

ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

П. М. Кузьмич¹, Е. С. Милашук²

¹ К. т. н., доцент, доцент кафедры экономики и организации строительства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

² Магистр технических наук, ассистент кафедры экономики и организации строительства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

Реферат

Главная задача календарного планирования – это составление графиков выполнения работ, которые будут удовлетворять всем необходимым ограничениям.

При классическом подходе к расчету календарного плана сперва определяются продолжительности отдельных работ и на основе их выполняется расчет самого календарного плана, в результате которого определяется общая продолжительность выполнения комплекса работ. Затем выполняется корректировка.

В данной статье предлагается решение обратной задачи календарного планирования. Уже зная общую заданную продолжительность выполнения комплекса работ, определяется продолжительность отдельных работ. И в результате расчета получается календарный план с требуемым сроком строительства и не требующий корректировки по временным параметрам.

Ключевые слова: организация, проект организации строительства, проект производства работ, календарный план, продолжительность.

DIRECT AND REVERSE SCHEDULING TASKS

P. M. Kuzmich, E. S. Milashuk

Abstract

The main task of calendar planning is to create work schedules that will meet all the necessary restrictions.

In the classical approach to calculating the schedule, the duration of individual works is first determined and the schedule is calculated, which determines the total duration of the work. Then the calendar plan is adjusted by time.

This article offers a solution to the inverse problem of calendar planning. Already knowing the total set duration of the complex of works, the duration of individual works is determined. And, as a result of the calculation, a calendar plan is obtained with the required construction period and does not require adjustments for time parameters.

Keywords: organization, the construction management project, the project of manufacture of works, calendar plan, duration.

Введение

Организация строительного производства должна обеспечивать целенаправленность всех организационных, технических, проектно-конструкторских и технологических решений на достижение конечного результата – ввода в эксплуатацию объекта в установленные сроки с требуемым качеством при обеспечении экономии материальных и энергетических ресурсов [1].

Строительство каждого объекта должно осуществляться на основе предварительно разработанных проектов организации строительства и производства работ, решений по организации строительства и технологии производства работ.

При организации строительного производства должны быть обеспечены:

- согласованная работа всех участников строительства объекта с координацией их деятельности генеральным подрядчиком, решения которого по вопросам, связанным с организацией выполнения работ, являются обязательными для всех участников строительства, независимо от их ведомственной подчиненности;
- комплектная поставка материальных ресурсов;
- возведение зданий, сооружений и их частей промышленными методами на основе широкого применения комплектно поставляемых конструкций, материалов, изделий и оборудования;
- применение передовых технологий и организации выполнения строительного-монтажных работ, обеспечивающих снижение материальных и энергетических затрат;
- выполнение строительных, монтажных и специальных строительных работ с соблюдением технологической последовательности возведения объекта, технически обоснованного их совмещения с учетом безопасного производства работ;
- обеспечение требуемого качества, высокой культуры строительства, соблюдения правил безопасности труда и требований по охране окружающей среды.

В процессе строительства объектов должно быть обеспечено соблюдение требований проектной документации и ТНПА всеми участниками строительства.

Документация по организации строительства и производству работ включает проекты организации строительства новых, рекон-

струкции и ремонта действующих объектов (раздел «Организация строительства» в составе обоснования инвестирования строительства, архитектурного проекта или строительного проекта) и проекты производства работ, разрабатываемые подрядной организацией на основании архитектурного либо строительного проекта.

Запрещается производство строительного-монтажных работ без утвержденных проектов организации строительства и проектов производства работ.

Одной из важнейших составляющих частей проекта организации строительства и проекта производства работ [1] является календарный план, в котором устанавливаются последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением, а также нормативное время работы строительных машин, определяется потребность в трудовых ресурсах и средствах механизации, выделяются этапы и комплексы работ, выполняемые бригадами, и определяется их количественный, профессиональный и квалификационный состав.

В данной статье рассматривается методика составления календарного плана, изначально ориентированная на достижение главного условия – заданной (директивной) общей продолжительности.

Основная часть

Календарный план – проектно-технологический документ, который определяет последовательность и сроки выполнения отдельных работ, устанавливает их технологическую взаимосвязь в соответствии с характером и объемом строительного-монтажных работ, потребность в материальных, технических, трудовых, финансовых и других ресурсах, необходимых для строительства.

Основная задача планирования состоит в составлении таких графиков выполнения работ, которые удовлетворяют всем имеющимся ограничениям. В календарном графике необходимо предусмотреть порядок использования всех необходимых ресурсов.

Календарные планы являются основным элементом в составе организационно-технологической документации. В составе проекта организации строительства по графику предусмотрено строительство всех объектов на территории площадки. В проекте производства работ календарный план разрабатывают на возведение отдельного объекта, выполнение комплекса работ.

Календарные планы в составе проекта производства работ охватывают весь комплекс работ по возведению объекта, начиная с подготовительных и заканчивая пусконаладочными работами, проведением испытаний систем водоснабжения, водоотведения и т. д.

Календарные планы разрабатывают по принципам поточной организации работ, учитывают требования технических условий на производство работ. На основании календарного плана определяют общую продолжительность строительства, потребность основных ресурсов, сроки по поставке оборудования, выполняется оперативное управление в ходе строительства.

Календарный план является руководящим документом при производстве работ и средством контроля за ходом их исполнения.

Календарное планирование занимает особое место в комплексе задач планирования и управления строительством. Это связано прежде всего с той ролью, которую в силу специфики строительного производства играет сбалансирование во времени и координация деятельности многочисленных участников производственного процесса.

Основная задача календарного планирования состоит в составлении таких расписаний выполнения работ, которые удовлетворяют всем ограничениям, отражающим в технологических моделях строительства объектов взаимосвязку, сроки интенсивности ведения работ, а также рациональный порядок использования ресурсов.

Если заранее сформулирован критерий качества календарного плана (скажем, минимальная продолжительность возведения объекта или максимальная равномерность использования бригад рабочих и строительных машин), то наилучшим считается календарный план, оптимальный по этому критерию.

В основу календарных планов закладывается научно обоснованная организация взаимодействия всех участников строительства и нормализационная технология производства работ, разработка которых осуществляется путем построения тех или иных организационно-технологических моделей строительного производства. При этом независимо от способа моделирования в календарных планах должны предусматриваться поточные методы организации производства, обеспечивающие наиболее рациональное и равномерное потребление ресурсов и непрерывный выпуск строительной продукции в нормативные или директивные сроки.

Исходными данными для разработки календарного плана являются рабочие чертежи, данные строительных изысканий, сведения о ресурсном обеспечении и нормативные (директивные) сроки строительства. При составлении календарных планов предусматриваются применение передовых технологий производства работ; выполнение строительства поточным методом с максимальной совмещенностью работ, равномерной загрузкой основных исполнителей и равномерным потреблением ресурсов; выполнение требований технических условий и правил техники безопасности.

Традиционные подходы предусматривают следующий порядок (последовательность) разработки календарных планов [2]:

1. Составляется перечень (номенклатура) работ.
2. В соответствии с ним по каждому виду работ определяются их объемы.
3. Производится выбор методов производства основных работ и ведущих машин.
4. Рассчитывается нормативная машино- и трудоемкость.
5. Определяется состав бригад и звеньев.
6. Выявляется технологическая последовательность выполнения работ.
7. Устанавливается сменность работ.
8. Определяется продолжительность отдельных работ и их совмещение между собой, одновременно с этим корректируется число исполнителей и сменность.
9. Сопоставляют расчетную продолжительность с нормативной и вводят необходимые поправки.

Однако в большинстве случаев задача состоит в том, что основным требованием при календарном планировании ставится ограничение в безусловном обеспечении общей продолжительности строительства. Поэтому при таком подходе к составлению и расчету временных параметров календарного плана сперва определяются продолжительности отдельных работ и на основе их выполняется расчет самого календарного плана, в результате которого определяется общая продолжительность выполнения комплекса работ. Затем полученную продолжительность сравнивают с нормативной или заданной, и если она оказалась больше, то осуществляется корректировка календарного плана по времени, которая включает в себя, как правило, корректировку продолжительности отдельных работ.

При решении обратной задачи календарного планирования расчет предлагается вести от обратного. Зная общую заданную (нормативную) продолжительность выполнения комплекса работ, определить продолжительность отдельных работ. И, в результате расчета, получается календарный план с требуемым сроком строительства и не требующий корректировки по временным параметрам. Рассмотрим подробнее суть данного метода расчета календарных планов.

Постановка обратной задачи календарного планирования:

Имеется конечное множество работ $N(n_1, n_2, \dots, n_n)$, связанных в сеть условиями технологии. Задана общая продолжительность работ $T_{зад}$. Необходимо найти продолжительности работ (t_1, t_2, \dots, t_n) таким образом, чтобы общая продолжительность работ $(\sum t_i$ на критическом пути) соответствовала условию:

$$\sum_{i=1}^n t_i^{kp} \leq T_{зад}, \quad (1)$$

то есть общая продолжительность выполнения работ по календарному плану должна быть равна или меньше заданной (нормативной) продолжительности.

Рассмотрим последовательность расчетов при решении обратной задачи календарного планирования:

1. Составляется организационно-технологическая модель календарного плана (в форме сетевого графика).
2. Первоначально принимаем продолжительности всех работ равной 1.
3. $t_i = 1$.
4. Выполняем расчет временных параметров сетевой модели, в результате чего определяем $T_0 = \sum_{i=1}^n t_i^{kp}$.
5. Определяем новые продолжительности работ. Для этого применим коэффициент изменения продолжительности работ, который определяется по формуле:

$$k^1 = \frac{T_{зад}}{\sum Q_p}, \quad (2)$$

где $T_{зад}$ – заданная (нормативная) продолжительность выполнения комплекса работ;

$\sum Q_p$ – сумма параметров (трудоемкости, машиноемкости и т. п.) работ исходной сетевой модели.

Тогда новая продолжительность работ определяется путем перемножения исходных параметров работ на коэффициент изменения продолжительности работ:

$$t_i' = Q_p \cdot k^1. \quad (3)$$

1. Выполняем расчет календарного плана с новыми продолжительностями работ, в результате чего получаем новую продолжительность выполнения комплекса работ (T_1).
2. Сравниваем полученную в результате расчета продолжительность (T_1) с заданной. Если расчетная продолжительность совпадает с заданной (нормативной), то задача решена и все полученные продолжительности работ являются окончательными. Если заданная продолжительность выполнения работ больше полученной, значит расчет не завершен и окончательная продолжительность каждой их работ еще не определена. Тогда переходим к следующему пункту алгоритма.
3. Выполняем корректировку продолжительностей работ с учетом коэффициента «масштаба», который рассчитывается по формуле 4:

$$K = \frac{T_{зад}}{T_1}. \quad (4)$$

Корректируем продолжительности работ с учетом рассчитанного коэффициента:

$$t_i'' = t_i' \cdot K. \quad (5)$$

1. Выполняем расчет сетевого графика с откорректированными продолжительностями работ, в результате чего получаем измененную продолжительность выполнения комплекса работ (T_2).
2. На данном шаге расчета возвращаемся к пункту 5 данного алгоритма.

Рассмотрим пример расчета сетевой модели, представленной на рисунке 1 в соответствии с предложенным алгоритмом. Под работами указаны параметры работ (трудоемкость, машиноёмкость и т. д.). Заданная продолжительность выполнения работ ($T_{зад}$) составляет 20 дней. Необходимо определить продолжительность каждой работы.

1. Составляем организационно-технологическую модель календарного плана (рисунок 1).

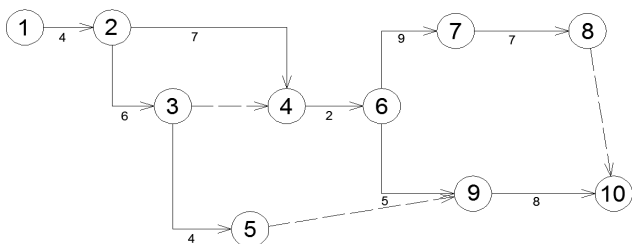


Рисунок 1 – Исходная сетевая модель

2. Принимаем продолжительность всех работ равной 1.
3. Выполняем расчет секторным методом полученной сетевой модели (рисунок 2). В результате получили $T_0 = 5$ дн.

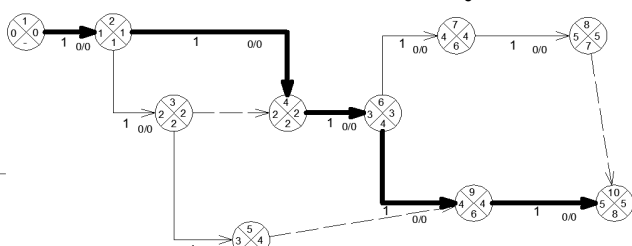


Рисунок 2 – Первый этап расчета сетевой модели

4. Определяем новые продолжительности работ. Для этого применим коэффициент изменения продолжительности работ, который определяется по формуле (2):

$$k^1 = \frac{20}{52} = 0,384615385,$$

где $\sum Q_p = 4 + 7 + 6 + 4 + 2 + 9 + 7 + 5 + 8 = 52$.

Определяем новые продолжительности работ путем перемножения исходных параметров работ на коэффициент изменения продолжительности работ (формула (3)):

- $t'_{1-2} = 4 \cdot 0,384615385 = 1,54$ дн;
- $t'_{2-3} = 6 \cdot 0,384615385 = 2,31$ дн;
- $t'_{2-4} = 7 \cdot 0,384615385 = 2,69$ дн;
- $t'_{3-5} = 4 \cdot 0,384615385 = 1,54$ дн;
- $t'_{6-4} = 2 \cdot 0,384615385 = 0,77$ дн;
- $t'_{6-7} = 9 \cdot 0,384615385 = 3,46$ дн;
- $t'_{7-8} = 7 \cdot 0,384615385 = 2,69$ дн;
- $t'_{6-9} = 5 \cdot 0,384615385 = 1,92$ дн;
- $t'_{9-10} = 8 \cdot 0,384615385 = 3,08$ дн.

5. Переносим полученные данные на сетевую модель и выполняем ее расчет (рисунок 3). В результате получили $T_1 = 11,15$ дн.

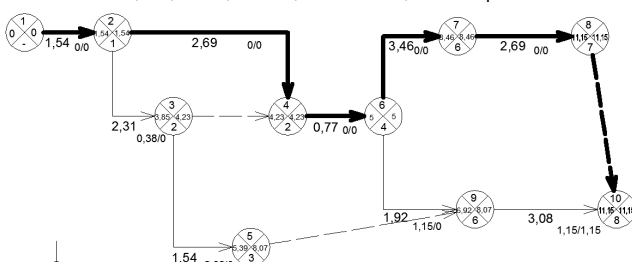


Рисунок 3 – Второй этап расчета сетевой модели

6. Сравниваем полученную продолжительность с заданной:

$$T_1 = 11,15 \text{ дн.} < T_{зад} = 20 \text{ дн.}$$

Так как рассчитанная продолжительность получилась меньше заданной, расчет не завершен.

7. Определяем коэффициент «масштаба» по формуле (4):

$$K = \frac{20}{11,15} = 1,79372197.$$

Корректируем продолжительности работ с учетом рассчитанного коэффициента по формуле (5):

- $t''_{1-2} = 1,54 \cdot 1,79372197 = 2,76$ дн;
- $t''_{2-3} = 2,31 \cdot 1,79372197 = 4,14$ дн;
- $t''_{2-4} = 2,69 \cdot 1,79372197 = 4,83$ дн;
- $t''_{3-5} = 1,54 \cdot 1,79372197 = 2,76$ дн;
- $t''_{4-6} = 0,77 \cdot 1,79372197 = 1,38$ дн;
- $t''_{6-7} = 3,46 \cdot 1,79372197 = 6,21$ дн;
- $t''_{7-8} = 2,69 \cdot 1,79372197 = 4,82$ дн;
- $t''_{6-9} = 1,92 \cdot 1,79372197 = 3,44$ дн;
- $t''_{9-10} = 3,08 \cdot 1,79372197 = 5,52$ дн.

8. Полученные данные переносим на сетевую модель и опять выполняем ее расчет (рисунок 4).

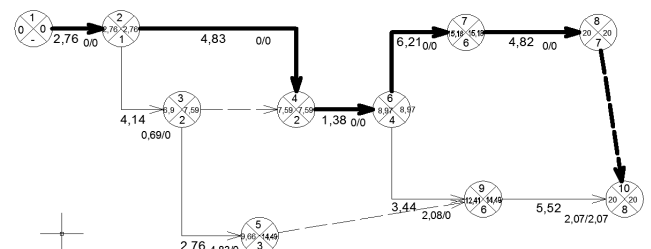


Рисунок 4 – Окончательный расчет сетевой модели

Общая продолжительность выполнения работ составила 20 дней ($T=20=T_{зад}$), что равно изначально заданной (нормативной) продолжительности строительства. Следовательно, это окончательный вариант календарного плана и дальнейшие его корректировки не требуются.

В случае, когда полученная на данном этапе расчета продолжительность не совпадает с заданной, выполняется дальнейшая корректировка продолжительностей работ по той же методике, до тех пор, пока погрешность не будет превышать 5% от заданной (нормативной) продолжительности.

Заключение

Таким образом, при использовании предложенного метода расчета календарных планов строительства получают календарные планы, не требующие корректировки по времени, что значительно сокращает и упрощает процесс их разработки, а значит, и сокращает время на проектирование.

Список цитированных источников

1. Организация строительного производства: ТКР 45-1.03-161-2009*. – Введ. 01.05.2010. – Минск: Минстройархитектуры, 2014. – 52 с.
2. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. – Изд. 6-е переработанное и дополненное. – М.: АСВ, 2012. – 588 с.

References

1. Organizaciya stroitel'nogo proizvodstva: TKP 45-1.03-161-2009*. – Vved. 01.05.2010. – Minsk: Minstrojarkhitektury, 2014. – 52 s.
2. Dikman, L. G. Organizaciya stroitel'nogo proizvodstva: uchebnik dlya stroitel'nyh vuzov / L. G. Dikman. – Izd. 6-e pererabotannoe i dopolnennoe. – M.: ASV, 2012. – 588 s.

Материал поступил в редакцию 22.03.2020