

Исследование разбивки вида работ на отдельные процессы, общего фронта работ на частные и установление взаимосвязей между параметрами

Аннотация:

В данной работе рассматриваются вопросы взаимосвязей между параметрами потока.

Ключевые слова:

Календарный график, разбивка общего фронта работ, общая трудозатрата, поточный метод, ритм принятого потока, фронт работ, технологическая карта.

При разработке календарного графика в технологических картах основными потоками являются частные ритмичные или неритмичные потоки. Проектирование частных потоков заключается в решении ряда технологических задач.

Одной из задач является разбивка общего фронта работ по возможности на частные равновеликие, так как необходимо стремиться к тому, чтобы поток был ритмичным. Из теории ритмичного потока известно, что общая продолжительность потока равна сумме его периодов: развертывания, установившегося и свертывания, т.е. $T_o = T_p + T_{yc} + T_{cb}$.

Периоды развертывания и свертывания ритмичного потока равны между собой и определяются из выражения $T_p = T_{cb} = (m-1)k$, а установившийся период $T_{yc} = (n-m+1)k$, где $k = t/n$.

Тогда $T_{yc} = (n-m+1)t/n = t[1 - (m-1)/n]$, где m – количество простых процессов; n – количество частных фронтов; t – продолжительность простого процесса.

Отсюда $T_{yc} = t[1 - (m-1)/n] \Rightarrow \max$.

Из приведенной выше зависимости ясно, что с увеличением числа частных фронтов (захваток) при неизменной интенсивности частных потоков общая продолжительность сокращается, а величина установившегося периода увеличивается (рис. 1). Следовательно, при формировании календарных планов на отдельные виды работ общий фронт работ необходимо разбивать на максимальное число частных фронтов (на минимальные деланки) при обеспечении нормальных условий производства работ каждому звену.

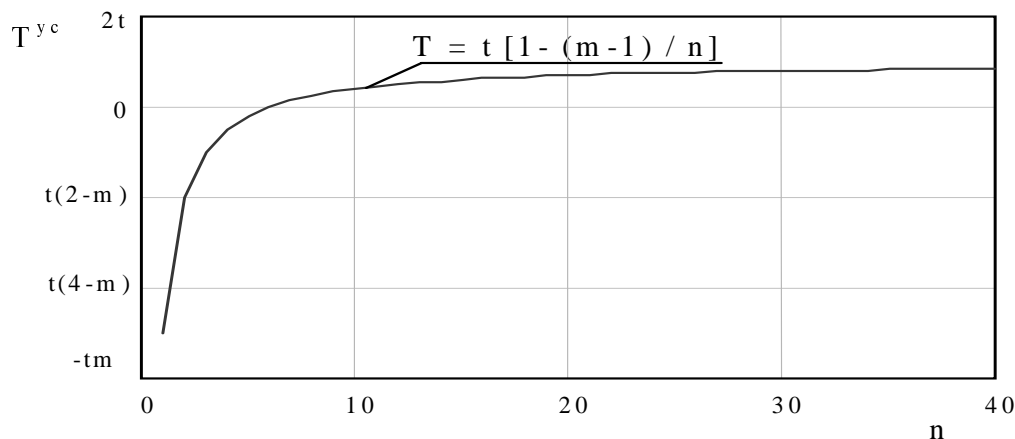


Рис. 1. Взаимосвязь между установившимся периодом и количеством частных фронтов в потоке

Оценкой эффективности календарного плана является продолжительность выполнения процессов, из которых проектируется график производства работ. Анализ показал, что при его проектировании не учитываются периоды предоставления фронта работ последующим простым процессам и операциям. Это приводит к неправильному определению продолжительности выполнения строительной работы, что, в конечном счете, влияет на качество проектов производства работ.

Продолжительность потока при проектировании технологических карт следует определять из выражения

$$T_o = Q/N + (m-1)k + t_{nep.},$$

где Q – общие трудозатраты, чел.-дн; N – состав звена (бригады), чел.; m – количество частных потоков, представляющих фронт работ для выполнения последующих частных потоков; k – ритм принятого потока (0,5-1 смена, 1 день); $t_{nep.}$ – сумма технологических перерывов.

Рассмотрим на графике (рис. 2) взаимосвязь между продолжительностью потока T , количеством частных фронтов (захваток) n и расходом ресурсов R . По-

требление ресурсов при поточном методе прямо пропорционально количеству захваток (частных фронтов), т.е.

$$R = n \times r.$$

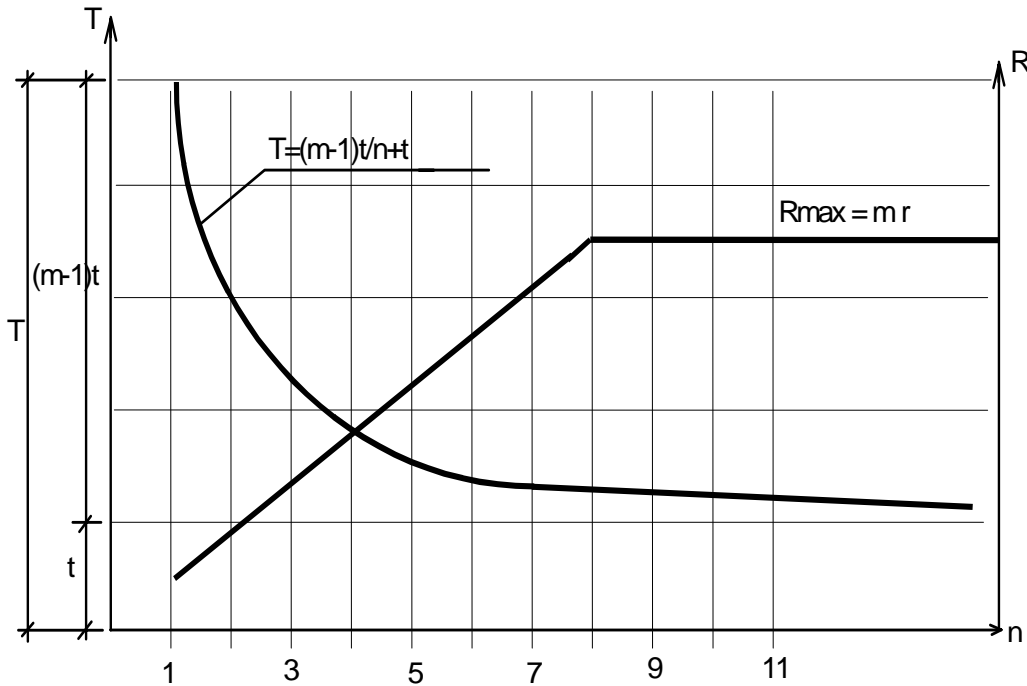


Рис. 2. Зависимость продолжительности потока и потребление ресурса от количества частных фронтов

При увеличении захваток в потоке потребление ресурсов будет увеличиваться до тех пор, пока их количество не станет численно равным количеству работ в потоке, т.е. $R_{\max} = m \times r$. При дальнейшем увеличении частных фронтов работ максимальное потребление ресурса не увеличивается.

Рассмотрим график (рис. 2), где на оси абсцисс показано число n частных фронтов работ, а на оси ординат – продолжительность всего комплекса работ T и расход ресурсов при одновременном выполнении работ разных видов на смежных частных фронтах. Анализ приведенных на графиках кривых (зависимостей комплекса работ и максимального использования ресурсов от числа фронтов работ), которые связывают продолжительность комплекса работ от числа частных фронтов, а также возможные максимальные показатели использования ресурсов при одновременном выполнении разнотипных работ на смежных частных фронтах показывает, что увеличение числа частных фронтов (уменьшение их размеров) обеспечивает уменьшение продолжительности всего комплекса работ (потока) и приводит к увеличению числа одновременно задействованных исполнителей.

Если каждый составляющий поточно-выполняемый процесс именовать частным потоком, тогда строительный поток можно рассматривать как сочетание ряда последовательно включаемых и параллельно выполняемых частных потоков.

Основная закономерность частного потока выражается зависимостью

$$t = n k.$$

Обычно единицу продукции потока строители имеют захваткой.

Закономерность строительного потока выражается зависимостью

$$T = k n + (m - 1) k,$$

но $k = t/n$, тогда

$$T = (m - 1) t/n + t.$$

Полученная закономерность строительного потока является дробно-линейной функцией, график которой является равнобочная гиперболой с асимптотами параллельными осям координат. Исследуем данную зависимость для определения рационального числа частных фронтов работ. Из зависимости видно, что увеличение числа частных фронтов работ приводит к уменьшению периодов развертывания видов работ и, соответственно, к сокращению продолжительности общего потока (факт положительный), а также увеличение числа частных фронтов работ в свою очередь увеличивает количество одновременно задействованных исполнителей, что увеличивает вероятность организационных срывов (факт отрицательный). Следовательно, необходимо определить такое рациональное количество частных фронтов работ, при котором максимально используется положительный факт, а влияние отрицательного факта сведено к минимуму. Критерием оценки может являться факт сокращения продолжительности. Увеличение числа фронтов работ на единицу должно сокращать продолжительность потока не менее чем на единицу времени.

Пусть общий фронт работ разбит на n частных. Тогда продолжительность потока определится из выражения $T_n = (m - 1) t/n + t$. При увеличении частых фронтов на единицу продолжительность потока станет равной T_{n+1} и имеет следующий вид: $T_{n+1} = (m - 1) t/(n+1) + t$. Вычислим величину сокращения продолжительности потока при увеличении количества частных фронтов на единицу.

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_n - T_{n+1} = (m - 1) t/n - (m - 1) t/(n+1) = \\ &= (m - 1) t (1/n - 1/(n+1)). \end{aligned}$$

$$\Delta T = \frac{(m-1)t}{n(n+1)} \geq 1.$$

Сокращение продолжительности потока на единицу времени будет при условии равенства числителя и знаменателя, т.е.

$$t(m-1) = n^2 + n, \\ n^2 + n - t(m-1) = 0.$$

Тогда рациональное количество частных фронтов работ, при условии сокращения продолжительности потока больше единицы времени, определится:

$$n_{\text{рац}} \leq 0.5 + \sqrt{0.25 + t(m-1)}. \quad (1)$$

Общая продолжительность потока обратно пропорциональна числу частных фронтов. При $n=1$ – последовательный способ производства работ и $T=\max$; при $n \rightarrow \infty$ – параллельный метод производства работ и $T \rightarrow \min = t$. Следовательно, последовательный и параллельный способы являются пределами поточной организации работ.

Установленное выражение (1) разбивки общего фронта на частные от продолжительности работ и их количества, на наш взгляд, позволяет рационально проектировать поточный метод организации.

Каждый частный поток, указывается в работе [1], характеризуется числом исполнителей (рабочих, звеньев, строительных машин), которые можно определить из следующего выражения

$$N = \frac{P}{t \times s} = \frac{Q}{t},$$

здесь P – объем работ на n фронтах;

s – выработка одного исполнителя за единицу времени в единицах объема работ;

Q – трудоемкость частного потока.

Тогда среднее число исполнителей для выполнения строительного потока можно определить из следующего выражения

$$N_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i}{T} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i}{\frac{(m-1)t}{n} + t} = \frac{n \sum_{i=1}^m Q_i}{t(m+n-1)} = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i}{\sum_{i=2}^m T_i + t_m}.$$

Поточное строительство характеризуется выпуском продукции. Величина, определяющая выпуск продукции, – основной показатель потока. Таким показателем является интенсивность потока, выражающая объем продукции, выпущенной за единицу времени [1].

Интенсивность частного потока можно определить из выражения

$$i = \frac{P_n}{t};$$

а интенсивность строительного потока –

$$I = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ni}}{T} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ni}}{\frac{(m-1)t}{n} + t} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ni}}{\sum_{i=2}^m T_i^P + t_m}.$$

Для оценки качества строительного потока авторы работы [1] предлагают следующие показатели:

а) показатель равномерности потока

$$\alpha = \frac{T^*}{T} = \frac{n-m+1}{n+m-1};$$

б) показатель продуктивности потока

$$\beta = \frac{n}{T} = \frac{n^2}{t(n+m-1)};$$

в) показатель расхода времени на единицу продукции

$$\gamma = \frac{T}{n} = \frac{t(n+m-1)}{n^2};$$

г) показатель равномерности расходования ресурсов

$$\delta = \frac{n}{n+m-1}.$$

Все эти показатели находятся в корреляционной зависимости от δ , а именно:

$$\alpha = \delta - \frac{m-1}{n+m-1}; \quad \beta = \delta \frac{n}{t}; \quad \gamma = \frac{1}{\delta} \times \frac{t}{n},$$

то нет необходимости рекомендовать все эти показатели для оценки качества строительного потока. Следовательно, для оценки строительного потока необходимо воспользоваться показателем δ – равномерности расходования ресурсов и показателем периода развертывания потока – $T^P = \sum_{i=2}^m T_i^P = \sum_{i=1}^{m-1} \frac{t_i}{n}$, которые могут быть рекомендованы для оценки вариантов организации потока.

С этой целью определим оптимальные точки. Если существует хотя бы одна такая точка, то в ней функции должны пересекаться. Тогда справедливо следующее выражение

$$\frac{n}{n+m-1} = \frac{t}{n}.$$

Решим это уравнение относительно n .

$$n^2 - tn - (m-1)t = 0; \\ n = \frac{t \pm \sqrt{t^2 + 4t(m-1)}}{2}.$$

Следовательно, в строительном потоке существуют оптимальные варианты количества фронтов (захваток), которые зависят от количества участвующих в строительном потоке частных потоков, их продолжительностей и расходуемых ресурсов.

Однако следует иметь в виду, что данные зависимости в полной мере соответствует только ритмичным потокам.

Примечания:

1. Будников М.С., Недавний П.И., Рыбальский В.И. Основы поточного строительства. – Киев: Госстройиздат, 1961.