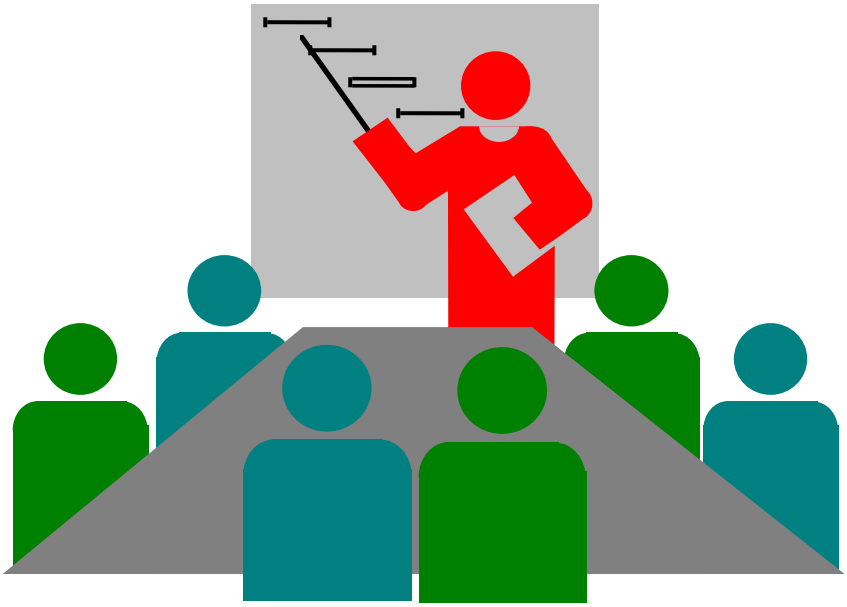
Кафедра технологии и организации строительного производства



О Р Г А Н И З А Ц И Я И П Л А Н И Р О В А Н И Е СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по курсовому проектированию

Воронеж 2020

Составители:
С.А.Баркалов, П.Н.Курочка, А.В.Глухов и др.

УДК 69.055:658(07)

Организация и планирование строительного производства: Методические указания по курсовому проектированию для студентов специальности 290300/ Сост.: С.А.Баркалов, П.Н.Курочка, А.В.Глухов, О.А.Вишневская - Воронеж: ВГАСА - 56с.

Настоящие методические указания имеют целью определить объем, содержание, последовательность и методику разработки курсового проекта по организации строительства комплекса объектов поточным методом.
Табл. 26. Ил. 5. Библиогр.: 24 назв.

Печатается по рекомендации Редакционно-издательского совета Воронежской государственной архитектурно-строительной академии

Рецензенты:
В.И. Серебряков, к.т.н., директор филиала ЦЧР ФЛЦ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Курсовой проект разрабатывают в процессе изучения курса "Организация и планирование строительного производства". Он содержит элементы организации поточного строительства объектов и предусматривает разработку основных разделов проекта организации работ (ПОР).

1.2. Курсовой проект имеет целью закрепить и углубить знания, полученные студентоми при изучении теоретической части курса, а также приобрести практические навыки решения вопросов организации строительства и производства строительно-монтажных работ (СМР).

1.3. Курсовой проект разрабатывается в соответствии со СНиП 3. 01.01.-85 "Организация строительного производства".

1.4. Графическую часть курсового проекта выполняют в объеме 3-х листов формата А3. Чертежи разрабатывают параллельно с составлением пояснительной записки по мере подготовки необходимых исходных данных. Пояснительная записка объемом 50-60 страниц оформляется на бумаге формата А4 размером 210х297 по общепринятым правилам оформления.

2. ЗАДАЧИ И СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Задача курсового проекта - разработка основных элементов ПОР поточного строительства комплекса объектов (производственная программа).

2.2. Исходными данными для разработки проекта служит задание на проектирование с указанием варианта набора объектов и их краткой характеристикой (прил. 1 и 2).

2.3. Состав и содержание проекта.

Пояснительная записка:

- введение;
- характеристика объектов строительства;
- формирование структуры строительного потока;
- определение сметной стоимости и трудоемкости работ по строительству возводимых объектов;
- определение продолжительности выполнения работ;
- установление оптимальной очередности строительства объектов (расчет на ЭВМ);
- определение оптимальной очередности строительства объектов по критерию –«упущенная выгода»;
- определение сменности производства работ;

- определение даты начала строительства объектов;
- определение вероятностной продолжительности работ;
- определение строительного задела объектов;
- расчет оптимального распределения материально-технических ресурсов по объектам строительства;
- разработка календарного плана строительства комплекса объектов;
- оценка надежности календарного плана;
- построение графиков потребности в рабочих кадрах и распределение объемов СМР (в тыс. р.) на весь период строительства;
- построение сетевого графика с табличным расчетом;
- технико-экономические показатели ПОР.

Графическая часть проекта*:

1) оптимизированный линейный график строительства комплекса объектов;
2) сетевой график с расчетом на сети и гистограммами использования трудовых ресурсов;
3) графики (интегральный и дифференциальный) освоения капитальных вложений;
4) график движения рабочих кадров по объектам строительства;
5) технико-экономические показатели;
6) гистограммы выбора и обоснования варианта начала строительства;
7) таблицы и графики распределения материальных ресурсов по объектам строительства.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

3.1. В основу организации поточного производства работ должны быть положены следующие основные принципы:

- обеспечение рациональной очередности (последовательности) строительства объектов с минимизацией организационных перерывов при выполнении работ;
- обеспечение стабильности технологии производства работ;
- группировка намечаемых к строительству объектов по технологическим признакам.

3.2. В процессе формирования и расчета потока устанавливаются очеред-

*пункты 1, 3, 4, 5 - лист №1
пункты 2, 6 - лист №2
пункт 7 - лист №3

ность возведения зданий и сооружений; продолжительность строительства объектов и расчетные сроки ввода их в эксплуатацию; пространственные, технологические и временные параметры потока.

Формирование комплексного потока начинается с установления структуры поточного строительства - рационального расчленения объемов выполняемых работ на параллельно функционирующие объектные потоки. Объемы работ каждого объектного потока разделяют на специализированные потоки на основании принятых способов производства работ, а также исходя из особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений возводимых зданий и сооружений, нормальной загрузки специализированных или комплексных бригад, выполняющих эти потоки, равномерности использования ресурсов и ритмичности производства.

3.3. При разработке объектного потока все виды СМР рекомендуется разбивать на специализированные потоки по укрупненной номенклатуре:

1. Механизированные земляные работы по устройству котлованов и работы нулевого цикла, в том числе подготовка под полы;
2. Монтажные работы нулевого цикла;
3. Монтаж сборного железобетонного каркаса и стеновых панелей, перегородок и плит покрытия;
4. Кровельные работы;
5. Внутренние санитарно-технические и вентиляционные работы;
6. Внутренние электромонтажные работы;
7. Заполнение проемов и столярные работы;
8. Устройство полов;
9. Отделочные работы;
10. Благоустройство.

В составе специализированных потоков выделяется основной поток, темп выполнения которого определяет темпы выполнения других специализированных потоков. Если объем специализированного потока превышает производственную мощность бригады, выполняющей его, последний расчленяется на ряд параллельных потоков, выполняемых отдельными бригадами. Взаимная увязка между собой специализированных потоков исходит из технологических схем производства работ - последовательной, параллельно-последовательной, смешанной.

3.4. Определение трудоемкости работ

В курсовом проекте рекомендуется использовать стоимостной способ

измерения производительности труда. Показатель стоимостной выработки измеряется сметной стоимостью (ценой строительной продукции) объемов СМР, выполненных рабочим в единицу времени.

За основу плановой стоимостной выработки принимают не фактически достигнутую данной организацией в базисном году, а среднепрогрессивную выработку, которая определяется как средняя по одной трети однородных организаций, достигших лучших результатов.

Если в курсовом проекте отсутствует возможность установить среднепрогрессивную выработку, последняя может быть принята выше средней (достигнутой в базисном году) на **15-20%**.

Плановую выработку определяют с учетом объективных условий деятельности строительных организаций по формуле

$$\mathbf{В_{пл} = В_{пр} * К_с * К_т * К_ц ,} \qquad (3.1)$$

где $\mathbf{В_{пр}}$ - среднепрогрессивная выработка (в курсовом проекте рекомендуется принимать по прил. 3); $\mathbf{К_с}$ - коэффициент структуры работ, учитывающий отличие структуры выполненных работ от нормативного эталона:

$$\mathbf{К_с = Q_0 / \ Q,} \qquad (3.2)$$

где $\mathbf{Q_0}$ - нормативная трудоемкость СМР стоимостью 1 млн. р. (принимается по нормативному эталону структуры работ, прил. 4), чел.-дн.; **Q** - расчетная трудоемкость СМР стоимостью 1 млн. р. по данной организации (в курсовом проекте определяется расчетом), чел-дн.; $\mathbf{К_т}$ - коэффициент , учитывающий технический уровень развития строительных организаций (принимается в курсовом проекте равным **1**); $\mathbf{К_ц}$ - коэффициент, корректирующий разницу в сметных ценах на местные материалы, устанавливается в зависимости от района строительства, для Воронежской области равен **1,0**.

При стоимостном способе оценки трудовых затрат трудоемкость **i**-го специализированного потока на **j**-ом объекте устанавливается по формуле

$$\mathbf{q_{ij} = \frac{C_j \gamma_i}{В_{плi}} \cdot 100,} \qquad (3.3)$$

где $\mathbf{C_j}$ - сметная стоимость **j**-го объекта, р.; γ_i - средний удельный вес стоимости **i**-й работы в общей сметной стоимости **j**-го объекта (см. прил.3), %; $\mathbf{В_{пл\,i}}$ - уровень плановой выработки, рассчитывается по формуле (3.1).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОБЪЕКТНОГО ПОТОКА

Проектирование и расчет объектного потока могут быть осуществлены двумя методами: исходя из установленных сроков строительства или по задан-

ной (нормативной) мощности строительного подразделения. В курсовом проекте проектирование объектного потока производится по заданной продолжительности.

4.1. Проектирование объектного потока по заданной продолжительности

При заданной продолжительности объектного потока рассчитывают продолжительности и интенсивности специализированных потоков с последующим подбором рациональных составов бригад.

Условную продолжительность специализированного потока на каждом объекте рассчитывают по формуле

$$t_{ij}^{y} = \frac{mq_{ij}}{\sum q_{ij}}, \qquad (4.1)$$

где m - условная продолжительность каждого специализированного потока, принимаемая равной общему количеству объектов в потоке; q_{ij} - трудоемкость работ на объекте, определяются по формуле (3.3); Σq_{ij} - суммарная трудоемкость специализированного потока.

Продолжительность эквивалентного специализированного потока на объекте рассчитывают по формуле

$$t^{э} = \frac{T_0 - \sum t_{op}}{\mu + \sum Q^{y}}, \qquad (4.2)$$

где T_0 - заданная продолжительность объектного потока, которая в курсовом проекте определяется по формуле

$$T_0 = T_{пл} + \theta + T_{пр},$$

$T_{пл}$ - продолжительность подготовительного периода, определяется на основе СНиП 3.01.03-85 «Нормы продолжительности» для объекта максимальной продолжительности; $T_{пр}$ - период выпуска продукции, принимается равным нормативной продолжительности для основного объекта; θ - продолжительность периода развертывания всех объектов (из-за отсутствия нормативов принимается в пределах 70% от продолжительности строительства основного объекта, входящего в объектный поток); $\sum t_{op}$ - сумма технологических и организационных перерывов между специализированными потоками, в курсовом проекте принимается равной 0; ΣQ^{y} - сумма условных опережений специализированных потоков в конце последнего объекта:

$$\Sigma Q^{y} = \Sigma t_{oy}^{n,m} - \Sigma t_{oy}^{1,m}, \qquad (4.3)$$

где $\Sigma t_{oy}^{n,m}$ - суммарное условное окончание последнего потока на последнем объекте; $\Sigma t_{oy}^{1,m}$ - суммарное условное окончание первого потока на последнем

объекте.

Фактическая продолжительность специализированного потока на любом объекте определяется по формуле

$$t_{ij} = t_{ij}^{y} * t^{э} . \quad (4.4)$$

Количество исполнителей в бригаде для выполнения специализированного потока вычисляется по формуле

$$r^{j} = \Sigma q_{ij} / \Sigma t_{ij} , \quad (4.5)$$

где t_{ij} - продолжительность **j**-го специализированного потока на всех объектах; Σq_{ij} - трудоемкость **j** -го специализированного потока на всех объектах.

После всех расчетов (пункта 4.1) производится увязка специализированных потоков в объектном и осуществляют расчет его временных параметров с помощью матрицы строительного потока.

5. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ОЧЕРЕДНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПОТОК

В строительных организациях в целях снижения себестоимости строительства, ускорения оборачиваемости оборотных средств, уменьшения среднегодовых размеров незавершенного производства и платы за кредиты большое значение имеет сокращение сроков строительства отдельных объектов и их комплексов.

Как известно, при возведении разнотипных и различных по размерам зданий на общий срок строительства влияет последовательность возведения этих объектов. Это объясняется тем, что при стабильных мощностях строительных организаций в зависимости от последовательности строительства, ввиду различного времени выполнения работ по одним и тем же этапам на каждом объекте, меняется возможность их совмещения.

Постановку задачи, расчета оптимальной очередности включения объектов в поток в общем случае можно сформулировать следующим образом. Даны **n** объектов, по которым известна продолжительность выполнения основных СМР t_{ij}, где **i** - порядковый номер объекта, **j** - номер работы. Требуется определить такую очередность строительства объектов в потоке, при которой общая продолжительность объектного потока была бы минимальной. При этом предполагается, что число рабочих в каждой бригаде, выполняющих определенный вид работы, является постоянным.

Решение этой задачи необходимо осуществлять в несколько этапов:

5.1. Фиксируется произвольная исходная очередность возведения объек-

тов и определяется общая продолжительность строительства при этой очередности:

$$T_0 = \sum_{j=1}^{m} t_{ij} + \sum_{i=2}^{n} t_{im} + \sum_{j=1}^{m-1} \delta_j \tau_j; \qquad (5.1)$$

где

$$\tau_j = \max_{2 \le k \le n} \sum_{i=2}^{m-1} \left(t_{i+1,j} - t_{i,j+1} \right),$$

$$\delta_j = \begin{cases} 1, \text{ если } \tau_j > 0; \\ 0, \text{ если } \tau_j \le 0. \end{cases}$$

Символ δ означает, что суммируются только положительные значения τ.

5.2. Определяются все возможные комбинации попарного возведения объектов в очередности **i → к (i = к)**. Очевидно, что общее количество таких комбинаций будет равно **n(n - 1)**.

5.3. Рассчитываются показатели продолжительности цикла для каждой пары объектов при очередности **i → k** и **k→ i**.

Продолжительность возведения пары объектов в очередности **i→ k** определяется по формуле

$$T_{ik} = \sum_{j=1}^{m-1} \delta_j \left(t_{kj} - t_{i,j+1} \right) + \sum_{j=1}^{m} t_{ij} + t_{km}. \qquad (5.2)$$

То же при очередности **k→ i**:

$$T_{ki} = \sum_{j=1}^{m-1} \delta_j \left(t_{ij} - t_{k,j+1} \right) + \sum_{j=1}^{m} t_{kj} + t_{im}. \qquad (5.3)$$

В формулах (5.2 и 5.3) последние две составляющие означают соответственно продолжительность выполнения всех процессов на первом объекте и продолжительность последнего процесса на втором объекте.

5.4. Строится вспомогательная матрица **n**x**n**. Элементами этой матрицы являются числа **0** и **1**. При этом если $T_{ik} < T_{ki}$, то на пересечении строки **i** и столбца **k** заносится **1**, а на пересечении строки **k** и столбца **i - 0**. В случае $T_{ik} = T_{ki}$ в обе клетки заносится **1**.

5.5. На основе вспомогательной матрицы строятся все полные допустимые последовательности объектов.

Последовательность объектов $i_1, i_2, i_3, ..., i_n$ называется допустимой, если для любой пары смежных объектов **e, k** элемент вспомогательной матрицы в клетке **(k, e)** равен **1**. Таким образом, переход с объекта **k** на объект **e** разрешается, если $T_{ke} < T_{ek}$.

Последовательность объектов является полной, если она содержит все **n** объектов без повторений.

Полные допустимые последовательности объектов строятся путем последовательного "считывания" вспомогательной матрицы.

5.6. Среди всех полных допустимых последовательностей объектов выбирается та последовательность, которая соответствует минимальной общей продолжительности строительства.

Расчет для определения оптимального включения объектов в поток необходимо выполнять на ЭВМ по специальной (разработанной авторами) программе.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ОЧЕРЕДНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ПО КРИТЕРИЮ «УПУЩЕННАЯ ВЫГОДА»

Каждый объект после его строительства дает строительной фирме определенный доход. Задержка в сроках строительства объектов ведет к уменьшению дохода, т.е. к «упущенной выгоде».

Пусть **i**-ый объект после завершения строительства дает доход C_i в единицу времени. Тогда «упущенная выгода» при завершении i-го объекта в момент t_i составит $C_i t_i$, а суммарная упущенная выгода равна:

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i t_i . \qquad (6.1)$$

Рассмотрим задачу определения оптимальной очередности строительства объектов, используя критерий «упущенная выгода» при разных зависимостях продолжительности строительства от количества ресурсов.

6.1. Линейная зависимость скорости (продоолжительности) реализации проектов от количества ресурсов

Пусть производственная программа состоит из двух объектов, объемы которых W_1 и W_2, а скорости (продолжительности) строительства линейно зависят от количества ресурсов. Таким образом

$$W_i = \begin{cases} U_i, U_i < a_i; \\ a_i, U_i \geq a_i. \end{cases}$$

Примем, что $a_1 + a_2 > N, a_1 \leq N, a_2 \leq N$, так что одновременно объекты нельзя строить с максимальными скоростями. Пусть первым завершается первый объект за минимальное время $\tau_1 = W_1 / a_1$. За время τ_1 будет выполнен объем работ $(N - a_1)\tau_1$ второго объекта. Оставшийся объем работ

$W_2 - (N - a_1)\tau_1$ будет выполнен за время

$$\frac{W_2 - (N - a_1)\tau_1}{a_2}.$$

«Упущенная выгода» составит:

$$C = C_1\tau_1 + C_2\left(\tau_1 + \frac{W_2 - (N - a_1)\tau_1}{a_2}\right) = C_2\left(\beta\tau_1 + \tau_2 + \frac{\Delta\tau_1}{a_2}\right), \qquad (6.2)$$

где $\tau_1 = W_1 / a_1$, $\tau_2 = W_2 / a_2$, $\Delta = a_1 + a_2 - N$, $\beta = C_1 / C_2$.

Если первым завершается второй объект, то «упущенная выгода» составит:

$$C = C_2\left(\beta\tau_1 + \tau_2 + \beta\frac{\Delta\tau_2}{a_1}\right). \qquad (6.3)$$

Сравнивая (6.2) и (6.3), получим следующее решающее правило.

Если $$\frac{C_1}{W_1} > \frac{C_2}{W_2}, \qquad (6.4)$$

то первым завершается первый объект, в противном случае - второй.

Алгоритм определения оптимальной очередности строительства объектов в случае линейной зависимости.

1. Рассматриваем **1**-ый и **2**-ой объекты. Объекты **1** и **2** не могут финансироваться на максимальном уровне, т.к. $a_1 + a_2 > N$. Возникает конфликтная ситуация.

2. Пусть объект **1** выполняется на максимальном уровне. Определяем упущенную выгоду по формуле (6.2).

3. Пусть объект **2** выполняется на максимальном уровне. Определяем упущенную выгоду по формуле (6.3).

4. Аналогично рассматриваем все варианты строительства объектов.

5. Результаты расчетов сводим в табл. 6.1.

6. Используя критерий упущенная выгода, определяем оптимальную очередность строительства объектов.

Таблица 6.1

Проекты	τ_i	Δ	β	C_i	**Очередность реализации**
1					
2					
1					
3					
и т.д.					

6.2. Степенная зависимость скорости (продолжительности) строительства объектов от количества ресурсов

Пусть производственная программа строительной организации состоит из двух объектов, объемы которых W_1 и W_2, а скорости - $W_1 = \sqrt{U_1}$ и $W_2 = \sqrt{U_2}$. Если первый объект завершается в момент t_1, то $U_1 = (W_1 / t_1)^2$, $U_2 = N - (W_1 / t_1)^2$. За время t_1 будет выполнен объем работ

$$t_1 \sqrt{U_2} = t_1 \sqrt{N - \left(\frac{W_1}{t_1}\right)^2}$$

второго объекта, а в целом второй проект будет завершен в момент

$$t_2 = t_1 + \frac{W_2 - t_1 \sqrt{N - \left(\frac{W_1}{t_1}\right)^2}}{\sqrt{N}} = t_1 + \tau_2 - \sqrt{t_1^2 - \tau_1^2},$$

где $\tau_1 = W_1 / \sqrt{N}$, $\tau_2 = W_2 / \sqrt{N}$ - минимальные продолжительности строительства объектов.

«Упущенная выгода» составит:

$$C_1 t_1 + C_2 t_2 = (C_1 + C_2) t_1 + C_2 \tau_2 - C_2 \sqrt{t_1^2 - \tau_1^2}. \qquad (6.5)$$

Найдем t_1, минимизирующее (6.5):

$$t_1 = \frac{1+\beta}{\sqrt{\beta(2+\beta)}} \tau_1, \qquad (6.6)$$

где $\beta = C_1 / C_2$.

При этой величине t_1 «упущенная выгода» равна:

$$C = C_2 \tau_2 \left[\gamma \sqrt{\beta(2+\beta)} + 1\right], \qquad (6.7)$$

где $\gamma = \tau_1 / \tau_2$.

Если первым завершается второй объект, то оптимальный момент его завершения:

$$t_2 = \frac{1+\beta}{\sqrt{1+2\beta}} \tau_2, \qquad (6.8)$$

а «упущенная выгода»:

$$C = C_2 \tau_2 \left[\sqrt{1+2\beta} + \gamma\beta\right]. \qquad (6.9)$$

Сравнивая (6.7) и (6.9), определяем:

$$\gamma^* = \frac{\sqrt{2\beta+1} - 1}{\sqrt{\beta(2+\beta)} - \beta}. \qquad (6.10)$$

Окончательно получаем, что при $\gamma < \gamma^*$ в оптимальном решении сначала

завершится первый объект, а затем второй, а в случае $\gamma > \gamma^*$ наоборот, сначала завершится второй объект, а затем - первый.

Алгоритм определения оптимальной очередности строительства объектов в случае степенной зависимости

1. Рассматриваем **1**-ый и **2**-ой объекты. Объекты **1** и **2** не могут финансироваться на максимальном уровне, т.к. $\mathbf{a_1 + a_2 > N}$. Возникает конфликтная ситуация.

2. Пусть первым завершается **1**-ый объект. Определяем $\mathbf{t_1}$ по формуле (6.6), $\mathbf{C(1;2)}$ по формуле (6.7).

3. Пусть первым завершается **2**-ой проект. Определяем $\mathbf{t_2}$ по формуле (6.8), $\mathbf{C(2;1)}$ по формуле (6.9).

4. Определяем γ^* по формуле (6.10).

5. Аналогично рассматриваем все возможные варианты последовательности строительства объектов.

6. Результаты расчетов сводим в табл. 6.2.

7. Сравнивая γ и γ^*, определяем оптимальную последовательность строительства объектов.

Таблица 6.2

Проекты	τ_i	β	t_i	C_i	γ	γ^*	**Очередность реализации**
1							
2							
1							
3							
и т.д.							

6.3. Определение исходных данных

1. Требуемый объем финансирования проекта $(\mathbf{W_i})$ определяется по прил. 2.

2. Продолжительность реализации проекта (τ_i) определяется по матрице фактических продолжительностей.

3. Объем финансирования проекта в единицу времени определяется по формуле

$$\mathbf{a_i = \frac{W_i}{\tau_1}}.$$

4. Доход в единицу времени $(\mathbf{C_i})$ определяется по формуле $\mathbf{C_i = 0{,}08 \cdot W_i}$.

5. Уровень финансирования всей производственной программы $(\mathbf{N})$ определяется как минимальная сумма объемов финансирования всех объектов по соответствующему варианту $(\mathbf{a_i})$ минус 10 тыс .р.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОТЕРЬ ОТВЛЕЧЕННЫХ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ

В условиях поиска экономически выгодных путей необходимо дальнейшее совершенствование методов учета фактора времени в планировании капитальных вложений и для установления критерия при формировании модели строительства комплекса объектов. Возникает важный вопрос об определении расчетных потерь, связанных с отвлечением капиталовложений, и об учете распределения по периодам времени.

Размер этих потерь необходимо знать для оценки деятельности проектных и строительных организаций, а также предприятий в первые годы эксплуатации.

Определяя расчетные потери от пребывания средств в неоконченном строительстве, оценивают экономическую эффективность не только к моменту окончания строительства, но и при вводе объекта в эксплуатацию по очередям. Для этого определяют зависимости расчетных потерь, характеризующих отвлечение капиталовложений. При возведении любого здания или их комплекса происходит потребление средств в виде материальных ресурсов и затрат на осуществление СМР. Вкладываемые средства находятся в отвлеченном состоянии до сдачи объектов в эксплуатацию. Средства, вложенные в строительство в любой период времени, являются функцией времени **f (T)**.

Распределение капиталовложений представляется в виде кусочно - распределенной функции (рис. 7.1).

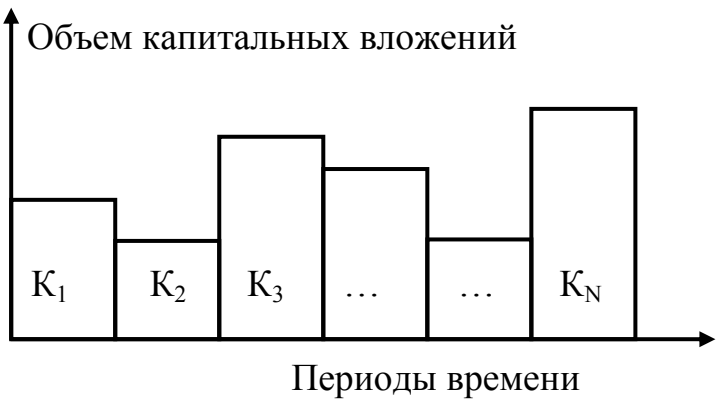


Рис. 7.1. График интенсивности капиталовложений

Обозначения: **К** - общая величина капиталовложений за весь срок; $\mathbf{К_i}$ -

интенсивность капиталовложений в **i**-ый период времени; t_i - длительность **i**-го периода; **T** - общая продолжительность строительства; T_i- срок от начала строительства до **i**-го периода; $E_{нп}$ - норматив приведения разновременных затрат; t_m- длительность **m**-го этапа; **m** - количество периодов.

Расчетные потери за счет отвлечения капиталовложений **i**-го периода ($К_{ei}$) до момента окончания строительства составляют

$$К_{ei} = E_{нп} К_i t_i (T - T_i). \quad (7.1)$$

Расчетные потери за весь срок строительства ($К_e$)

$$К_e = E_{нп} \sum_{i=1}^{m} К_i t_i (T - T_i). \quad (7.2)$$

Эту же величину расчетных потерь от пребывания средств в отвлеченном состоянии можно представить в более простом и наглядном виде:

$$К_e = E_{нп} \cdot К \cdot a \cdot T, \quad (7.3)$$

где **a** - коэффициент в долях единицы, характеризующий количественно распределение капиталовложений в отвлеченном состоянии.

Произведение **aT** представляет собой срок отвлечения капиталовложений к моменту их "размораживания".

Приравнивая правые части зависимостей (7.2) и (7.3), получаем формулу определения коэффициента

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{m} К_i t_i (T - T_i)}{КT}. \quad (7.4)$$

Зависимость $К_e$ может служить в качестве критерия при выборе оптимального варианта распределения капиталовложений во времени при формировании крупных долгосрочных инвестиций в условиях рынка.

В общем случае, когда варианты отличаются всеми параметрами, целевая функция ($К_{ej}$) имеет вид

$$К_{ej} = E_{нпj} К_j a_j T_j - Э_{qj}, \quad (7.5)$$

$E_{нпj}$ - годовая норма платы за кредит по **j**-му варианту; a_j и T_j соответственно коэффициенты распределения капиталовложений и общая длительность инвестиций; $Э_{qj}$ - прибыль от досрочного ввода в действие за счет планируемого выпуска дополнительной продукции.

Если варианты отличаются только распределением капиталовложений, т.е. фиксированными значениями длительности, капиталовложений и кредитных норм, что может быть на практике довольно часто, целевая функция при-

нимает вид

$$\mathbf{a_i \rightarrow min}.$$

Пример: Определить экономический эффект, по сравнению с эталонным вариантом, при различных вариантах распределения капиталовложений при строительстве сметной стоимости **1** млрд. р. Характеристика вариантов организации строительства приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Наименование показателей	Количество капиталовложений по вариантам			
	базовый	без сокращения сроков	при сокращении длительности и сдачи в срок	при досрочном вводе
1. Сметная стоимость (объем капиталовложений), **К**, млрд. р.	1	1	1	1
2. Дополнительные затраты при сокращении продолжительности строительства, **Д**, млрд. р.	-	-	0,02	0,02
3.Продолжительность строительства, **Т**, лет	3	3	2,5	2,5
4. Срок ввода в действие (запланированный), лет	3	3	3	2,5
5. Распределение капиталовложений по годам				

Норматив разновременных затрат (плата за кредит) принимается равным **0,08**. Коэффициент распределения капитальных вложений по вариантам определяется по формуле (7.4).

$$\mathbf{a_1 = \frac{0{,}33 \times 2{,}5 + 0{,}33 \times 1{,}5 + 0{,}34 \times 0{,}5}{1 \times 3} = 0{,}5},$$

$$\mathbf{a_2 = \frac{0{,}2 \times 2{,}5 + 0{,}3 \times 1{,}5 + 0{,}5 \times 0{,}5}{1 \times 3} = 0{,}4},$$

$$\mathbf{a_3 = \frac{0{,}15 \times 2{,}25 + 0{,}35 \times 1{,}5 + 0{,}5 \times 0{,}5}{1{,}02 \times 2{,}5} = 0{,}44},$$

$$\mathbf{a_1 = \frac{0{,}3 \times 2{,}5 + 0{,}5 \times 1{,}5 + 0{,}2 \times 0{,}75}{1{,}02 \times 2{,}5} = 0{,}65}.$$

Построим графики распределения капитальных вложений по вариантам (рис. 7.2).

Эффект от досрочного ввода предприятия в эксплуатацию

$$\mathbf{Э_д = E_н K (T - T_1) = 0{,}12 \cdot 1 \cdot (3 - 2{,}5) = 0{,}6}$$ млрд. р.,

где $\mathbf{E_н}$ – норматив экономической эффективности.

Расчетные потери:

$\mathbf{К_{L1} = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 3 = 0,12}$ млрд. р.;

$\mathbf{К_{L2} = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 3 = 0,096}$ млрд. р.**;**

$\mathbf{К_{L3} = 0,08 \cdot 1,02 \cdot 0,44 \cdot 2,5 = 0,096}$ млрд. р.;

$\mathbf{К_{L4} = 0,08 \cdot 1,02 \cdot 0,65 \cdot 2,5 – 0,06 = 0,073}$ млрд. р.

Если принять в качестве эталона вариант **1**, то при наиболее эффективном (**4**-м) варианте экономический эффект составляет:

Э = 0,12 – 0,073 = 0,047 млрд. р.

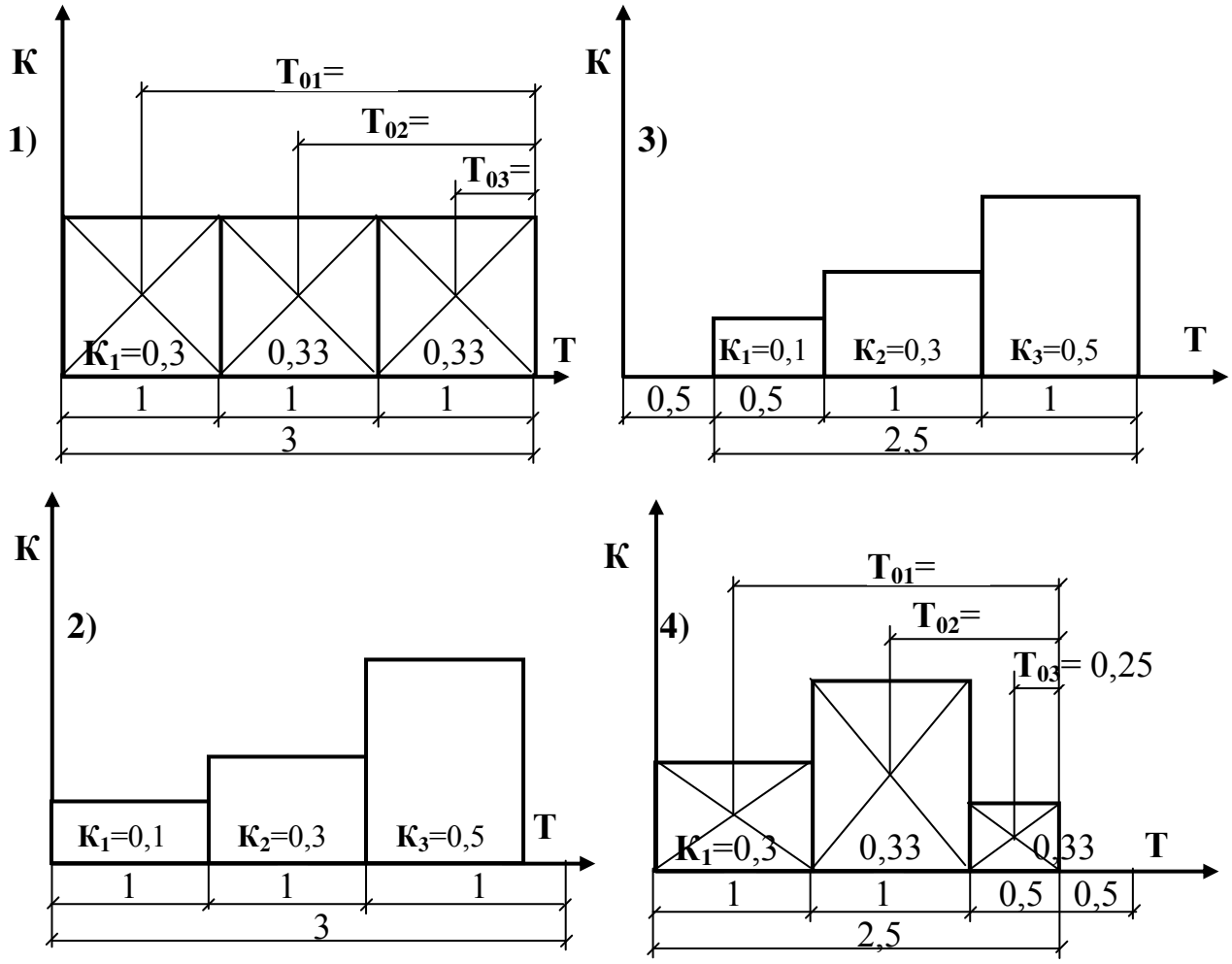


Рис. 7.2. Схема распределения капиталовложений по вариантам

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СМЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СМР И ДАТЫ НАЧАЛА СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

8.1. Определение сменности производства СМР. Постановка задачи

Определить оптимальную сменность выполнения СМР при минимальной их себестоимости и заданной продолжительности строительства объекта.

При решении этой задачи устанавливается, при какой сменности выпол-

нения работ общая себестоимость СМР, равная сумме себестоимости выполнения отдельных работ, будет минимальной для различных работ, переведенных на многосменный режим. Требуются установить дополнительные затраты в зависимости от того, насколько снижается производительность труда при выполнении их в две или три смены.

Блок-схема алгоритма определения оптимальной сменности выполнения СМР приведена в прил. 6.

Алгоритм решения задачи определения сменности СМР.

1. Определяются временные параметры работ сетевой модели при односменном их выполнении и продолжительность критического пути $\mathbf{T_{1кр}}$, которая превышает директивную $\mathbf{T_д}$. Так как в нормах предусмотрено выполнение работы в две-три смены, необходимо за счет увеличения сменности на СМР сократить продолжительность критического пути до директивной при минимальном увеличении изменяемой части себестоимости.

2. Число смен увеличивается на работах критического пути, так как только эти работы позволяют сократить продолжительность строительства. Для критических работ определяют продолжительность их выполнения в 2 смены:

$$\mathbf{T_{2(ij)} = T_{1(ij)} / K_{2(ij)}}, \qquad (8.1)$$

где $\mathbf{T_{2(ij)}}$ - продолжительность работы **(ij)** при двусменном выполнении; $\mathbf{K_{2(ij)}}$ - суточный коэффициент выполнения норм при двусменном режиме (определяется по табл. П.7.1)

3. Определяются дополнительные затраты на производстве работ в две смены, лежащих на критическом пути:

$$\mathbf{C_{2(ij)} = C_{1(ij)}\left(\frac{2}{K_{2(ij)}} - 1\right)}, \qquad (8.2)$$

где $\mathbf{C_{2(ij)}}$ - дополнительные затраты при производстве работ в две смены, р.; $\mathbf{C_{1(ij)}}$ - изменяемая часть себестоимости СМР, р.

К изменяемой части себестоимости относятся затраты на эксплуатацию строительных машин (планово-расчетная цена за машино-смену) и заработная плата. Затраты на материалы, прочие прямые и накладные расходы изменяются столь незначительно, что этим изменением можно пренебречь.

4. Для работ, лежащих на критическом пути, вычисляется коэффициент возрастания при двусменном их выполнении:

$$\mathbf{\alpha_{2(ij)} = C_{2(ij)} / T_{2(ij)}}, \qquad (8.3)$$

где $\alpha_{2(ij)}$ - коэффициент возрастания затрат при выполнении работ (**ij**) в две смены.

5. Отыскивается на критическом пути работа с минимальным коэффициентом возрастания затрат ($\alpha_{2(ij)} = \min$), которая переводится на две смены; при этом ее продолжительность сокращается с $t_{1(ij)}$ до $t_{2(ij)}$, а дополнительное увеличение изменяемой части себестоимости составит $C_{2(ij)}$. Определяется новый критический путь, продолжительность которого $T_{2кр} > T_{1кр}$. Находим на новом критическом пути работу с минимальным коэффициентом возрастания затрат. Сокращаем и продолжительность, введя двусменную работу, находим новый критический путь и дополнительные затраты. И так до тех пор, пока $T_{кр} < T_{д}$. При этом дополнительные затраты будут равны сумме затрат на все работы, выполняемые в две смены:

$$C_{об} = C_{2(ij)} , \qquad (8.4)$$

где $C_{об}$ - дополнительные затраты на объекте, р.

6. В том случае, когда за счет введения двусменной работы не удается достигнуть директивной продолжительности строительства, рассматривается возможность выполнения работ, лежащих на критическом пути, в три смены (последовательность расчета изложена выше). В этом случае

$$T_{3(ij)} = T_{1(ij)} / K_{3(ij)} , \qquad (8.5)$$

$$C_{3(ij)} = C_{1(ij)} \left(\frac{3}{K_{3(ij)}} - 1 \right), \quad \alpha_{3(ij)} = C_{3(ij)} / T_{3(ij)} , \qquad (8.6)$$

где $K_{3(ij)}$ - суточный коэффициент выполнения норм при трехсменном режиме (определяется по табл. П.7.1).

В случае перевода работ, ранее выполняемых в две смены, на три смены дополнительные затраты для них определяются по формуле

$$C_{2\text{-}3(ij)} = C_{3(ij)} - C_{2(ij)} . \qquad (8.7)$$

Перевод работ, лежащих на критическом пути, на три смены осуществляется до тех пор, пока $T_{кр} > T_{д}$. Суммарные дополнительные затраты при этом составляют

$$C_{об} = C_{2(ij)} + C_{2\text{-}3(ij)} + C_{3(ij)} . \qquad (8.8)$$

Таким образом, определяют оптимальную сменность на СМР при минимальной себестоимости и заданной продолжительности строительства. Результаты расчета заносятся в табл.8.1.

Таблица 8.1

Номер варианта	Наименование работ, переведенных на две смены	Код работы **ij**	Число смен	Продолжительность работ $\mathbf{T_{2(ij)}}$	Продолжительность критического пути $\mathbf{T_{2кр}}$	Суммарные дополнительные затраты **С**

7.2 Определение даты начала строительства объекта. Постановка задачи

Определить оптимальное время начала строительства (τ_n), при котором суммарные дополнительные затраты на производство работ в зимнее время минимальны ($\sum \Delta C_{ij} = \min$).

Оптимальное распределение СМР по периодам года достигается путем варьирования начала строительства объекта ($\tau_n = var$).

Решение этой задачи связано с экономически обоснованной увязкой сетевой модели строительства во времени с климатическими условиями района.

Блок - схема алгоритма обоснования даты начала строительства объекта представлена в прил. 8.

Алгоритм решения задачи выбора даты начала строительства.

1. Определяются временные параметры работ и продолжительность критического пути, которая превышает заданную.

2. Назначается дата начала строительства. Для первого варианта сетевой модели начало строительства τ_n совпадает с началом года (**2** января).

3. Производится календаризация сетевой модели и определяется дата выполнения каждой работы. Зная продолжительность зимнего периода (для третьей температурной зоны - с **5** ноября по **5** апреля), определяют работы, которые выполняются в этот период, с выделением работ, проводимых на открытом воздухе и в отапливаемом помещении.

4. Для всех работ, выполняемых в зимний период, дополнительные затраты вычисляются по формуле

$$\Delta C_{ij} = C_{смр(ij)}\, \delta_{ij}, \qquad (8.9)$$

где $C_{смр(ij)}$ - себестоимость СМР, р.; δ_{ij} - поправочный коэффициент дополнительных затрат (табл. П.7.2) при производстве СМР в зимнее время.

5. Если работы выполняют в отапливаемом помещении, то дополнительно определяются затраты на временное отопление ($C_{от}$):

$$C_{от} = (C_Э + C_т m)\, V_{зд}\, t / 1000\,, \qquad (8.10)$$

где $C_э$ - нормы затрат на эксплуатацию систем отопления (принимаются для

жилых и общественных зданий на **1000** м^3 здания за один месяц в размере **3,22** р.; для промышленных зданий - **3** р.); $\mathbf{C_т}$ - стоимость тепловой энергии (для г. Воронежа **15** р /Гкал); **m** - норма расхода тепла (принимается на **1000** м^3 жилых и общественных зданий за один в размере **5,6** Гкал); $\mathbf{V_{зд}}$ - объем отапливаемой части здания, м^3; **t** - длительность выполнения работ в отапливаемой части здания, мес.

$$\mathbf{C_э + C_т m = 72.1; \quad C_{от} = 72{,}1\ V_{зд}\ t / 1000.}$$

6. Определяют суммарные дополнительные затраты ($\mathbf{C_{об}}$) при производстве работ в зимнее время по формуле

$$\mathbf{\Delta C_{об} = \sum_{(i,j)} \Delta C_{(ij)} + C_{от}}. \qquad (8.11)$$

7. Назначается новая дата начала строительства с определенным шагом **h**. Если объект имеет продолжительность строительства до шести месяцев, то шаг можно принять равным **10** дням. Если же строительство охватывает значительный период, то шаг должен быть не меньше одного месяца, т.е. максимально можно рассмотреть **12** вариантов начала строительства в течении календарного года.

Расчет закончен, когда рассмотрены все возможные варианты сроков начала строительства и найден вариант с минимальными дополнительными затратами.

Результаты расчета затрат при изменении даты начала строительства объекта заносятся в табл. 8.2.

Таблица 8.2

№ варианта	Дата начала строительства	Суммарные дополнительные затраты		
		всего $\mathbf{C_{об}}$	в том числе	
			на производство работ $\mathbf{C_{(ij)}}$	на отопление ($\mathbf{C_{от}}$)

8. Экономический эффект определяется по формуле

$$\mathbf{Э_{об} = \Delta C_{об.р} - \Delta C_{об}}, \qquad (8.12)$$

где $\mathbf{\Delta C_{об.р} = \Delta C_{смр,об} - \delta_{об}}$ - расчетные дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время, выплачиваемые заказчиком, р.; $\mathbf{\delta_{об}}$ - нормы дополнительных затрат по видам строительных работ, % от стоимости СМР (для жилых и общественных зданий -**1,5**, для промышленных - **2,5**); $\mathbf{\Delta C_{об}}$ - суммарные дополнительные затраты по объекту на производство работ в зимнее время, р.

9. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА

9.1. Определение вероятностной продолжительности выполнения работ

Наряду с совмещением СМР важнейшей характеристикой календарного плана является продолжительность каждой работы и проекта в целом. При известных трудноемкостях каждой СМР процесс управления продолжительностью заключается в назначении на каждую из них определенного количества рабочих. Однако следует отметить, что на протяжении всего периода строительства численность рабочих на каждой СМР может варьироваться в некоторых пределах. Это связано с влиянием на строительный процесс ряда случайных факторов, которые трудно поддаются формализации: болезни рабочих, забастовки, перебои с поставками строительных материалов, отсутствие средств и заказчика и т.д. Следовательно, продолжительность любой СМР можно рассматривать как случайную величину, подчиняющуюся определенному закону.

В большинстве случаев не удается однозначно определить продолжительность выполнения каждой работы. Тогда используются оценки следующего вида:

- минимальная продолжительность выполнения работы ($\mathbf{t_{min}}$);
- максимальная продолжительность ($\mathbf{t_{max}}$);
- наиболее вероятная (плановая) продолжительность.

При оценке продолжительности работы у экспертов возникает трудность в определении наиболее вероятной продолжительности выполнения работ. Поэтому на практике часто ограничиваются двумя первыми оценками. Поскольку продолжительность работы – величина вероятностная, то необходимо выбрать закон распределения для ее моделирования. В случае двух оценок продолжительности работы принято использовать бета-распределение следующего вида:

$$\mathbf{p(x) = \frac{12(x - t_{min})(t_{max} - x)^2}{(t_{max} - t_{min})^4}}. \qquad (9.1)$$

9.2. Оценка надежности календарного плана

Под надежностью календарного плана понимается вероятность выполнения работ календарного плана в плановый срок. Иными словами, нужно спрогнозировать, какова будет действительная продолжительность выполнения работ. Такой прогноз называется точечным. И вполне естественно, что истинное значение продолжительности выполнения работ будет отличаться от предсказанного. Поэтому на практике определяют не точечный прогноз, а доверительный интервал случайной величины, т.е. интервал, в который с заданной веро-

ятностью попадает случайная величина. Вероятность попадания случайной величины в интервал определяется по формуле

$$p(m_t - \frac{\sigma_t t_p}{\sqrt{N}} < T < m_t + \frac{\sigma_t t_p}{\sqrt{N}}) = \gamma, \quad (9.2)$$

где γ - задаваемая вероятность (в курсовом проекте принимается $\gamma = 0{,}95$); m_t – математическое ожидание, которое определяется по формуле

$$m_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_i ,$$

где t_i – статистические данные о продолжительности выполнения работ; N – объем статистических данных; σ_t - среднеквадратичное отклонение, которое определяется по формуле:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(t_i - m_t)^2} . \quad (9.3)$$

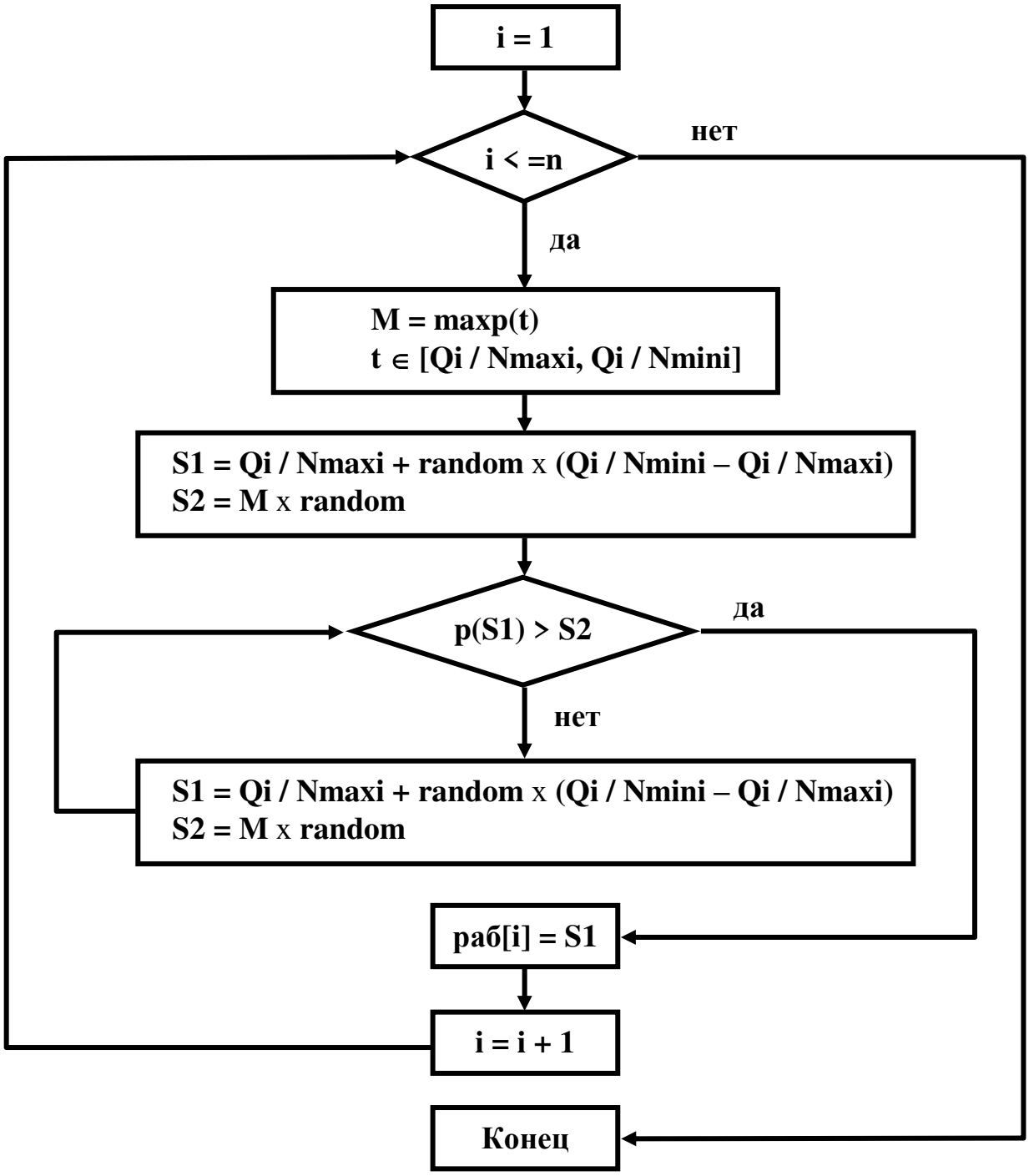
Анализируя формулу (9.2), можно прийти к заключению, что для определения доверительного интервала необходимо знание закона распределения случайной величины и статистических данных, с помощью которых можно определить математическое ожидание m_t и среднеквадратичное отклонение σ_t. Законом распределения случайной величины (продолжительности выполнения работ) в курсовом проекте принимается бета-распределение. Для определения m_t и σ_t необходимы статистические данные. Если они отсутствуют, то можно воспользоваться алгоритмом статистического моделирования.

Вводим следующую информацию:

- шифр работы (**i=1,…,N**);
- название работы;
- трудоемкость **i**-ой работы (Q_i);
- минимальное и максимальное число рабочих для выполнения **i**-ой работы (N_{min}; и N_{max}**i**);
- количество работ, которые должны предшествовать данной;
- коэффициенты технологического совмещения смежных работ по началу и по концу рассчитываются по известным зависимостям из базы данных коэффициентов.

Алгоритм моделирования продолжительности работ приведен на рис. 9.1.

Пример. Продолжительность работ при реализации **N=10** проектов **t=751** день; t_{min}**=0,8t*t=601** день; t_{max}**=1,3t=976** день. Необходимо смоделировать продолжительности выполнения работ.



random – случайное равномерно распределенное число от **0** до **1**

раб – массив времени выполненных работ

Рис. 9.1. Блок-схема моделирования продолжительности работ

Используя формулу (9.1), определим **max P(t)**

$$p(t) = \frac{12(t-601)(976-t)^2}{(976-601)^4};$$

$$(t-601)(976-t)^2 = 976t - t^2 - 601*976 + 601t;$$

$$t^2 - 1702t + 708576 = 0;$$

$$t_1 = 976; t_2 = 726;$$

$$p(t_1) = \frac{12(976-601)(976-976)^2}{(976-601)^4} = 0;$$

$$p(t_2) = \frac{12(726-601)(976-726)^2}{(976-601)^4} = 0{,}0047.$$

Используем алгоритм моделирования продолжительности работ.

$M = \max p(t) = 0{,}0047.$

1. $S_1^1 = 601 + 0{,}11(976-601) = 642;$

   $S_2^1 = 0{,}11 * 0{,}0047 = 0{,}0005;$

   $$p(S_1^1) = \frac{12(642-601)(976-642)^2}{(976-601)^4} = 0{,}002;$$

   $p(S_1^1) = 0{,}002 > S_2^1 = 0{,}0005.$

следовательно, $t_1 = S_2^1 = 642$ дн.

2. $S_1^2 = 601 + 0{,}202(976-601) = 677;$

   $S_2^2 = 0{,}202 * 0{,}0047 = 0{,}0009;$

   $$p(S_1^2) = \frac{12(677-601)(976-677)^2}{(976-601)^4} = 0{,}004;$$

   $p(S_1^2) = 0{,}004 > S_2^2 = 0{,}0009.$

следовательно, $t_2 = S_1^2 = 677$ дн.

3. $S_1^3 = 601 + 0{,}269(976-601) = 701;$

   $S_2^3 = 0{,}269 * 0{,}0047 = 0{,}0012;$

   $$p(S_1^3) = \frac{12(701-601)(976-701)^2}{(976-601)^4} = 0{,}004;$$

   $p(S_1^3) = 0{,}004 > S_2^3 = 0{,}0012.$

следовательно, $t_3 = 701$ дн.

4. $S_1^4 = 601 + 0{,}315(976 - 601) = 719;$

$S_2^4 = 0{,}315 * 0{,}0047 = 0{,}0014;$

$$p(S_1^4) = \frac{12(719 - 601)(976 - 719)^2}{(976 - 601)^4} = 0{,}004;$$

$p(S_1^4) = 0{,}004 > S_2^4 = 0{,}0014.$

следовательно, $t_4 = 719$ дн.

5. $S_1^5 = 601 + 0{,}491(976 - 601) = 785;$

$S_2^5 = 0{,}491 * 0{,}0047 = 0{,}0023;$

$$p(S_1^5) = \frac{12(785 - 601)(976 - 785)^2}{(976 - 601)^4} = 0{,}004;$$

$p(S_1^5) = 0{,}004 > S_2^5 = 0{,}0023.$

следовательно, $t_5 = 785$ дн.

6. $S_1^6 = 601 + 0{,}410(976 - 601) = 754;$

$S_2^6 = 0{,}410 * 0{,}0047 = 0{,}0019;$

$$p(S_1^6) = \frac{12(754 - 601)(976 - 754)^2}{(976 - 601)^4} = 0{,}0045;$$

$p(S_1^6) = 0{,}0045 > S_2^6 = 0{,}0019.$

следовательно, $t_6 = 754$ дн.

7. $S_1^7 = 601 + 0{,}615(976 - 601) = 831;$

$S_2^7 = 0{,}615 * 0{,}0047 = 0{,}0028;$

$$p(S_1^7) = \frac{12(831 - 601)(976 - 831)^2}{(976 - 601)^4} = 0{,}0029;$$

$p(S_1^7) = 0{,}0029 > S_2^7 = 0{,}0028.$

следовательно, $t_7 = 831$ дн.

8. $S_1^8 = 601 + 0{,}175(976 - 601) = 667;$

$S_2^8 = 0{,}175 * 0{,}0047 = 0{,}0008;$

$$p(S_1^8) = \frac{12(667-601)(976-667)^2}{(976-601)^4} = 0{,}0038;$$

$$p(S_1^8) = 0{,}0038 > S_2^8 = 0{,}0008.$$

следовательно, $t_8 = 667$ дн.

9. $S_1^9 = 601 + 0{,}342(976-601) = 729;$

$$S_2^9 = 0{,}342 * 0{,}0047 = 0{,}0016;$$

$$p(S_1^9) = \frac{12(729-601)(976-729)^2}{(976-601)^4} = 0{,}004;$$

$$p(S_1^9) = 0{,}004 > S_2^9 = 0{,}0016.$$

следовательно, $t_9 = 729$ дн.

10. $S_1^{10} = 601 + 0{,}540(976-601) = 804;$

$$S_2^{10} = 0{,}540 * 0{,}0047 = 0{,}0025;$$

$$p(S_1^{10}) = \frac{12(804-601)(976-804)^2}{(976-601)^4} = 0{,}0036;$$

$$p(S_1^{10}) = 0{,}0036 > S_2^{10} = 0{,}0025.$$

следовательно, $t_{10} = 804$ дн.

Математическое ожидание:

$$m_t = \frac{1}{10}(642 + 677 + 701 + 719 + 785 + 754 + 831 + 667 + 729 + 804) = 730{,}9$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_t = (\frac{1}{10}(730{,}9-642)^2 + (730{,}9-677)^2 + (730{,}9-701)^2 + (730{,}9-719)^2 +$$
$$+ (730{,}9-785)^2 + (730{,}9-754)^2 + (730{,}9-831)^2 + (730{,}9-667)^2 +$$
$$+ (730{,}9-729)^2 + (730{,}9-804)2)^{1/2} = 58{,}9.$$

$$730{,}9 - \frac{2{,}23 * 58{,}9}{\sqrt{10}} < 751 < 730{,}9 + \frac{2{,}23 * 58{,}9}{\sqrt{10}};$$

$$688 < 751 < 771.$$

Таким образом, надежность календарного плана составляет 95%.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ЗАДЕЛА

Задел определяется на начало планируемого года, т.е. следующего за плановым периода, для жилых домов – по общей площади и капитальным вложениям, для объектов культурно-бытового назначения – по мощности и капитальным вложениям, для инженерного оборудования.

Задел по общей площади жилых домов определяется отношением общей их площади, находящейся в строительстве на начало планируемого периода, к сметной стоимости объектов, ввод которых предусмотрен в первом году планируемого периода.

Нормы задела установлены в зависимости от продолжительности строительства жилых домов. Они учитывают ряд других факторов: равномерность или неравномерность ввода домов по периодам, заблаговременность устройства нулевых циклов, перерыв между окончанием работ по подземной и началом работ по надземной частям здания и др.

В общем случае норма задела ($\mathbf{Р_{зм}}$) определяется по формуле

$$\mathbf{Р_{зм} = (М_{1 +} М_2 +,...,+ М_{Т-1})100\% /М}, \qquad (10.1)$$

$$\mathbf{К = nt_м},$$

где $\mathbf{М_1, М_2, ..., М_{Т-1}}$ - ввод в действие общей площади жилых домов в течение **1,2,..., Т-1** месяцев планируемого периода, м^2 (**Т** - продолжительность строительства одного дома); **М** - ввод в действие общей площади в первом году планируемого периода, м^2.

Аналогично вычисляют норму задела по капитальным вложениям. При равномерном вводе она вычисляется по формуле

$$\mathbf{Р_{зг} = З_i\ 100\% / С}, \qquad (10.2)$$

где $\mathbf{Р_{зг}}$ – норма задела по капитальным вложениям, %; $\mathbf{З_i}$ – объем работ, который должен быть выполнен на начало планируемого периода по строящимся домам, тыс. р.; **С** - сметная стоимость жилых домов, ввод в действие которых предусмотрен в первом году планируемого периода, тыс. р.

Для учета затрат на заблаговременное выполнение работ: по инженерной подготовке территории и нулевому циклу; только по инженерной подготовке территории нормы предусматривают применение коэффициентов (табл. П.9.3).

В случае, когда по местным условиям планируется распределение ввода домов по кварталам намеченного периода, не предусмотренное нормами, нормативный показатель задела по капитальным вложениям на начало планируемого периода определяется по формуле

$$\mathbf{Р_{зг} = (В_1К_1 + В_2К_2 +...+ В_iК_i) / 100\%}, \qquad (10.3)$$

где $\mathbf{В_{1, 2,..., i}}$–ввод в действие общей площади в **1,2,...,i**-м квартале планируемого периода к объему ввода общей площади первого года планируемого периода, %; $\mathbf{К_{1,2,..., i}}$-нормативная готовность объектов рассматриваемой группы в зависимости от ввода в действие по кварталам планируемого периода, %. Показатели нормативной готовности приведены в СНиП «Нормы продолжительности».

Пример1: Требуется в течение года, следующего за планируемым , ввести в действие пятиэтажное здание жилой площадью **1572** м^2 сметной стоимостью **174** тыс.р. Продолжительность строительства дома по нормам **7** месяцев.

Требуется рассчитать размер задела, если планом предусмотрено следующее распределение ввода жилой площади по кварталам года: **I**-ый квартал - **22**%, **II**-ой - **26**%, **III**-ий - **27**%, **IV**-ый - **25**%.

Необходимая готовность объектов по нормам (табл. П.9.2) составляет: $\mathbf{К_1 = 85,5\% ; К_2 = 32\%; К_3 = 4,9\%; К_4 = 0}$.

Норма задела по стоимости будет равна:

$$\mathbf{Р_{з.ст.} = 22\ 0,855 + 26\ 0,32 + 27\ 0,049 + 25\ 0 = 28,5\ \%}$$

Объем работ по объектам задела в денежном выражении на планируемый год: **З = 174 0,285 = 49,59 тыс.р.**

С учетом коэффициента по табл. П.9.3 задел будет равен:

З = 49,59 1,1 = 54,55 тыс. р.

11. УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

11.1. Оптимальное распределение ограниченного количества ресурсов по этапам (объектам) строительства

В условиях экономической реформы готовой продукцией строительных организаций, по предъявлению которой производятся расчеты с заказчиками, являются полностью законченные строительством объекты и этапы работ. Поэтому концентрация всех видов ресурсов на отдельных объектах и этапах с целью их своевременной сдачи заказчикам имеет важное значение для сокращения фондов и снижения стоимости строительства, а также повышения эффективности капитальных вложений в целом. Кроме того, от своевременной сдачи этапов и объектов непосредственно зависит финансовое состояние строительной организации и эффективность использования ими фондов экономического стимулирования.

В связи с этим одним из наиболее важных вопросов является задача оптимального распределения ограниченного количества всех видов ресурсов по объектам и этапам строительства.

При этом в качестве критерия эффективности могут приниматься различные показатели.

Для решения задачи введены следующие обозначения:

R - ограниченное количество ресурсов;

$\mathbf{N_i}$ - количество этапов, объектов, на которые можно направить эти ресурсы;

i - **0, 1, 2, ...,** этапы (объекты) неделимы ;

$\mathbf{r_i}$ (φ_i) - функция полезности, выражающая эффективность использования ресурсов на каждом этапе (объекте).

При решении задач быстрейшей сдачи этапов строительства и ввода объектов в эксплуатацию, ускорения оборачиваемости оборотных средств, получения максимальной прибыли и т. д. эта функция может быть выражена следующим образом: $\varphi_i(r_i) = C_i^э R/r^э$, где $C^э_i$ - сметная стоимость этапа.

Ввиду того, что по условиям задачи этапы неделимы, т.е. сдаются заказчикам после их полного завершения, функцией полезности (дохода) количества ресурса, необходимого для каждого этапа в данном случае, является сметная стоимость соответствующих этапов.

Следовательно, необходимо найти максимальный общий доход от направления ресурсов на все возможные этапы (объекты), т.е.

$$\max\{\varphi_1(r_1) + \varphi_2(r_2) + ... + \varphi_N(r_N)\} , \qquad (11.1)$$

при условиях:

$r_1 > r_2 ... r_N > 0$ (выделяемые количества ресурсов неотрицательны);

$r_1 + r_2 + ... + r_N = R$ (общее количество ресурсов равно **R**).

Так как максимальная стоимость работ по сделанным этапам зависит только от количества ресурса R_i и этапов, то логично записать:

$$f_N(R) = \max\{\sum \varphi_i(r_i)\} , \qquad (11.2)$$

где $r_i > 0$; $\sum r_i = R$.

Функция $f_N(R)$ выражает максимальный доход, который можно получить от распределения количества ресурсов **R** по **N** этапам (объектам).

Для решения задачи необходимо получить рекуррентное соотношение, связывающее $f_N(R)$ и $f_{k-1}(R)$ для любых значений **к** и **R**.

Пусть $r_k (0 < r_k < R)$ - количество ресурса, необходимое для окончания **к**-го этапа (объекта). Тогда **к-1** этапу остается количество ресурса, равное $R-r_k$, и доход от его распределения по оставшимся этапам (объектам) составит $f_{k-1}(R-r_k)$.

Общий доход равен

$$\varphi_k(r_k) + f_{k-1}(R-r_k). \qquad (11.3)$$

Очевидно, что оптимальным будет такой выбор r_k , который максимизирует суммарный доход от **к**-го и от первых **к-1** этапов (объектов). Следовательно, основное реккурентное соотношение для данного типа задач будет иметь вид:

$$f_N(R) = \max\{\varphi_k(r_k) + f_{k-1}(R - r_k)\} , \qquad (11.4)$$

для **к = 2, 3, ... N**.

Пример2: имеется ограниченное количество ресурса (**R = 900** $м^3$ железобетонных конструкций), которое необходимо распределить по **12** этапам строительства таким образом, чтобы достигнуть максимальной общей стоимости этапов, сданных заказчикам.

Необходимое количество ресурса для выполнения каждого этапа и их сметная стоимость представлены в табл. 11.1

Таблица 11.1

Номер этапа	**N_i =12**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход ресурса на этап	150	100	200	200	100	200	100	100	50	200	100	50
Эффективность использования ресурсов (сметная стоимость этапа тыс. р.)	200	120	180	320	150	240	280	160	140	300	220	50

Вычисление значений дохода для каждого рекуррентного соотношения при всех возможных значениях **R** от **0** до **900** с интервалом (сеткой) через **50** единиц удобнее всего производить в табл. 11.2, которую заполняют последовательно по столбцам. Заполняют первый столбец:

f_1 (50) = 0

f_2 (100) = 0

f_3 (150) = 200 тыс. р.

.....

f_n (900) = 200 тыс. р.

Так как для **1**-го этапа требуется **150** единиц ресурса, то направление меньшего количества (**50** и **100**) не позволяет полностью завершить этап и сдать его заказчику и, следовательно, получить соответствующий доход. В тоже время направление на этап большего количества ресурсов не влияет на результат от сдачи этапа.

Составляют рекурентное соотношение для **2**-го этапа и производят соответствующие вычисления:

$$f_2(R) = \max\{\varphi_2(R) + f_1(R - r_2)\};$$

$$f_2(50) = \{\varphi_2(50) + f_1(50 - 100)\} = 0.$$

Так как **50** единиц ресурса не позволяют завершить **2**-ой этап $\varphi_2(50) = 0$, а $f_1(-50)$ не имеет смысла, то отрицательное количество ресурса не может быть направлено на этап и т.д.

$$f_2(250) = \{\varphi_2(250) + f_1(250 - 100)\} = 320,$$

так как направление **250** единиц ресурса на **2**-ой этап стоимостью **120** тыс. р. больше, чем достаточно для его завершения (требуется всего **100** единиц ресурса), то $\varphi_2(250) = 120$ тыс.р. Значение $f_1(150) = 200$ находим по соответствующей строке ($R = 150$) предыдущего, первого столбца. При вычислениях значений любого столбца всегда используется предыдущий столбец.

$$f_{10}(R) = \max \{\varphi_{10}(r_{10}) + f_9(R - r_{10})\};$$

$$f_{10}(650) = \{\varphi_{10}(650) + f_9(650 - 200)\} = 1120,$$

так как направление **650** единиц ресурса на **10**-ый этап стоимостью **300** тыс. р. больше, чем достаточно для его завершения, то $\varphi_{10}(650) = 300$ тыс. р., а значение $f_9(450) = 820$ находим по соответствующей строке ($R = 450$) предыдущего, девятого столбца. В результате подобных вычислений занимаются все клетки таблицы.

Таблица 11.2

R	$F_1(R)$	$f_2(R)$	$f_3(R)$	$f_4(R)$	$f_5(R)$	$f_6(R)$	$f_7(R)$	$f_8(R)$	$f_9(R)$	$f_{10}(R)$	$f_{11}(R)$	$f_{12}(R)$
50	0	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	50
100	0	120	0	0	150	0	280	160	140	0	220	50
150	200	120	0	0	150	0	280	160	300	0	220	270
200	200	120	180	320	150	240	280	440	300	300	220	270
250	200	320	180	320	150	240	280	440	580	440	220	270
300	200	320	300	320	470	390	520	440	580	440	520	270
350	200	320	300	320	470	390	520	440	580	600	660	570
400	200	320	300	500	470	390	670	680	580	600	660	710
450	200	320	500	500	470	390	670	680	820	880	820	710
500	200	320	500	620	650	710	670	830	820	880	820	870
550	200	320	500	620	650	710	670	830	970	880	1100	870
600	200	320	500	620	770	710	990	830	970	880	1100	1150
650	200	320	500	820	770	710	990	830	970	1120	1100	1150
700	200	320	500	820	770	890	990	1150	970	1120	1100	1150
750	200	320	500	820	970	890	990	1150	1290	1270	1340	1150

Окончание табл. 11.2

R	$F_1(R)$	$f_2(R)$	$f_3(R)$	$f_4(R)$	$f_5(R)$	$f_6(R)$	$f_7(R)$	$f_8(R)$	$f_9(R)$	$f_{10}(R)$	$f_{11}(R)$	$f_{12}(R)$
800	200	320	500	820	970	1010	1170	1150	1290	1270	1340	1390
850	200	320	500	820	970	1010	1170	1150	1290	1270	1510	1390
900	200	320	500	820	970	1010	1290	1330	1290	1270	1510	1560

Затем ищется оптимальное распределение каждого размера ресурсов путем просмотра таблицы для всех уровней, начиная с наибольшего **R = 900**. Максимальное значение **R = 1560** записано в **12** столбце. Следовательно, оптимальное распределение **900** единиц ресурса состоит в том, чтобы выделить на **12**-ый этап **50** единиц при оптимальном распределении оставшихся иединиц по первым одиннадцати. Далее находят, что **maxR(850) = 1510** достигается при выделении на 11-ый этап **100** единиц ресурса и оптимальном распределении оставшихся **750** единиц по остальным этапам. Оптимальное распределение **750** единиц состоит в выделении **50** единиц на **9**-ый этап, так как **R(750) = 1290**, и в оптимальном распределении оставшихся **700** единиц по остальным этапам. Далее просматривают строку таблицы для уровня при выделении **100** единиц ресурса на 8-ой этап, так как $\mathbf{f_8(700) = 1150 = max}$. Затем просматривают строку для оставшегося объема ресурса **R = 600** и выделяют **100** единиц на **7**-ой этап, так как $\mathbf{f_7(600) = 900 = max}$, из числа этапов, не обеспеченных ресурсами. Потому что $\mathbf{f_{12}(600) = 1150 > f_2(600) = 900}$, т.е. на **12**-ый этап ресурсы уже были выделены раньше. Аналогично при **maxR(500) = 880** ресурсы выделяются на **10**-ый этап при оставшихся **300** единицах на **5**-ый этап, так как **R(300) = 470** (для оставшихся этапов) и последние **200** единиц ресурса направляются на **4**-ый этап ввиду того, что из числа оставшихся этапов $\mathbf{f_4(200) = 320 = max}$.

Таким образом, оптимальное распределение ресурсов, обеспечивающих максимальную стоимость сданных заказчикам этапов, будет следующим (см. табл. 11.3):

Таблица 11.3

N_i	r_i	C_i	N_i	r_i	C_i
1	0	-	7	100	280
2	0	-	8	100	160
3	0	-	9	50	140
4	200	320	10	200	300
5	100	150	11	100	220
6	0	-	12	50	50

$$\sum \mathbf{r_i} = \mathbf{900}\ м^3 \qquad \sum \mathbf{C_i} = \mathbf{1620}\ \text{тыс. р.}$$

Варианты заданий оптимального распределения ограниченного количества ресурсов приведены в прил.10.

Пример3:

Пусть в распоряжении строительной организации имеются три вида материалов - **A**, **B**, **C**, из которых предприятия могут изготовить четыре вида продукции - **a**, **в**, **c**, **d**.

Таблица 11.4

Вид продукции	Норма расхода материалов на единицу продукции			Прибыль на единицу продукции
	A, кг	**B, м^2**	**C, пог. м**	
A	0,4	1,7	0,5	5
B	0,8	0,4	2,0	9
C	1,2	0,5	1,7	6
d	2,8	3,3	0,3	7
Фонд материала	72380	31974	57000	

Организация располагает данными о прибыли, которую можно получить при реализации единицы каждого вида продукции, а также о нормах расхода материалов на изготовление единицы продукции (табл. 11.4). Искомые объемы производства продукции обозначают через $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{x_2}$, $\mathbf{x_3}$, $\mathbf{x_4}$.

Целевая функция в экономико - математической модели примет вид:

$$\mathbf{max\ z = 5x_1 + 9x_2 + 6x_3 + 7x_4},$$

Ограничительные условия выражаются системой неравенств:

$$\mathbf{0{,}4X_1 + 0{,}8X_2 + 1{,}2X_3 + 2{,}8X_4 < 72380}$$
$$\mathbf{1{,}7X_1 + 0{,}4X_2 + 0{,}5X_3 + 3{,}3X_4 < 31974}$$
$$\mathbf{0{,}5X_1 + 2{,}0X_2 + 1{,}7X_3 + 0{,}3X_4 < 57000}$$
$$\mathbf{X_1 > 0;}$$
$$\mathbf{X_2 > 0;}$$
$$\mathbf{X_3 > 0;}$$
$$\mathbf{X_4 > 0.}$$

Задача решается симплексным методом, для чего вводят сначала дополнительные неизвестные ($\mathbf{X_5}$, $\mathbf{X_6}$, $\mathbf{X_7}$) и преобразуют систему неравенств в систему уравнений:

$$\mathbf{0{,}4X_1 + 0{,}8X_2 + 1{,}2X_3 + 2{,}8X_4 + X_5 = 72380,}$$

$$\mathbf{1{,}7X_1 + 0{,}4X_2 + 0{,}5X_3 + 3{,}3X_4 + X_6 = 31974,}$$

(11.5)

$$\mathbf{0{,}5X_1 + 2{,}0X_2 + 1{,}7X_3 + 0{,}4X_4 + X_7 = 57000.}$$

Систему уравнений (11.5) записывают в векторной форме, выделяя столбцы коэффициентов при неизвестных:

$$\underset{\mathbf{P_1}}{\mathbf{X_1}\begin{pmatrix}0{,}4\\1{,}7\\0{,}5\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_2}}{\mathbf{X_2}\begin{pmatrix}0{,}8\\0{,}4\\2{,}0\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_3}}{\mathbf{X_3}\begin{pmatrix}1{,}2\\0{,}5\\1{,}7\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_4}}{\mathbf{X_4}\begin{pmatrix}2{,}8\\3{,}3\\0{,}4\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_5}}{\mathbf{X_5}\begin{pmatrix}1\\0\\0\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_6}}{\mathbf{X_6}\begin{pmatrix}0\\1\\0\end{pmatrix}} + \underset{\mathbf{P_7}}{\mathbf{X_7}\begin{pmatrix}0\\0\\1\end{pmatrix}} = \underset{\mathbf{P_0}}{\begin{pmatrix}72380\\31974\\57000\end{pmatrix}},$$

где $\mathbf{P_j}$ **(j = 1, 2,... 7)** - вектор - столбцы коэффициентов при неизвестных; $\mathbf{P_0}$ - вектор - столбец свободных членов.

Условие $\mathbf{X_j > 0}$ (условие неотрицательности) означает, что допускается отдельные виды продукции не производить совсем ($\mathbf{X_j = 0}$).

Составляют симплексную таблицу, расположив в ней вектор-столбцы в удобном для последующих расчетов порядке (табл. 11.5)

Таблица 11.5

	C_j	**0**	**0**	**0**	**5**	**9**	**6**	**7**	**-**
C_i		P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4	P_0
0	P_5	1	0	0	0.4	0.8	1.2	2.8	72380
0	P_6	0	1	0	1.7	0.4	0.5	3.3	31974
0	P_7	0	0	1	0.5	2.0	1.7	0.3	57000
Z_j		-	-	-	0	0	0	0	-
$Z_j - C_j$		-	-	-	- 5	- 9	- 6	- 7	-

В табл. 11.5 первыми размещаются так называемые единичные векторы, образованные из коэффициентов при дополнительных неизвестных. В примере ото векторы $\mathbf{P_5}$, $\mathbf{P_6}$ и $\mathbf{P_7}$. В них все элементы равны **0**, кроме одного, равного **1**. Эти векторы образуют часть таблицы, именуемой базисом. Справа от базиса располагаются вектор - столбцы, полученные из коэффициентов при основных неизвестных. Это векторы $\mathbf{P_1}$, $\mathbf{P_2}$, $\mathbf{P_3}$, $\mathbf{P_4}$. Крайним справа расположен вектор - столбец свободных членов $\mathbf{P_0}$. Над обозначениями векторов - столбцов помещена строка $\mathbf{C_j}$, в которой записаны коэффициенты при неизвестных в целевой функции (обычно они называются оценками). Слева от базисных векторов помещен столбец $\mathbf{C_i}$, где записаны оценки, соответствующие векторам, введенным в базис (исходный базис составлен из единичных векторов - коэффициентов при дополнительных переменных, не входящих в целевую функцию и имеющих оценки, равные **0**). В дальнейшем вводимые в базис новые векторы будут влиять на оценки в столбце $\mathbf{C_i}$. Различие между $\mathbf{C_i}$ и $\mathbf{C_j}$ лишь в том, что

первые являются оценками в столбцах, а вторые - в строках таблицы.

В общем случае столбцы таблицы будут обозначены индексом **j**, а строки - индексом **i**. Любой элемент таблицы (число в квадрате, находящееся на пересечении **i**-ой строки и **j**-го столбца) будем обозначать символом $\mathbf{a_{ij}}$. Например, $\mathbf{a_{62} = 0,4}$; $\mathbf{a_{73} = 1,7}$ и т.д. В нижней части таблицы расположены две дополнительные строки $\mathbf{Z_j}$ и $\mathbf{Z_j - C_j}$ для записи данных, связанных с процедурой симплексного метода.

Расчеты симплексным методом в целях нахождения оптимального решения задачи осуществляются в следующем порядке.

1. Рассчитываются элементы строки $\mathbf{Z_j}$, которые представляют собой сумму произведений элементов столбца $\mathbf{C_i}$ на элементы соответствующего вектора. Например, значение элемента $\mathbf{Z_1 = 0*0.4 + 0*1.7 + 0*0.5 = 0}$, элемента $\mathbf{Z_2 = 0*0.8 + 0*0.4 + 0*2 = 0}$ и т.д. (поскольку все элементы столбца $\mathbf{C_i}$ равны **0**, то все элементы строки $\mathbf{Z_j}$ также будут равны **0**).

2. Определяются значения элементов строки $\mathbf{Z_j - C_j}$.

Например, элемент $\mathbf{Z_1 - C_1 = 0 - 5 = -5}$, элемент $\mathbf{Z_2 - C_2 = 0 - 9 = -9}$ и т.д.

3. Выбирается наименьший (наибольший отрицательный) элемент строки $\mathbf{Z_j - C_j}$. В примере такой элемент $\mathbf{Z_2 - C_2 = -9}$ определяет собой вектор, подлежащий введению в базис $\mathbf{P_2}$. В общем случае надо считать, что в базис вводится **к**-й вектор $\mathbf{(P_к)}$.

4. Определяется вектор, подлежащий удалению из базиса. Для этого делят элементы вектора $\mathbf{P_0}$ на соответствующие элементы вектора $\mathbf{P_к}$ (в примере на элементы вектора $\mathbf{P_2}$) и выбирают наименьшее частное.

Получают: $\mathbf{a_{50} / a_{52} = 72380 / 0,8 \approx 90475,}$

$\mathbf{a_{60} / a_{62} = 31974 / 0,4 \approx 79935,}$

$\mathbf{a_{70} / a_{72} = 57000 / 2,0 \approx 28500.}$

Так как наименьшее частное (**28500**) соответствует базисному вектору $\mathbf{P_7}$, этот вектор подлежит замене вектором $\mathbf{P_2}$.

Элемент $\mathbf{a_{ik}}$, находящийся на пересечении **i**-ой строки (вектора, удаляемого из базиса) и **к**-го столбца (вектора, подлежащего введению в базис), называется генеральным элементом. В примере генеральным является элемент $\mathbf{a_{72}}$.

5. Ведется пересчет симплексной таблицы, начиная со строки, соответствующей удаляемому из базиса вектору $\mathbf{P_7}$. Все элементы этой вектор - строки делятся на генеральный элемент, после чего рассчитываемая строка получает номер вводимого в базис вектора (в примере $\mathbf{P_2}$), место вектор - столбца $\mathbf{P_7}$ займет вектор $\mathbf{P_2}$.

Расчет элементов этой строки ($\mathbf{a_{2j}}$):

$$\mathbf{a'_{25} = a_{75} / a_{72} = 0 / 2 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{26} = a_{76} / a_{72} = 0 / 2 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{27} = a_{77} / a_{72} = 1 / 2 = 0,5;}$$
$$\mathbf{a'_{21} = a_{71} / a_{72} = 0,5 / 2 = 0,25;}$$
$$\mathbf{a'_{22} = a_{72} / a_{72} = 2 / 2 = 1,0;}$$
$$\mathbf{a'_{23} = a_{73} / a_{72} = 1,7 / 2 = 0,85;}$$
$$\mathbf{a'_{24} = a_{74} / a_{72} = 0,3 / 2 = 0,15;}$$
$$\mathbf{a'_{20} = a_{70} / a_{72} = 5700 / 2 = 28500.}$$

Остальные элементы новой симплексной таблицы рассчитываются по формуле

$$\mathbf{a'_{ij} = a_{ij} - a'_{kj}\, a_{ik}},$$

где $\mathbf{a'_{ij}}$ - определяемые элементы новой симплексной таблицы; $\mathbf{a_{ij}}$ - соответствующие элементы предыдущей симплексной таблицы; $\mathbf{a'_{kj}}$ - элемент вектора строки новой симплексной таблицы, соответствующий введеному в базис вектору (в примере строка $\mathbf{P_2}$); $\mathbf{a_{ik}}$ - элемент вектора - столбца $\mathbf{P_к}$ предыдущей симплексной таблицы (вектора, вводимого в базис).

Расчет элементов вектор строки $\mathbf{P_5}$:

$$\mathbf{a'_{55} = a_{55} - a'_{25}\, a_{52} = 1 - 0*0,8 = 1;}$$
$$\mathbf{a'_{56} = a_{56} - a'_{26}\, a_{52} = 0 - 0*0,8 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{57} = a_{57} - a'_{27}\, a_{52} = 0 - 0,5*0,8 = -0,4;}$$
$$\mathbf{a'_{51} = a_{51} - a'_{21}\, a_{52} = 0,4 - 0,25*0,8 = 0,2;}$$
$$\mathbf{a'_{52} = a_{52} - a'_{22}\, a_{52} = 0,8 - 1*0,8 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{53} = a_{53} - a'_{23}\, a_{52} = 1,2 - 0,85*0,8 = 0,52;}$$
$$\mathbf{a'_{54} = a_{54} - a'_{24}\, a_{52} = 2,8 - 0,15*0,8 = 2,62;}$$
$$\mathbf{a'_{50} = a_{50} - a'_{20}\, a_{52} = 72380 - 28500*0,8 = 49580;}$$

элементов вектора - строки $\mathbf{P_6}$:

$$\mathbf{a'_{65} = a_{65} - a'_{25}\, a_{62} = 0 - 0*0,4 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{66} = a_{66} - a'_{26}\, a_{62} = 1 - 0*0,4 = 1;}$$
$$\mathbf{a'_{67} = a_{67} - a'_{27}\, a_{62} = 0 - 0б5*0,4 = -0б2;}$$
$$\mathbf{a'_{61} = a_{61} - a'_{21}\, a_{62} = 1,7 - 0,25*0,4 = 1,6;}$$
$$\mathbf{a'_{62} = a_{62} - a'_{22}\, a_{62} = 0,4 - 1*0,4 = 0;}$$
$$\mathbf{a'_{63} = a_{63} - a'_{23}\, a_{62} = 0,5 - 0,85*0,4 = 0,16;}$$
$$\mathbf{a'_{64} = a_{64} - a'_{24}\, a_{62} = 3,3 - 0,15*0,4 = 3,24;}$$
$$\mathbf{a'_{60} = a_{60} - a'_{20}\, a_{62} = 31974 - 28500*0,4 = 20574.}$$

Новая симплексная таблица будет иметь вид (табл. 11.6). Для наглядности в таблице вектор - столбец $\mathbf{P_2}$ (с элементами $\mathbf{a'_{52}, a'_{62}, a'_{22}}$) перемещен в ба-

зис на место вектора $\mathbf{P_3}$, а вектор - столбец $\mathbf{P_7}$ - на место $\mathbf{P_2}$.

После расчета элементов $\mathbf{a_{ij}}$ с новой симплексной таблицей повторяют ту же процедуру, что и с предыдущей, т.е. определяют элементы строки $\mathbf{Z_j}$, затем элемент строки $\mathbf{Z_j - C_j}$, вектор - столбец $\mathbf{P_л}$, подлежащий введению в базис (по наименьшему элементу строки $\mathbf{Z_j - C_j}$), вектор, подлежащий удалению из базиса (по наименьшему частному от деления элементов вектора $\mathbf{P_0}$ на элемент вектора $\mathbf{P_к}$).

Таблица 11.6

	C_j	0	0	9	5	0	6	7	Z
C_i		P_5	P_6	P_2	P_1	P_7	P_3	P_4	P_0
0	P_5	1	0	0	0,2	-0,4	0,52	2,68	49580
0	P_6	0	1	0	1,6	0,2	0,16	3,24	20574
9	P_2	0	0	1	0,25	0,5	0,85	0,15	28500
Z_j	-	-	-	-	2,25	4,5	7,65	1,35	256500
$Z_j - C_j$	-	-	-	-	-2,75	4,5	1,65	-5,65	-

Наименьшее значение элемента строки $\mathbf{Z_j - C_j = -5,65}$ соответствует вектору $\mathbf{P_4}$. Значит этот вектор вводится в базис. Определяют наименьшее частное от деления элементов вектора $\mathbf{P_0}$ на соответствующие элементы вектора $\mathbf{P_4}$. Получают

$$\mathbf{a_{50} / a_{52} = 49580 / 2,68 = 18500;}$$
$$\mathbf{a_{60} / a_{62} = 20574 / 3,24 = 6350;}$$
$$\mathbf{a_{20} / a_{22} = 28500 / 0,15 = 190000.}$$

Наименьшее частное **6350** соответствует базисному вектору $\mathbf{P_6}$, который должен быть удален из базиса. Таким образом в новой симплексной таблице будут векторы $\mathbf{P_5, P_4, P_2}$. Расчет в симплексной таблице (11.7) по изложенной выше схеме:

Таблица 11.7

	C_j	0	7	9	5	0	6	0	-
C_i	-	P_5	P_4	P_2	$-P_1$	P_7	P_3	P_6	P_0
0	P_5	1	0	0	-91/81	-19/81	-157/405	67/81	32562
7	P_4	0	1	0	40/81	-5/81	-4/81	25/81	6350
9	P_2	0	0	1	108	55/81	11/12	-5/108	27547,5
Z_j	-	-	-	-	1633/324	1325/324	2785/324	565/324	-
$Z_j - C_j$	-	-	-	-	13/324	1345/324	841/324	889/324	-

Как видно, все элементы строк $\mathbf{Z_j - C_j}$ положительны. Это значит, что получен оптимальный вариант решения поставленной задачи.

Значения неизвестных определяются по векторам, введенным в базис, и по столбцу $\mathbf{P_0}$. Оказывается, что $\mathbf{X_2 = 27547;\ X_4 = 63500}$ и $\mathbf{X_5 = 32526}$. Все

остальные неизвестные равны нулю, т.е. $\mathbf{X_1 = X_3 = X_6 = X_7 = 0}$.

Проверка:

$$\mathbf{0{,}4\ X_1 + 0{,}8X_2 + 1{,}2X_3 + 2{,}8X_4 + X_5 = 72380;}$$
$$\mathbf{0{,}4*0 + 0{,}8*27547{,}5 + 1{,}2*0 + 2{,}8*6350 + 1*32562 = 72380;}$$
$$\mathbf{1{,}7X_1 + 0{,}4X_2 + 0{,}8X_3 + 3{,}3X_4 + X_6 = 31974;}$$
$$\mathbf{1{,}7*0 + 0{,}4*27547{,}5 + 0{,}8*0 + 3{,}3*6350 = 31974;}$$
$$\mathbf{0{,}5X_1 + 2X_2 + 1{,}7X_3 + 0{,}3X_4 + X_7 = 57000;}$$
$$\mathbf{0{,}5*0 + 2*27547{,}5 + 1{,}7*0 + 0{,}3*6350 + 0 = 31974.}$$

Уравнения справедливы. Целевая функция достигает значения **292377,5**.

Расшифровывая полученное решение, можно сказать, что из имеющихся в распоряжении строительной организации материалов целесообразно приготовить **27547,5** единицы продукции **б** и **6350** единиц продукции **d**. Реализация этой продукции даст **292377,5** р. прибыли. Всякие другие варианты дадут меньшую прибыль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеев Ю.А. Выработка и анализ плановых решений в сложных проектах.- М.: Экономика, 1971, 96с.

2. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. -М.: Высшая школа, 1994.- 544 с.

3. Афанасьев В. А. Поточная организация строительства. - Л: Стройиздат, 1990.- 160 с.

4. Багриновский К.А., Егорова Н.Е. Имитационные системы в планировании экономических объектов. - М.: Наука, 1980.- 250 с.

5. Баркалов С. А. , Курочка П. Н. , Мищенко В. Я. Моделирование и автоматизация организационно-технологического проектирования строительного производства. - Воронеж, 1997.- 120 с.

6. Баркалов С.А., Косачев С.Ю. Имитационное моделирование календарного плана строительства объектов // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1998.- N 11-12, с. 68-72.

7. Баркалов С.А., Косачев С.Ю. Многофакторная оценка и выбор организационно-технологических решений в строительстве // Экономика строительства.- 1998.-N 5, с. 39-42.

8. Бурков В. М. , Новиков Д. А. Как управлять проектами .- М.: Синтег-Гео, 1997.- 188 с.

9. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем.-М.: Наука, 1977.- 240 с.
10. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования .- М.: Статистика, 1970.- 110 с.
11. Голенко Д. И. Статистические методы в экономических системах.- М: Статистика, 1970.- 205 с.
12. Гусаков А. А. Организационно технологическая надежность строительства. -М: SvR-Аргус, 1994.-472 с.
13. Гусаков А. А. Системотехника строительства. - М.: Стройиздат, 1983.-440 с.
14. Гусаков А.А. и др. Выбор проектных решений в строительстве.- М.: Стройиздат, 1982. -372 с.
15. Завадскас Э.-К. К. Системотехническая оценка решений строительного производства.- Л.: Стройиздат, 1991.-256 с.
16. Инновационный менеджмент: Справ. пособие / под ред. П. Н. Завлина, А. К. Казанцева, Л. Э. Миндели.- СПб.: Наука, 1997.- 560 с.
17. Куликов Ю.А. Оценка качества решений в управлении строительством.- М.: Стройиздат, 1990.- 144 с.
18. Моделирование и применение вычислительной техники в строительном производстве: Справочное пособие - А.А.Гусаков и др. - М.: Стройиздат, 1979. -278 с.
19. Планирование и управление строительным производством с применением методов экономико-математического моделирования и ЭВМ. И.Г.Галкин, В.М.Серов, Г.И.Ярымова и др.; Под ред. Галкина. М.: Стройиздат, 1978. -302 с.
20. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства / Госстрой СССР. -М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. -56 с.
21. Справочник по оптимизационным задачам в АСУ /В.А.Бункин, Д.Колев и др. Л.: Машиностроение, 1984. -272 с.
22. Субетто А.И. Методы оценки качества проектов и работ.- Л.: ВИКИ им. Можайского, 1982. -72 с.
23. Товченко В.И., Михайлов В.С. Модели и алгоритмы управления строительным производством.- Киев: Высшая школа, 1991.- 151 с.
24. Ушацкий С.А. Выбор оптимальных решений в управлении строительным производством.-К.: Бидивельник, 1974.- 168 с.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1

Варианты выполнения курсового проекта

Номер варианта	О Б Ъ Е К Т Ы									
1	2 / 1	27	53	15	41	67	18	44	70	59/60
2	3 / 2	28	54	16	42	68	19	45	71	60/61
3	4 / 3	29	55	17	43	69	20	46	72	61/62
4	5 / 4	30	56	18	44	70	21	47	73	62/63
5	6 / 5	31	57	19	45	71	22	48	74	63/64
6	7 / 6	32	58	20	46	72	23	49	75	64/65
7	8 / 7	33	59	21	47	73	24	50	40	65/66
8	9 / 8	34	60	22	48	74	25	51	41	66/67
9	10 / 9	35	61	23	49	75	26	52	42	67/68
10	11 / 10	36	62	24	50	1	27	53	43	68/69
11	12 / 11	37	63	25	51	2	28	54	44	69/70
12	13 / 12	38	64	26	52	3	29	55	45	70/71
13	14 / 13	39	65	27	53	4	30	56	46	71/72
14	15 / 14	40	66	28	54	5	31	57	47	72/73
15	16 / 15	41	67	29	55	6	32	58	48	73/74
16	17 / 16	42	68	30	56	7	33	59	49	74/75
17	18 / 17	43	69	31	57	8	34	60	50	75/ 1
18	19 / 18	44	70	32	58	9	35	61	51	72/73
19	20 / 19	45	71	33	59	10	36	62	52	71/72
20	21 / 20	46	72	34	60	11	37	63	53	70/71
21	22 / 21	47	73	35	61	12	38	64	54	19/20
22	23 / 22	48	74	36	62	13	39	65	55	20/21
23	24 / 23	49	75	37	63	14	40	66	56	21/22
24	25 / 24	50	1	38	64	15	41	67	57	22/23
25	26 / 25	51	2	39	65	16	42	68	58	23/24
26	27 / 26	52	3	40	66	17	43	69	59	24/25

Приложение 2

Характеристика объектов строительства

Номер объекта	Наименование объекта	Характеристика	
		Материал стен	Стоимость, тыс. р.
1	Пятиэтажное здание	Панели	18300
2	Пятиэтажное здание	Панели	24000
3	Пятиэтажное здание	Монолит	27400
4	Пятиэтажное здание	Монолит	33000
5	Пятиэтажное здание	Кирпич	25200
6	Пятиэтажное здание	Кирпич	46700
7	Пятиэтажное здание	Панели	47800
8	Пятиэтажное здание	Панели	28000
9	Пятиэтажное здание	Монолит	33600
10	Пятиэтажное здание	Монолит	47000
11	Пятиэтажное здание	Кирпич	32000
12	Пятиэтажное здание	Кирпич	44800
13	Пятиэтажное здание	Панели	36000
14	Пятиэтажное здание	Панели	28000
15	Девятиэтажное здание	Кирпич	59100
16	Девятиэтажное здание	Кирпич	65200
17	Девятиэтажное здание	Панели	75200
18	Девятиэтажное здание	Панели	82100
19	Девятиэтажное здание	Кирпич	76200
20	Девятиэтажное здание	Кирпич	86500
21	Девятиэтажное здание	Кирпич	74200
22	Девятиэтажное здание	Монолит	65800
23	Двенадцатиэтажное здание	Панели	98500
24	Двенадцатиэтажное здание	Панели	97400
25	Четырнадцатиэтажное здание	Панели	124500
26	Четырнадцатиэтажное здание	Кирпич	130000
27	Шестнадцатиэтажное здание	Кирпич	185200
28	Шестнадцатиэтажное здание	Монолит	175600
29	Дом быта объемом 4300м^3	Монолит	86200
30	Дом быта объемом 7194м^3	Кирпич	105200
31	Дом быта объемом 9951м^3	Кирпич	124200
32	Дом быта объемом 19509м^3	Панели	154200
33	Дом быта объемом 18430м^3	Панели	143200
34	Дом быта объемом 4102м^3	Монолит	85200

Продолжение прил.2

Номер	Наименование	Характеристика

объекта	о б ъ е к т а	Материал стен	Стоимость, тыс. р.
35	Дом быта объемом 2496м^3	Кирпич	84000
36	Гостинца на 500 мест	Панели	94000
37	Гостинца на 300 мест	Панели	75400
38	Гостинца на 100 мест	Панели	62100
39	Гостинца на 200 мест	Панели	95200
40	Поликлиника на 380 посещений	Кирпич	75200
41	Больница на 150 коек	Панели	56800
42	Поликлиника на 200посещений	Кирпич	54800
43	Библиотека на 120тыс. ед. хранения	Кирпич	85200
44	Библиотека на 120тыс. ед. хранения	Панели	96500
45	Библиотека на 200тыс. ед. хранения	Кирпич	115600
46	Библиотека на 200тыс. ед. хранения	Панели	124500
47	Магазин промтоваров S=2500м^2	панели	89000
48	Магазин промтоваров S=1500м^2	кирпич	45400
49	Магазин промтоваров S=1000м^2	панели	24000
50	Магазин хозтоваров S=1000м^2	кирпич	39300
51	Магазин хозтоваров S=1000м^2	панели	42000
52	Универсам S=490м^2	панели	34900
53	Универсам S=600м^2	кирпич	39200
54	Универсам S=925м^2	панели	53000
55	Универсам S=1500м^2	кирпич	63400
56	Столовая на 50 мест	панели	8800
57	Столовая на 100 мест	кирпич	18500
58	Столовая на 200 мест	кирпич	25600
59	Столовая на 300 мест	кирпич	36500
60	Столовая на 514 мест	панели	45800
61	Дет. сад-ясли на 95 мест	кирпич	9800
62	Дет. сад-ясли на 140 мест	панели	12500
63	Дет. сад-ясли на 140 мест	кирпич	15200
64	Дет. сад-ясли на 280 мест	панели	25800
65	Дет. сад-ясли на 280 мест	кирпич	29800
66	Дет. сад-ясли на 320 мест	панели	32100

Окончание прил.2

Номер	Н а и м е н о в а н и е	Х а р а к т е р и с т и к а

объекта	о б ъ е к т а	Материал стен	Стоимость, тыс. р.
67	Школа на 464 учащегося	кирпич	35200
68	Школа на 624 учащегося	кирпич	58600
69	Школа на 784 учащегося	кирпич	75200
70	Школа на 1176 учащихся	кирпич	98400
71	Школа на 1176 учащихся	панели	102000
72	Школа на 1568 учащихся	панели	123000
73	Школа на 1568 учащихся	кирпич	135200
74	Кинотеатр на 500 мест	кирпич	125000
75	Кинотеатр на 800 мест	кирпич	135200

Приложение 3

Среднепрогрессивная выработка на одного рабочего и средние удельные веса отдельных видов работ в общей сметной стоимости

Номер и наименование работ (потока)	Выработка на одного рабочего, тыс.р. в день	Средний удельный вес	
		стены из кирпича	стены из панелей
1. Земляные работы	3,0	2	2
2. Устройство фундаментов	7,0	5	3
3. Каркас здания	38,0	34	28
4. Столярные работы и заполнение проемов	14,0	11	14
5. Устройство кровли	17,0	9	8
6. Устройство полов	14,0	11	16
7. Отделочные работы	12,0	12	9
8. Внутренние санитарно-технические работы	17,0	8	8
9. Внутренние электромонтажные работы	12,0	6	2
10. Благоустройство	4,0	2	2

Приложение 4

Эталон структуры работ для общестроительных организаций

(В ценах 1984 года)

Наименование объектов и видов Строительства	Трудоемкость чел.-дн.	
	на единицу	всего
Жилищное строительство, тыс.р.	47,1	2270
Объекты культурно-бытового назначения, тыс.р.:		
- детские учреждения	61,8	2009
- клубы	51,8	1883
- школы	47,8	3886
- больницы	45,7	1892
- административные здания	46,9	1341
- прочие объекты	51,5	2256

ПРИМЕЧАНИЕ. Трудоемкость эталонного варианта набора объектов производственной программы строительной организации стоимостью **1** млн. р. равна **45854** чел.-дн. в ценах 1984г.

Приложение 5

Значение аргумента обратной функции для нормального распределения

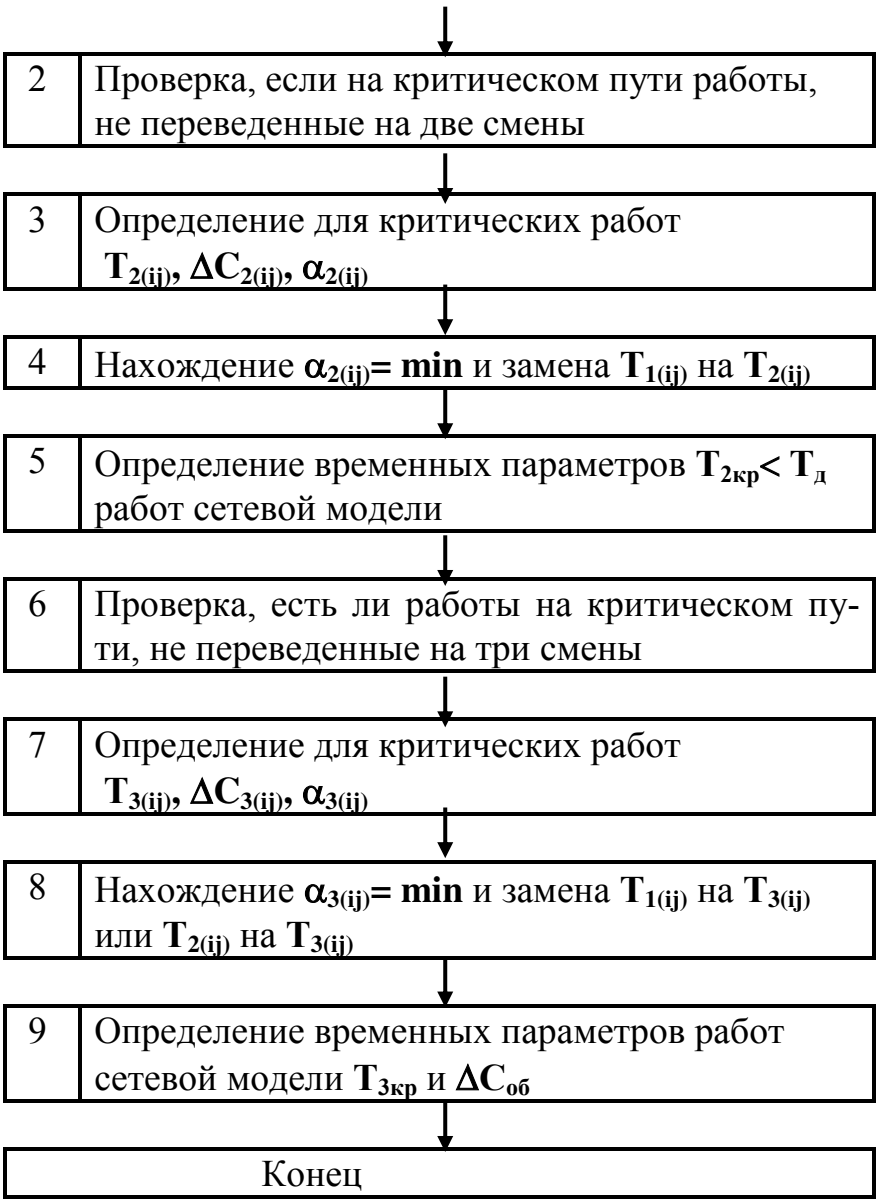
P	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
0,63	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36

0,64	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38
0,65	0,39	0,39	0,39	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,66	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
0,67	0,44	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46
0,68	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49
0,69	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52
0,70	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55
0,71	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58
0,72	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61
0,73	0,61	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64
0,74	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67
0,75	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70
0,76	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,74
0,77	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77
0,78	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80
0,79	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84
0,80	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87
0,81	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91
0,82	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
0,83	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
0,84	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03
0,85	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
0,86	1,08	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12
0,87	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17
0,88	1,18	1,18	1,19	1,19	1,20	1,20	1,21	1,21	1,22	1,22
0,89	1,23	1,23	1,24	1,24	1,25	1,25	1,26	1,26	1,27	1,27
0,90	1,28	1,29	1,29	1,30	1,30	1,31	1,32	1,32	1,33	1,33
0,91	1,34	1,35	1,35	1,36	1,37	1,37	1,38	1,39	1,39	1,40
0,92	1,41	1,41	1,42	1,43	1,43	1,44	1,45	1,45	1,46	1,47
0,93	1,48	1,48	1,49	1,50	1,51	1,51	1,52	1,53	1,54	1,54
0,94	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64
0,95	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,74
0,96	1,75	1,76	1,77	1,79	1,80	1,81	1,83	1,84	1,85	1,87
0,97	1,88	1,90	1,91	1,93	1,94	1,96	1,98	2,02	2,01	2,03
0,98	2,05	2,07	2,10	2,12	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29
0,99	2,33	2,37	2,41	2,46	2,51	2,58	2,65	2,75	2,88	3,09

Приложение 6

Блок-схема алгоритма определения оптимальной сменности выполнения СМР

1	Определение временных параметров работ сетевой модели и $\mathbf{T_{кр}}$


2
Проверка, если на критическом пути работы, не переведенные на две смены
3
Определение для критических работ $T_{2(ij)}, \Delta C_{2(ij)}, \alpha_{2(ij)}$
4
Нахождение $\alpha_{2(ij)} = \min$ и замена $T_{1(ij)}$ на $T_{2(ij)}$
5
Определение временных параметров $T_{2кр} < T_д$ работ сетевой модели
6
Проверка, есть ли работы на критическом пути, не переведенные на три смены
7
Определение для критических работ $T_{3(ij)}, \Delta C_{3(ij)}, \alpha_{3(ij)}$
8
Нахождение $\alpha_{3(ij)} = \min$ и замена $T_{1(ij)}$ на $T_{3(ij)}$ или $T_{2(ij)}$ на $T_{3(ij)}$
9
Определение временных параметров работ сетевой модели $T_{3кр}$ и $\Delta C_{об}$
Конец

Приложение 7

Суточный коэффициент выполнения норм

Таблица П.7.1

Наименование работ	Суточный коэффициент при	
	2-сменной $\mathbf{K_{2(ij)}}$	**3**-сменной $\mathbf{K_{3(ij)}}$
Земляные работы	1,61	2,10
Устройство нулевого цикла	1,85	2,55
Устройство каркаса здания	1,85	2,55
Устройство кровли и полов	2,00	2,70
Отделочные работы	2,00	2,70
Санитарно - технические работы	1,80	2,30
Электромонтажные работы	2,00	2,30
Благоустройство	1,70	2,30

Поправочный коэффициент дополнительных затрат при выполнении работ в зимнее время

Таблица П.7.2

Наименование работ	% от стоимости работ
Земляные работы	7,8
Устройство нулевого цикла	4,2
Устройство каркаса здания	2,5
Устройство кровли и полов	1,6
Отделочные работы	2,5
Санитарно - технические работы	1,2
Электромонтажные работы	1,2
Благоустройство	5,4

Приложение 8

Блок - схема алгоритма обоснования даты начала строительства объектов

1	Определение временных параметров работ сетевой модели и $\mathbf{T_{кр}}$
↓	
2	Назначение даты начала строительства
↓	
3	Календаризация сетевой модели
↓	
4	Определение перечня работ, выполняемых в зимний период (с 5.11 по 5.04)
↓	
5	Определение $\mathbf{\Delta C_{ij}}$ дополнительных затрат на производство работ зимой
↓	
6	Определение $\mathbf{C_{от}}$ затрат на отопление при выполнении работ в отапливаемом здании
↓	
7	Определение суммарных дополнительных затрат по объекту: $\mathbf{\Delta C_{об} = \Sigma C_{ij} + C_{от}}$
↓	
8	Сравнение $\mathbf{\Delta C_{об}}$ по вариантам
↓	
9	Нахождение оптимального варианта **($\mathbf{C_{об} = min}$)**

Приложение 9

Варианты задельных объектов

Таблица П.9.1

Номер вари-анта	Порядковый номер задельного объекта	Ввод площадей по кварталам, %			
		1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
1	1, 2, 9, 10	22	26	27	25
2	2, 3, 8, 9	20	28	26	26
3	3, 4, 7, 8	22	27	25	26
4	4, 5, 6, 7	21	27	25	27
5	5, 6, 1, 10	26	22	26	26
6	6, 7, 2, 9	23	25	26	26
7	7, 8, 3, 4	22	25	28	25
8	8, 9, 1, 2	21	27	27	25
9	9, 10, 3, 4	20	25	29	26
10	10, 1, 5, 6	23	25	27	25
11	1, 9, 2, 10	21	27	28	24
12	2, 8, 3, 9	23	25	26	26
13	3, 7, 4, 8	20	24	29	27
14	4, 6, 5, 7	24	24	27	25
15	5, 10, 1, 9	23	26	26	25
16	6, 1, 5, 8	22	27	25	26
17	7, 2, 1, 4	24	24	26	26
18	8, 3, 5, 7	25	25	25	25
19	9, 4, 5, 6	26	26	23	25
20	10, 2, 3, 4	25	24	26	25
21	9, 3, 10, 4	24	25	26	25
22	8, 4, 1, 3	19	29	28	24
23	7, 5, 8, 1	20	25	28	27
24	6, 10, 9, 2	22	22	22	34
25	9, 4, 5, 8	30	30	20	20
26	8, 10, 1, 3	21	25	28	26

Таблица П.9.2

Средняя готовность переходящих объектов к концу планируемого года в % от сметной стоимости в зависимости от ввода в эксплуатацию по кварталам следующего года (**$К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$**)

Продол-жи-тельность строи-тельства в месяцах	**$К_1$** для ввода в действие в **1** кв.		**$К_2$** для ввода в действие во **2** кв.		**$К_3$** для ввода в действие в **3** кв.		**$К_4$** для ввода в действие в **4** кв.	
	панель-нель-ные здания	кипич ные здания	панель-нель-ные здания	кир-пичные здания	панель ные здания	кир-пич-ные здания	панель ные здания	кир-пичные здания
3,0	61,0	51,0						
3,5	68,5	57,4	3,60	3,6				
4,0	76,0	63,8	5,0	5,0				
4,5	76,3	68,0	11,5	10,8				
5,0	76,5	72,2	18,0	16,6				
5,5	79,3	74,8	20,2	18,7				
6,0	82,0	77,3	22,5	20,8				
6,5	83,7	79,1	27,4	24,4	2,5	2,4		
7,0	85,5	81,0	32,0	29,6	4,9	4,7		
7,5	87,0	82,0	35,6	33,0	7,1	6,4		
8,0	89,0	83,5	39,4	36,3	9,4	9,0		
9,0	91,0	86,0	45,0	41,5	12,5	12,0		
10,0	93,0	87,6	49,5	45,7	18,7	18,0	3,7	2,6
11,0	94,5	89,0	53,0	49,0	24,7	23,8	6,0	7,2
12,0	96,0	90,0	56,2	51,8	28,0	27,0	7,0	7,5
13,0	96,5	91,2	58,9	54,5	31,7	30,5	9,0	10,8

Таблица 9.3

Коэффициенты к нормам задела

Продолжительность строительства одного объекта в месяцах	При заблаговременном выполнении работ по инженерной подготовке территории и нулевому циклу		При заблаговремен-ном выполнении ра-бот только по инже-нерной подготовке территории
	здания без подвала	здания с подвалом	
3 - 4	1,25	1,3	1,16
4,5 - 6	1,15	1,19	1,08
6,5 - 9	1,08	1,1	1,05
10 - 12	1,04	1,05	1,02

Приложение 10

Таблица П.10.1

Варианты заданий для решения задачи оптимального распределения ресурсов

Номер варианта	Расход ресурса на этап (объект)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	50	70	200	150	100	250	50	100	50
2	100	200	150	50	50	100	100	150	50	200
3	50	200	150	200	50	100	50	100	150	100
4	150	50	200	100	200	50	50	100	50	150
5	200	200	50	50	100	100	100	50	150	100
6	50	100	50	150	100	200	50	150	50	100
7	150	100	50	100	200	50	150	50	100	100
8	50	200	150	100	150	25	100	150	75	100
9	175	200	150	2000	50	75	100	150	100	50
10	150	200	200	50	75	100	200	100	50	50
11	50	75	100	200	100	50	100	150	50	200
12	200	50	150	100	100	150	200	150	50	200
13	50	50	200	20	100	150	250	100	75	50
14	100	200	25	100	50	150	200	175	100	50
15	200	100	50	200	50	50	100	200	100	50
16	50	100	75	100	150	25	75	200	100	200
17	100	150	200	150	100	200	100	250	100	50
18	50	100	75	100	150	200	100	150	100	50
19	100	150	200	50	100	150	50	100	50	100
20	50	75	100	200	175	150	125	50	100	200
21	50	100	100	200	100	50	100	50	100	200
22	150	100	50	100	200	150	100	50	200	100
23	100	150	50	100	100	50	100	50	75	150
24	150	150	100	50	50	100	200	150	200	50
25	50	100	200	50	100	200	100	50	150	50
26	75	100	175	200	50	125	200	100	150	100

Таблица П.10.2

Варианты заданий для решения задачи оптимального распределения ресурсов

Номер вари-анта	Порядковый номер объекта	Вид материала		
		A (кг)	**B** (кв.м)	**C** (пог. м)
1	1, 2, 9, 10	82430	63220	51700
2	2, 3, 8, 9	43800	72800	62720
3	3, 4, 7, 8	54400	68330	32100
4	4, 5, 6, 7	79210	49223	61250
5	5, 6, 1, 10	62365	82580	74160
6	6, 7, 2, 9	72373	45810	94931
7	7, 8, 3, 4	45155	33113	51903
8	8, 9, 1, 2	74390	63106	48372
9	9, 10, 3, 4	94451	78116	70910
10	10, 1, 5,6	64110	41919	83471
11	1, 9, 2, 10	75080	80031	59160
12	2, 8, 3, 9	41055	55010	71200
13	3, 7, 4, 8	31819	47617	93115
14	4, 6, 5, 7	84943	38103	90000
15	5, 10, 1, 9	70660	81118	40405
16	6, 1, 5, 8	31193	48000	50796
17	7, 2, 1,4	61709	39999	32617
18	8, 3, 5, 7	51659	82000	69980
19	9, 4, 5, 6	32006	56242	80061
20	10, 2, 3, 4	42289	82603	47803
21	9, 3, 10, 4	51907	31790	61485
22	8, 4, 1, 3	81083	34884	77307
23	7, 5, 8, 1	50339	54149	34839
24	9, 4, 5, 8	71586	79473	56281
25	6, 10, 9, 2	36133	77032	42265

Таблица П.10.3

Варианты заданий для решения задачи оптимального распределения ресурсов

Номер варианта	Порядковый номер объекта	Фонд материала		
		А, кг	**В**, м^2	**С**, пог.м.
1.	1, 2, 9, 10	82430	63220	51700
2.	2, 3, 8, 9	43800	72800	62720
3.	3, 4, 7, 8	54400	68330	32100
4.	4, 5, 6, 7	79210	49223	61250
5.	5, 6, 1, 10	62365	82580	74160
6.	6, 7, 2, 9	72373	45810	94931
7.	7, 8, 3, 4	45155	33113	51903
8.	8, 9, 1, 2	74390	63106	48372
9.	9, 10, 3, 4	94451	78116	70910
10.	10, 1, 5, 6	64110	41919	83471
11.	1, 9, 2, 10	75080	80031	59160
12.	2, 8, 3, 9	41055	55010	71200
13.	3, 7, 4, 8	31819	47617	93115
14.	4, 6, 5, 7	84943	38103	90000
15.	5, 10, 1, 9	70660	81118	40405
16.	6, 1, 5, 8	31193	48000	50796
17.	7, 2, 1, 4	61709	39999	32617
18.	8, 3, 5, 7	51659	82000	69980
19.	9, 4, 5, 6	32006	56242	80061
20.	10, 2, 3, 4	42289	82603	47803
21.	9, 3, 10, 4	51907	31790	61485
22.	8, 4, 1, 3	81083	34884	77307
23.	7, 5, 8, 1	50339	54149	34839
24.	6, 10, 9, 2	71586	79473	56281
25.	9, 4, 5, 8	36133	77032	42265
26.	8, 10, 1, 3	73914	74292	84543

Таблица П.10.4

Порядковый номер объекта	Норма расхода материалов на ед. продукции			Прибыль на ед. продукции
	А, кг	**В**, м^2	**С**, пог.м.	
1.	2,7	0,9	2,2	9
2.	0,8	1,9	3,2	5
3.	1,1	0,3	3,4	7
4.	0,5	1,6	1,0	9

Окончание табл. П.10.4

Порядковый номер объекта	Норма расхода материалов на ед. продукции			Прибыль на ед. продукции
	А, кг	**В**, $м^2$	**С**, пог.м.	
5.	0,1	4,0	1,4	8
6.	3,1	2,9	0,6	6
7.	0,4	2,0	3,9	10
8.	1,9	0,8	3,0	5
9.	0,3	1,7	2,1	7
10.	2,4	1,8	0,7	6

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения ……3
2. Задачи и состав курсового проекта ……3
3. Организация поточного строительства объектов ……4
4. Проектирование и расчет объектного потока ……...6
5. Расчет оптимальной очередности включения объектов в поток ……8
6. Определение оптимальной очередности строительстива объектов по критерию «упущенная выгода» ..……10
7. Определение расчетных потерь отвлеченных капиталовложений ..14
8. Определение экономически целесообразной сменности выполнения СМР и даты начала строительства объектов ……17
9. Оценка надежности календарного плана ……22
10. Определение строительного задела ……27
11. Управление материально-техническими ресурсами ……29
12. Библиографический список ……39
13. Приложения ……..41