ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 191 1969

О ВЫБОРЕ КОЛИЧЕСТВА ЧЛЕНОВ БРИГАДЫ

И. А. ОМЕЛЬЧЕНКО

(Рекомендована научным семинаром кафедр электрических станций и электрических сетей и систем)

В практике часто возникает необходимость определить рациональное количество членов бригады электромонтажников. При большом количестве рабочих в бригаде возможен простой из-за недостатка фронта работ. При малом количестве — бригада не будет способна выполнить вовремя необходимую работу. Возникает необходимость найти оптимальное количество рабочих в бригаде.

Решение этой задачи возможно найти при помощи применения теории массового обслуживания, которая позволяет использовать математический аппарат для оценки явлений и процессов, носящих случайный характер, протекающих в любой форме [1, 2].

Параметрами, характеризующими метод массового обслуживания, являются поток требования и время, необходимое на обслуживание одного требования. Поток требований при производстве электромонтажных работ определится как отношение сметной стоимости объекта или группы объектов, порученных бригаде, к выработке и продолжительности ведения работ.

Если принять обозначения: λ — поток требований, C — сметная стоимость объекта, B — выработка на одного рабочего, T — период ведения электромонтажных работ, то

$$\lambda = \frac{C}{B \cdot T}. \tag{1}$$

Время выполнения одного требования является случайной величиной, так как зависит от вида работ, опыта рабочих, снабжения материалами, состояния строительных работ и пр., и подчиняется показательному закону [1].

При данных условиях можно поставить вопрос о количестве членов бригады, обслуживающих поток требований.

При обслуживании необходимым условием является требование регулярного выполнения поступающего потока требований, чтобы не образовалась очередь из невыполненных требований. Интерес состоит еще в том, какое среднее количество требований будет ежедневно выполняться и какое их количество не будет начато вовремя.

Ясно, что не выполнить требование нельзя, поэтому очередное требование будет ожидать начала обслуживания. Отсюда вытекает, что система обслуживания не теряет требований.

Предполагаем, что поток требований — простейший. Свойства простейшего потока: стационарность, ординарность, отсутствие последствия — не противоречат тем свойствам, которыми обладает реальный поток [1]. В нашем случае должно выполняться условие, обеспечивающее неограниченное возрастание очереди невыполненных требований. Число рабочих должно быть не меньше, чем произведение числа требований на среднее время его выполнения, т. е.

$$\frac{\lambda}{\upsilon} \geqslant n, \tag{2}$$

где $\frac{1}{\nu}$ — среднее время обслуживания одного требования;

n — количество рабочих в бригаде.

Однако это количество рабочих еще не гарантирует хорошей работы бригады. Может оказаться, что выполнение более трудоемкого требования повлечет за собой отставание в работе. Также нужно следить за тем, чтобы все рабочие были полностью загружены и имели бы время для отпусков, учебы, подготовительных операций.

Пусть, с учетом сказанного, нужно иметь загрузку бригады не свыше 90%.

Это означает, что вероятность того, что все рабочие заняты, должна быть не более $\Pi = 0,9$. В свою очередь нужно добиться такого положения, при котором вероятность, что очередное требование не будет обслужено в смене, очень мала, предположим, 0,01.

Запишем это так:

$$P\{\beta > 1\} = 0,01. \tag{3}$$

Тогда имеем два противоречивых условия:

1. Ожидание начала обслуживания очередного требования не должно быть большим.

2. Загрузка бригады не должна быть больше заданной. При этом условия, записанные с учетом принятых ограничений, будут иметь вид

$$P\{\beta > t\} = \Pi e^{-(n\upsilon - \lambda)t}. \tag{4}$$

Решая эту формулу относительно n, получим рациональное количество членов бригады.

Пример. Пусть сметная стоимость объекта равна 10 тыс. руб., выработка 40 руб. в смену. Период ведения электромонтажных работ равен двум месяцам.

Определим поток

$$\lambda = \frac{C}{BT} = \frac{10000}{40 \cdot 50} = 5. \tag{5}$$

Время обслуживания одного требования равно одной смене

$$\frac{1}{\upsilon} = 1, \tag{6}$$

откуда $v = 1$.

Следовательно минимальное количество рабочих в бригаде должно быть

$$n \geqslant \frac{5}{1} = 5, \tag{7}$$

рациональное количество рабочих в бригаде

$$P\{B > 1\} = \Pi e^{-(n\upsilon - \lambda)t}$$

$$0,01 = 0,9e^{-(n \cdot 1 - 5) \cdot 1}$$

$$n = 9,5997. \tag{8}$$

12. Заказ 907.

Таблица 1

t в сменах / $P\{\beta > t\}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
n = 6	0,82	0,74	0,667	0,602	0,546	0,494	0,446	0,404	0,366	0,33
n = 10	0,546	0,332	0,202	0,1218	0,074	0,0446	0,0272	0,0167	0,00475	0,0006
n = 15	0,331	0,115	0,0449	0,0166	0,006	0,0022	0,00081	0,0003	0,00011	0,000038

Таким образом, получается, что для удовлетворения наших требований нужно иметь бригаду не менее 10 человек.

Для определения закона распределения времени ожидания начала обслуживания очередного требования при различных n воспользуемся формулой (8).

Результаты вычислений сведем в таблицу.

Таким образом, при 6 человеках в бригаде вероятность того, что время ожидания начала обслуживания не превзойдет одной смены, равна 0,33, т. е. в среднем третья часть всей работы не будет охвачена в течение рабочего дня. При $n=10$ в течение смены почти вся работа будет начата вовремя. А при $n=15$ через 0,1 смены не будет начато только 0,33 требований за всю смену.

Расчеты позволяют сделать выводы, что при выполнении электромонтажных работ большие бригады более маневренны и мобильны. Количество бригады может быть ограничено только соображениями оперативного характера (деловыми качествами бригадира, ограниченными объемами работ, и пр.), но во всяком случае количество рабочих должно быть не ниже расчетного.

Большая бригада может, разбившись на звенья, вести работы на нескольких объектах, а при необходимости собираться и форсировать работы на сдаточных объектах.

Как показала практика Омского монтажного управления, эти расчеты оправдываются действительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Б. В. Гнищенко.** Курс теории вероятностей. Физматгиз, Изд. 4, 1965.

2. **А. Я. Хинчин.** Работы по теории массового обслуживания, Физматгиз, 1963.