать сетевой график для выявления качества принятых решений.



Рис.2. Сетевой график, состоящий из 5-ти событий и 6-ти работ

Если известна продолжительность каждой работы (i, j) сетево­го графика, то длина любого пути определяется суммой продолжи­тельностей составляющих его работ, т.е.

**t(L) = ∑t(i,j)**

(i, j)***L*

Полный путь сетевого графика с наибольшей продолжительно­стью называется критическим путем. Длительность критического пути - это время, которое необходимо для завершения всего ком­плекса работ.

Tкр=max {t(i,j)}

Например, на сетевом графике (рис. 2) длина критического пути

Ткр = max [t(0,1) + t(1,3) +t(3,4) +t(4,5)];

[t(0,2) +t(2,3) +t(3,4) +t(4,5)];

[t(0,2) + t(2,1) + t(1,3) + t(3,4) + t(4,5)] = max [10+11+6+8];

[9+2+11+6+8] = [35; 32; 36] = 36

Работы критического пути (0,2), (2,1), (1,3), (3,4), (4,5) наиболее важны, т.к. сокращение или увеличение их длительности соответ­ственно отражаются на общей продолжительности реализации комплекса работ.

Ранний срок наступления события с номером ***i – Tp(i)***опреде­ляется продолжительностью (t) самого длинного из предшествую­щих этому событию путей L(0,i) от исходного события графика до рассматриваемого:

***Tp*(i)=max*t*{*L*(0,*i*)}**

Из последней формулы вытекает соотношение для вычисления раннего срока наступления события:

(2)

**Tp(i)=max [Tp(i-1)+t(i-1,i)]**

**(i-1)**

где: (i-1) - номера событий, предыдущих к событию i;

Tp(i- 1) - ранний срок наступления предыдущего события;

T(i-1, i) -продолжительность работы между событиями (i- 1) и i;

Раньше этого срока событие наступить не может, но возможно наступление его позже без увеличения общей продолжительности выпол­нения всего комплекса работ сетевого графика.

Поздний срок наступления события с номером i- Тп(i) опре­деляется разностью между величиной критического пути Ткр и продолжительностью (t) самого длинного из последующих к этому событию путей L(i, п), от рассматриваемого события до завершаю­щего:

***Tn*(*i*) *= Ткр- max t*[*L*(*i,n*)]**

***L***

Отсюда вытекает следующая формула:

***Tn*(*i*)= *min* [*Tn*(*i +* 1)*- t*(*i,i +* 1)]**(3)

**(*i+*1)**

где:

(i *+* 1) - номера событий, последующих к событию i;

Tn(i+ 1) - поздний срок наступления последующего события (i+ 1);

t(i,i*+* 1)- продолжительность работы между событиями i, и (i*+* 1).

Таким образом, поздние сроки наступления событий вычисляются по сетевому графику от завершающего, т.е. п-го события, до исход­ного, т.е. 0-го события.

Для п-го события :

*Тр(п)* = *Тп(п) = Ткр* (4)

т.е. критическому времени выполнения комплекса работ.

Резерв времени события с номером iобозначается R(i)и опре­деляется как разность между значениями позднего и раннего сро­ков наступления события:

*R(i) = Tn(i)*- *Tp(i)* (5)

События, лежащие на критическом пути, резерва времени не имеют. Значения величин R(i), Tn(i), Tp(i)наносятся на сетевой график, а именно, влевый, правый и нижние секторы окружности, изображающей событие i(рис.З).



Рис. 3. Элементы сетевого графика

Например, расчет параметров событий сетевого графика, изо­браженного на рис.2. Для вычисления ранних сроков наступления событий используется формула (2).

Тр(0)=0

*Tp*(2)*=Tp*(0)*+t*(0*,*2)*=*0*+*9*=*9

*Tp*(1)=max$\left\{\begin{array}{c}Tp\left(0\right)+t(0,1)\\Tp\left(2\right)+t(2,1)\end{array}\right\}=max\left\{\begin{array}{c}0+10\\9+2\end{array}\right\}=max\left\{\begin{array}{c}10\\11\end{array}\right\}=11$

*Tp*(3)=max$\left\{\begin{array}{c}Tp\left(1\right)+t(1,3)\\Tp\left(2\right)+t(2,3)\end{array}\right\}=max\left\{\begin{array}{c}11+11\\9+9\end{array}\right\}=max\left\{\begin{array}{c}22\\18\end{array}\right\}=22$

*Tp*(4)*=Tp*(4)*+t*(3*,*4)*=*22*+*6*=*28

*Tp*(5)*=Tp*(4)*+t*(4*,*5)*=*28*+*8*=*36

Отсюда согласно формуле (4):

Ткр = 36, Тn(5) *=* 36

Поздние сроки наступления событий вычисляются согласно формуле (3)

*Tn*(5)*=36*

*Tn*(4)*=Tn*(5)*-t*(4*,*5)*=*36*-*8*=*28

*Tn*(3)*=Tn*(4)*-t*(3*,*4)*=*28*-*6*=*22

*Tn*(1)*=Tn*(3)*-t*(1*,*3)*=*22*-*11*=*11

*Tn*(2)=min$\left\{\begin{array}{c}Tn\left(1\right)+t(2,1)\\Tn\left(3\right)+t(2,3)\end{array}\right\}=min\left\{\begin{array}{c}11-2\\22-9\end{array}\right\}=min\left\{\begin{array}{c}9\\13\end{array}\right\}=9$

По формуле (5) подсчитываются резервы времени события: R(0)=0;

*R*(0)=0;

*R*(1)=Tn(1)-Tp(1)=11-11=0;

*R*(2)=Tn(2)-Tp(2)=9-9=0;

*R*(3)=Tn(3)-Tp(3)=22-22=0;

*R*(4)=Tn(4)-Tp(4)=28-28=0;

*R*(5)=Tn(5)-Tp(5)=36-36=0;

Критический путь соединяет события 0-2-1 - 3-4- 5.

Параметры работ сетевого графика. Для любой работы с про­должительностью t(i,j)можно определить:

- ранний возможный и поздний допустимый сроки начала работ

Tpн(i,j)*=* Тр(i)

*Tnн=(i,j) =Tn(j) - t(i.j)*

* ранний возможный и поздний допустимый сроки окончания работ

*Tpc((i,j)*= *Tp(i) + t(i,j);*

*Tnc(iJ) = Tn(j)*

* полный и свободный резервы времени работы:

*Rn(i,j) = Tn(j) - Tp(i) - t(i,j);*

*Rc(i,j)* = *Tp(j) - Tp(i) - t(i,j);*

Полные резервы времени для работ некоторого пути не могут быть использованы для всех работ этого пути одновременно. Пол­ное или частичное использование этого резерва на какой-либо ра­боте приводит к уменьшению резерва связанных с этой работой со­бытий и, следовательно, к уменьшению полного резерва времени других работ этого пути.

Свободный резерв времени показывает, насколько можно уве­личить продолжительность выполнения работы (i,j),не влияя на другие работы.

Сетевой график с расчетными значениями параметров событий изображен на рис. 4.



Рис. 4. Пример расчета сетевого графика

**Таблица № 1**

Перечень п продолжительность работ, выполняемых при кратковременной стоянке ВС в промежуточном аэропорту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №пп | Шифр | Наименование работ | № варианта и исходные данные видов работ в мин. |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** | **T min****T max** |
| 1 |  |  | **3 4** |  **5 6** |  **7 8** |  **9 10** | **11 12** | **13 14** | **15 16** | **17 18** |  **19 20** | **21 22** |
| 1 | 0-1 | Заруливание ВС на стоянку. Установка упорных колодок | 2 4 | 4 6 | 2 6 | 2 5 | 2 7 | 3 5 | 3 7 | 4 7 | 3 6 | 4 5 |
| 2 | 1-2 | Подъезд спецавтотранспорта | 810 |  59 | 3 9 | 6 8 | 3 10 | 5 7 | 4 9 | 5 8 | 4 8 | 6 7 |
| 3 | 1-3 | Подъезд и установка трапа | 712 | 6 8 | 4 13 | 6 12 | 3 15 | 5 12 | 4 11 | 5 10 | 5 14 | 6 10 |
| 4 | 1-4 | Подъезд топливозаправщика |  3 4 | 4 6 | 3 6 | 2 6 | 3 5 | 2 5 | 2 4 | 4 5 | 2 3 | 3 6 |
| 5 | 2-10 | Разгрузка, погрузка груза и почты | 2557 | 27 56 | 22 62 | 19 65 | 20 65 | 21 63 | 24 61 | 25 58 | 24 59 | 26 54 |
| 6 | 2-14 | Разгрузка, погрузка багажа | 28 46 | 35 42 | 31 42 | 32 43 | 30 45 | 29 46 | 33 41 | 34 40 | 32 40 | 31 45 |
| 7 | 3-4 | Оформление требования на заправку |  57 | 3 5 | 1 4 | 3 6 | 1 5 | 2 4 | 1 3 | 2 3 | 2 5 | 3 4 |
| 8 | 3-5 | Обслуживание двигателей | 21 40 | 19 40 | 22 37 | 21 36 | 20 40 | 24 35 | 21 38 | 25 36 | 23 36 | 19 42 |
| 9 | 3-6 | Высадка пассажиров | 11 14 | 10 14 | 8 10 | 11 12 | 9 15 | 8 14 | 8 12 | 10 12 | 9 15 | 11 15 |
| 10 | 3-7 | Подключение наземного источника питания |  34 | 4 6 | 3 5 | 2 6 | 3 5 | 2 5 | 2 4 | 4 5 | 2 3 | 3 6 |
| 11 | 4-9 | Подготовка ВС к заправке авиатопливом | 314 | 2 10 | 3 11 | 2 12 | 3 13 | 2 11 | 2 10 | 3 12 | 2 11 | 3 9 |
| 12 | 5-11 | Осмотр пассажирских кресел | 5 10 | 4 12 | 6 8 | 7 8 | 5 9 | 4 9 | 6 10 | 4 7 | 6 11 | 5 8 |
| 13 | 5-14 | Обслуживание шасси и гидросистемы ВС | 11 19 | 14 18 | 13 15 | 15 17 | 12 18 | 14 16 | 13 16 | 12 17 | 13 18 | 15 16 |
| 14 | 6-8 | Осмотр бортового оборудования | 5 7 | 6 9 | 5 6 | 3 6 | 5 8 | 6 7 | 5 7 | 6 8 | 5 9 | 4 9 |
| 15 | 6-11 | Уборка пассажирских салонов | 14 28 | 14 25 | 13 27 | 15 26 | 14 24 | 13 27 | 14 28 | 15 23 | 13 26 | 15 24 |
| 16 | 6-12 | Осмотр туалетов | 7 9 | 6 9 | 5 11 | 7 8 | 5 10 | 4 9 | 6 8 | 4 10 | 5 9 | 6 9 |
| 17 | 6-14 | Осмотр кресел в кабине экипажа | 6 14 | 8 12 | 6 13 | 5 14 | 7 12 | 8 10 | 6 11 | 8 11 | 6 12 | 5 13 |
| 18 | 7-8 | Осмотр и обслуживание оборудования ВС сна­ружи | 11 24 | 9 25 | 12 18 | 10 23 | 12 25 | 11 24 | 12 18 | 11 25 | 13 19 | 9 26 |
| 19 | 7-13 | Контроль зазаправкой ВС | 22 34 | 21 35 | 17 42 | 22 35 | 18 40 | 20 36 | 19 38 | 20 37 | 19 38 | 21 36 |
| 20 | 8-12 | Проверка работы спецоборудования внутри ВС | 10 14 | 9 15 | 6 17 | 8 13 | 5 17 | 7 14 | 6 15 | 7 15 | 6 18 | 9 12 |
| 21 | 9-13 | Заправка ВС топливом | 15 30 | 13 32 | 10 34 | 15 28 | 12 30 | 2036 | 11 34 | 12 35 | 11 36 | 14 29 |
| 22 | 10-14 | Осмотр обшивки ВС в районе грузовых люков | 36 | 2 6 | 2 4 | 4 5 | 2 5 | 3 4 | 2 3 | 3 5 | 2 5 | 3 7 |
| 23 | 10-15 | Внешний осмотр ВС | 6 8 | 4 7 | 49 | 6 8 | 4 8 | 5 8 | 5 6 | 5 9 | 5 7 | 6 7 |
| 24 | 11-14 | Посадка пассажиров на ВС | 13 16 | 1318 | 11 17 | 13 15 | 10 20 | 12 16 | 11 19 | 12 17 | 11 21 | 12 19 |
| 25 | 12-14 | Отключение наземных источников питания | 4 8 | 3 4 | 1 3 | 1 6 | 1 5 | 2 4 | 1 4 | 2 5 | 2 3 | 3 5 |
| 26 | 13-14 | Отъезд топливозаправщика | 6 15 | 7 13 | 6 14 | 8 11 | 8 12 | 7 14 | 6 12 | 9 10 | 9 11 | 7 14 |
| 27 | 13-15 | Подъезд буксира и присоединение к ВС | 2 6 | 3 4 | 1 3 | 1 6 | 1 5 | 2 4 | 1 4 | 2 5 | 2 3 | 3 5 |
| 28 | 13-18 | Контроль за буксировкой и выпуском ВС | 24 35 | 12 38 | 26 33 | 23 35 | 25 35 | 25 36 | 26 34 | 23 37 | 25 36 | 24 34 |
| 29 | 14-15 | Отъезд трапа от ВС | 2 6 | 3 4 | 2 3 | 3 6 | 2 5 | 1 4 | 2 5 | 1 5 | 1 3 | 3 5 |
| 30 | 15-16 | Уборка колодок и буксировка ВС к месту за­пуска двигателей | 3 6 | 3 8 | 3 6 | 5 6 | 3 8 | 4 6 | 3 7 | 4 7 | 4 5 | 4 9 |
| 31 | 16-17 | Отсоединение и отъезд буксировщика | 4 6 | 2 4 | 3 5 | 2 6 | 3 5 | 2 3 | 3 6 | 2 4 | 3 6 | 2 5 |
| 32 | 17-18 | Запуск двигателей и начало движения ВС | 6 12 | 7 14 | 6 14 | 8 11 | 5 12 | 7 14 | 6 15 | 7 13 | 6 16 | 8 14 |

Для всех работ критического пути резервы времени равны ну­лю. Расчетные значения величин Tp(i). Tn(i), R(i)сводятся в табли­цу №2, а величин lnHC(i,j), Tpu(i,j), Tpc(i.j), Tnc(iJ), Tnн(i,j), Rn(iJ), Rc (i.j), - в таблицу №3.

Расчетные значения параметров событий

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| №№события | Параметры событий сетевого графика |
| Тр(i) | Tn(i) | R(i) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

Расчетные значения параметров работ

Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| Индекс | Параметры работ сетевого графика |
| **tож** | **Tpn(i,j)** | **Tpc(i,j)** | **Тпн(i,j)** | **Tnc(i,j)** | **Rn(i,j)** | **Rc(i,j)** |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0-1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1-2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1-3 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 -n |  |  |  |  |  |  |  |

1. Пути оптимизации сетевого графика

В завершающей части контрольной работы необходимо указать пути оптимизации сетевого графика по времени выполнения работ из перечисленного далее набора, количественно их аргументируя.

1. Пересмотр оценок продолжительности работ.
2. Улучшение организации и технологии выполнения работ на основе механизации производственного процесса.
3. Переброска трудовых и материальных ресурсов с мало за­груженных путей на работы, лежащие на критическом пути.
4. Привлечение дополнительных ресурсов для ускорения всего комплекса работ, лежащих на критическом пути.

**Исходная топология сетевого графика**

