

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра управления

**РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ РАБОТ ПО ВРЕМЕНИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе  
по дисциплине «Организация строительного производства»  
для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили)  
всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 658.5(07)  
ББК 65.301я7

**Составители:** д-р техн. наук, проф. С. А. Баркалов  
д-р техн. наук, проф. П. Н. Курочка

**Рациональное размещение работ по времени:** методические указания к проведению практических занятий и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили) всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. А. Баркалов, П. Н. Курочка. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 20 с.

Основной целью методических указаний является подготовка материала к проведению практического занятия, связанного с выбором рационального размещения выполняемых работ по времени и выработка навыков самостоятельной работы на основе структуризации изучаемого материала по разделам и темам.

Предназначены для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили) всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_PPPпВ\_ПЗ\_СР.pdf.

Ил. 7. Табл. 2. Библ. 7 назв.

**УДК 658.5(07)**  
**ББК 65.301я7**

**Рецензент** – В. П. Морозов, д-р техн. наук, доц. кафедры  
управления ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Организация строительного производства»:

– подготовка квалифицированных специалистов строительства, знающих теоретические основы организации и планирования строительного производства и умеющих их использовать в практической деятельности строительной фирмы;

– формирование знаний и навыков современного специалиста в области современных алгоритмов организационно-технологического проектирования.

Задачами дисциплины «Организация строительного производства» являются:

– получение студентами знаний и навыков формирования организационно-технологических решений;

– освоение математических методов, используемых при моделировании задач организационно-технологического проектирования;

– формирование практических навыков и ознакомление с основными приемами и методиками, необходимыми для эффективной организации и планирования строительного производства и их использование для получения обоснованной системы показателей, с помощью которых выявляются имеющиеся резервы роста эффективности производства и прогноз тенденций его развития.

Результатом освоения дисциплины является освоение следующих компетенций:

### **по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика»:**

ОПК-4 способностью находить организационно-управленческие решения в профессиональной деятельности и готовность нести за них ответственность

ПК-1 – способностью собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов;

ПК-2 – способностью на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы рассчитать экономические и социально-экономические показатели, характеризующие деятельность хозяйствующих субъектов;

ПК-3 – способностью выполнять необходимые для составления экономических разделов планов расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми в организации стандартами.

Основными разделами изучаемой дисциплины «Организация строительного производства» являются:

Тема № 1. «Организация проектно-исследовательских работ и предпроектная стадия в строительстве»

Тема № 2. «Модели строительного производства. Методы организации строительного производства. Сетевое моделирование»

Тема № 3. «Планирование производственной деятельности строительной организации»

Тема № 4. «Организационно-технологическое проектирование в строительстве»

Тема № 5. «Комплексная оценка организационно-технологических решений»

Тема № 6. «Модели оценки состояния производственных систем»

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

Практические занятия по данному курсу предполагают закрепление знаний, полученных на лекциях. Данные методические указания направлены на обеспечение выполнения практической работы по определению организационно-технологических параметров строительства при помощи статистических методов, основанных на теории массового обслуживания.

Необходимость привлечения статистических методов диктуется тем, что строительство представляет собой сложную, динамическую, систему изменение которой происходит по вероятностным законам. В этом случае повышение надежности принимаемых организационно-технологических решений лежит в области учета стохастической природы применяемых параметров. Именно на это и нацелено данное практическое занятие.

С другой стороны, материал методических указаний может быть использован и для организации самостоятельной работы студентов.

Место самостоятельной работы в курсе «Организация строительного производства» заключается в том, что согласно учебному плану половина времени, отводимое на изучение предмета, должно приходиться на самостоятельную работу студентов вне стен учебного заведения. Таким образом, весь спектр занятий, предусмотренный учебным планом, студент должен осуществлять не только на занятиях согласно расписанию, но также и самостоятельно. Следовательно, прослушав лекцию, студент должен, придя домой, разобрать конспект лекции, почитать то, что на тему, рассмотренную на лекции, написано в рекомендованном учебнике и ответить на контрольные вопросы.

При подготовке к практическому или лабораторному занятию студент должен повторить лекционный материал, разобрать примеры, приведенные в методических указаниях и решить то, что было задано на практическом или лабораторном занятии. Здесь следует обратить внимание на то, что целесообразность выполнения данного практического занятия в ходе аудиторных занятий целиком определяется преподавателем, ведущим эту дисциплину. Вполне возможен вариант передачи данного материала для самостоятельной работы студентов.

Использование методических указаний предполагает, что студент изучил лекционный материал и, если у него возникли вопросы, то можно просмотреть рекомендации, содержащиеся в данных методических указаниях по конкретной теме. Методические указания ни в коем случае не должны заменять материал лекционных, практических и лабораторных занятий.

В данном случае совершенно справедливо утверждение о том, что если преподаватель привел своих студентов на берег реки знаний, то это не означает, что он сможет заставить их что-то из этой реки зачерпнуть. Необходима воля и труд, самих обучающихся. Таким образом, учеба является достаточно тяжелым и напряженным трудом, сопряженным со значительными затратами времени и ограничиться только посещением занятий совершенно недостаточно.

### **ТЕМА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ: «РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ РАБОТ ПО ВРЕМЕНИ»**

**Цель работы:** изучить модели организационно-технологического проектирования по определению потребности в ресурсах типа мощности под имеющийся объем работ.

**Время выполнения работы:** 4 часа.

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ**

Рассмотрим задачу рационального размещения работ, подлежащих выполнению во времени.

Допустим, что проект состоит из  $n$  комплексов работ. В общем случае технология выполнения работ, то есть возможная очередность их выполнения, задана сетевым графиком, вершины которого соответствуют работам, а дуги – зависимостям между работами. Для каждой работы определены ранние допустимые сроки начала  $a_i$ , поздние допустимые сроки окончания  $b_i$  и продолжительность работы  $\tau_i$ . Очевидно,

$$\tau_i \leq b_i - a_i$$

Кроме того, для каждой работы задан график  $\{q_{ij}^t\}$  потребности в ресурсах относительно начала работы, то есть  $t_i^h \leq t \leq t_i^h + \tau_i$ . Предполагая также, что задан вектор наличия ресурсов  $\{Q_j^t\}$ ,  $j = \overline{1, m}$  ( $m$  – число видов ресурсов) определяемый на всем горизонте планирования. Требуется определить календарный план выполнения работ в заданные сроки так, чтобы минимизировать перегрузку ресурсов. В такой постановке задача относится к классу NP – трудных задач и не имеет эффективных методов решения.

Мы представили эту задачу в более простом виде, учитывая определенную гибкость назначения исполнителей на работы. А именно, примем, что пла-

новый период разбит на  $T$  интервалов определенной длины  $\Delta$  (недели, месяцы, кварталы и т.д.)

Обозначим  $R_i$  - множество интервалов в которых может выполняться работа  $i$ ,  $P_s$  - множество работ, которые могут выполняться в  $s$ -ом интервале. Заданы ограничения  $Q_{ij}$  на объем работ каждого вида в каждом интервале. Для каждой работы, в свою очередь, задан объем работ, выполняемый ресурсами каждого вида. Более того, примем, что каждая работа выполняется только одним видом ресурсов. Таким образом, все работы разбиты на  $m$  подмножеств, так, что работы  $j$ -го подмножества выполняющиеся ресурсами  $j$ -го вида. Обозначим через  $x_{is}$  - объем  $i$ -ой работы, выполняемый в  $s$ -ом интервале.  $C_{is}$  - максимальный объем  $j$ -ой работы, который можно выполнить в  $s$ -ом интервале. Задача заключается в определении  $\{x_{is}\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $s = \overline{1, T}$ , так, чтобы все работы были выполнены, то есть

$$x_{is} \leq C_{is}, \quad i \in P_s, \quad s = \overline{1, T}$$

$$\sum_{s \in R_i} x_{is} = W_i, \quad i = \overline{1, n}$$

где  $W_i$  - объем  $i$ -ой работы, а перегрузка исполнителей, то есть превышение объема работ над тем объемом, который могут выполнить исполнители, работал по нормативам, была минимальной. Если обозначить через  $\alpha$  - относительный уровень перегрузки ресурсов, то формально критерий можно записать в виде

$$\alpha \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in R_j} x_{is} = \alpha Q_{sj}, \quad j = \overline{1, m}$$

Фактически мы перешли от задачи календарного планирования к задаче объемно-календарного планирования.

Если перегрузка ресурсов недопустимо велика, то естественно снизить её за счёт передачи части работ на субподряд. Обозначим через  $P$  множество работ, передаваемых на субподряд,  $C_i$  - стоимость  $i$ -й работы при передаче её на субподряд. Задача заключается в определении множества  $P$ , такого, чтобы стоимость субподрядных работ

$$C(P) = \sum_{i \in P} C_i \tag{1}$$

была минимальной при ограничениях

$$x_{is} \leq C_{is}, \quad i \in P_s, \quad s = \overline{1, T}, \tag{2}$$

$$\sum_{s \in R_i} x_{is} = W_i, \quad i = \overline{1, n}, \tag{3}$$

$$\sum_{i \in R_j} x_{is} \leq \alpha Q_{sj}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

для всех  $i \notin P$  (при этом  $\alpha = 1$ ). Другими словами, требуется минимизировать затраты на субподрядные работы при условии, что остальные работы могут быть выполнены своими силами без перегрузки ресурсов (либо при допустимой перегрузке ресурсов  $\alpha \leq \alpha_{\text{дон}}$ ).

В условиях ограниченных ресурсов для выполнения производственного плана в заданные сроки приходится привлекать другие организации.

В условиях ограниченных ресурсов для выполнения договорных обязательств в заданные сроки приходится привлекать другие организации.

Рассмотрим первоначально случай, независимых работ, то есть могут выполняться одновременно.

Начнем рассмотрение с простейшего случая, когда зависимость скорости работы  $w_i$  от количества ресурсов  $u_i$  имеет вид

$$w_i = u_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

В этом случае каждый вид проектных работ можно рассматривать отдельно. Пусть количество ресурсов рассматриваемого вида равно  $N$ . В этом случае продолжительность выполнения всех проектных работ определяется выражением

$$T = \frac{W}{N}, \quad (6)$$

где  $W = \sum_{i=1}^n W_i$ .

Если  $T > T_0$  ( $T_0$  – заданный срок выполнения проектных работ), то часть работ необходимо передать другим организациям, которые смогут выполнить эти работы за время не больше  $T_0$ . Обозначим  $c_i$  стоимость выполнения  $i$ -й работы на субподряде. Для формальной постановки задачи обозначим  $x_i = 1$ , если работа  $i$  передается на субподряд,  $x_i = 0$  – в противном случае. Задача заключается в определении  $\{x_i\}$  таких, что сумма

$$C(x) = \sum_i c_i x_i \quad (7)$$

минимальна при ограничении

$$\sum_i w_i x_i \geq b, \quad (8)$$

где  $b = W - T_0 N$ .

Это классическая «задача о ранце», для которой существуют эффективные методы решения. Рассмотрим для её решения метод дихотомического программирования.

### ПРИМЕР

Рассмотрим численный пример. Пусть имеется шесть проектных работ, данные о которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

$i$	1	2	3	4	5	6
$W_i$	3	5	7	9	10	12
$c_i$	2	3	4	7	9	10

Общий объём работ  $W = 46$ . Пусть  $N=3$ ,  $T_0=9$ . Тогда  $b=46-27=19$ . Рассмотрим следующую структуру дихотомического представления ограничения (8) (рис. 1).

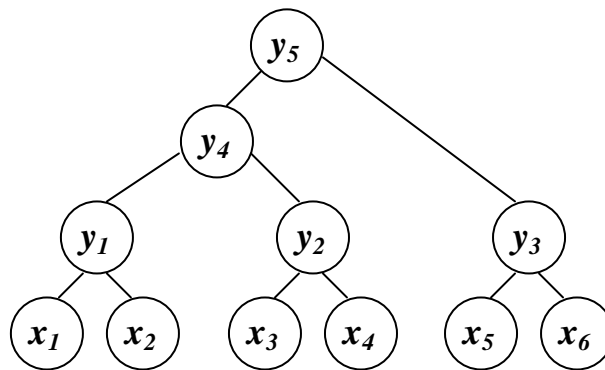


Рис. 1

Сначала объединяются работа 1 и работа 2 (обозначено  $y_1$ ), работа 3 с работой 4 (обозначено  $y_2$ ) и работа 5 с работой 6 (обозначено  $y_3$ ). Затем результат объединения  $y_1$  и  $y_2$  (то есть  $y_4$ ) объединяется с  $y_3$ .

Алгоритм состоит из двух этапов. На первом этапе строятся матрицы дихотомического представления. На втором – определяется оптимальное решение.

**1 этап.** Построим последовательно матрицы дихотомического представления.

**Шаг 1.** Строим матрицу  $y_1$  (рис. 2).

$$(y_1) = \begin{array}{|c|c|} \hline \frac{5}{3} & \frac{8}{5} \\ \hline x_2 & \frac{3}{2} \\ \hline \hline & x_1 \\ \hline \end{array}$$

Рис. 2



Верхнее число в каждой клетке равно объёму работ, отдаваемых на субподряд в соответствующем варианте, а нижнее – стоимости. Так, например, если работа 1 отдается на субподряд, а работа 2 не отдается, то объём субподрядных работ составит 3, а стоимость – 2.

**Шаг 2.** Строим матрицу  $y_2$  (рис. 3).

$$(y_2) = \begin{array}{|c|c|} \hline \frac{9}{7} & \frac{16}{11} \\ \hline x_4 / & \frac{7}{4} \\ \hline & x_3 \\ \hline \end{array}$$

Рис. 3

**Шаг 3.** Строим матрицу  $y_3$  (рис. 4).

$$(y_3) = \begin{array}{|c|c|} \hline \frac{12}{10} & \frac{22}{19} \\ \hline x_6 / & \frac{10}{9} \\ \hline & x_5 \\ \hline \end{array}$$

Рис. 4

**Шаг 4.** Строим матрицу  $(y_4)$  (рис. 5), пустые клетки соответствуют вариантам, которые не могут быть оптимальными.

$$(y_4) = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \frac{16}{11} & \frac{19}{13} & & \\ \hline \frac{9}{7} & \frac{12}{9} & \frac{14}{10} & \frac{17}{12} \\ \hline \frac{7}{4} & \frac{10}{6} & \frac{12}{7} & \frac{15}{9} \\ \hline y_2 / & \frac{3}{2} & \frac{5}{3} & \frac{8}{5} \\ \hline & y_1 & & \\ \hline \end{array}$$

Рис. 5

**Шаг 5.** Строим матрицу  $(y_5)$  (рис. 6). Заметим, что число столбцов матрицы  $(y_5)$  равно 11, так как  $b = 19$  и поэтому столбцы с величинами объёмов 21 и 24 можно не рассматривать.

$\frac{22}{19}$										
$\frac{12}{10}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{17}{13}$	$\frac{19}{14}$							
$\frac{10}{9}$	$\frac{13}{11}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{17}{13}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{20}{15}$					
$y_3 / y_4$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{15}{9}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{17}{12}$	$\frac{19}{13}$

Рис. 6

Кроме того, вариант  $W=9, C=7$  доминируется вариантом  $W=10, C=6$ , так как большему объёму субподрядных работ соответствуют меньшие затраты. Аналогично вариант  $W=14, C=10$  доминируется вариантом  $W=15, C=9$ , а вариант  $W=12, C=9$  доминируется вариантом  $W=12, C=7$ . Незаполненные клетки матрицы не рассматриваются, поскольку соответствующие варианты не могут быть оптимальными.

## 2 этап

**Шаг 1.** В матрице  $(y_5)$  рис. 6 находим клетку с минимальной стоимостью субподрядных работ среди всех клеток с объёмом субподрядных работ не меньше 19. Это клетка  $y_3 = 0, y_4 = 19$  с величиной стоимости  $C=13$ .

**Шаг 2.** В матрице  $(y_4)$  рис. 5 находим клетку с объёмом субподрядных работ  $W=19$  и стоимостью  $C=13$ . Ей соответствует  $y_1 = 3$  (стоимость 2) и  $y_2 = 16$  (стоимость 11).

**Шаг 3.** В матрице  $(y_3)$  рис. 4 находим клетку с объёмом  $y_3 = 0$  (стоимость также равна 0). Ей соответствует, очевидно,  $x_5 = x_6 = 0$ , то есть работы 5 и 6 выполняются собственными силами.

**Шаг 4.** В матрице  $(y_2)$  рис. 3 находим клетку со значением  $y_2 = 16$  (стоимость также равна 11). Ей соответствует вариант, в котором  $x_3 = x_4 = 1$ , то есть работы 3 и 4 отдаются на субподряд.

**Шаг 5.** В матрице  $(y_1)$  рис.2 находим клетку со значением  $y_1 = 3$  (стоимость равна 2). Ей соответствует вариант  $x_1 = 1, x_2 = 0$ , то есть работа 1 отдаётся на субподряд, а работа 2 нет.

Окончательно получаем оптимальный вариант, в котором на субподряд отдаются работы 1, 3 и 4 суммарного объёма 19 и суммарной стоимостью 13.

Построенные матрицы (рис. 2 - 6) позволяют решить задачу при любом  $b \leq 19$ , применяя второй этап алгоритма. Так, например, при  $b = 12$ , получаем решение, в котором  $x_2 = 1$ ,  $x_3 = 1$ ,  $C=7$ .

Рассмотрим один частный случай задачи, для которого удаётся получить эффективный метод решения. Пусть имеется  $m$  проектов, каждый из которых состоит из двух типов работ, выполняемых последовательно, сначала первая, а затем вторая. Все работы первого типа выполняются одной группой проектировщиков (или одним проектировщиком). Поэтому они не могут выполняться одновременно. Для выполнения работ второго типа имеется достаточное количество специалистов. Поэтому они могут вестись параллельно. Обозначим через  $a_i$  продолжительность работы первого типа для проекта  $i$ , через  $b_i$  - продолжительность работы второго типа для проекта  $i$ . Рассмотрим сначала случай, когда ни одна работа не отдаётся на субподряд.

Определим очередность выполнения работ первого типа, минимизирующую время выполнения всех работ. Для рассматриваемого случая оптимальное решение получается по следующему правилу: **работы выполняются в очередности убывания  $b_i$** .

Рассмотрим численный пример. Имеются пять проектов. Значения  $a_i$  и  $b_i$  приведены в табл. 2.

Таблица 2

<b>i</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>a<sub>i</sub></b>	5	6	3	4	9
<b>b<sub>i</sub></b>	25	20	18	16	9

Заметив, что проекты пронумерованы по убыванию  $b_i$ , вычисляем продолжительность выполнения всех проектных работ:

$$T_{\min} = \max_{j=1,m} \left( \sum_{i=1}^j a_i + b_j \right) = \max(30;31;32;34;36) = 36$$

Рассмотрим следующую задачу: определить множество работ первого типа, отдаваемых на субподряд, так, чтобы все проекты были выполнены за время  $T$ , и стоимость субподрядных работ была минимальной. Далее без ограничения общности будем предполагать следующее условие:

$$\tau_i + b_i \leq T, \text{ для всех } i$$

( $\tau_i$  - время окончания выполнения работы первого типа проекта  $i$ ).

Это условие означает, что если работа первого типа проекта  $i$  выполняется на субподряде, то проект будет выполнен за время, не большее требуемого  $T$ . Если это условие нарушается, то очевидно соответствующая работа не может быть отдана на субподряд. Далее примем, что  $T < T_{\min}$ , где  $T_{\min}$  – минимальная продолжительность выполнения всех проектов при условии, что ни одна работа первого типа не отдается на субподряд. Как и ранее, в примере будем предпо-

лагать, что все проекты пронумерованы по убыванию  $b_i$ . Пусть  $R$  – множество проектов, работы первого типа которых не отданы на субподряд. Очевидно, что эти работы должны выполняться в очередности их номеров. Имея это ввиду, обозначим  $x_i=0$ , если работа первого типа проекта  $i$  отдана на субподряд,  $x_i=1$  – в противном случае. На переменные  $x_i$  имеются следующие ограничения:

$$\sum_{j=1}^i x_i a_j + b_i \leq T, \quad i = \overline{1, m}$$

или

$$\sum_{j=1}^i x_i a_j \leq d_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (9)$$

где  $d_i = T - b_i$ .

Задача заключается в определении  $\{x_i\}$  максимизирующих

$$C(x) = \sum_i c_i x_i \quad (10)$$

( $c_i$  – стоимость на субподряде работы первого типа проекта  $i$ ) при ограничениях (9).

Для решения этой задачи применим метод динамического программирования. Для этого рассмотрим декартову систему координат на плоскости (рис. 7).

На горизонтальной оси отмечены номера проектов, а на вертикальной величины  $\sum_{j=1}^i x_i a_j$ . Сеть строится следующим образом: из начала координат про-

водятся две дуги в точки  $(0,1)$  и  $(a_1;1)$ , если  $a_1 \leq d_1$ . Первая дуга соответствует тому, что работа первого типа проекта  $1$  отдана на субподряд, а вторая тому, что эта работа не отдана на субподряд.

Из каждой полученной точки также проводятся две дуги, соответствующие двум возможным вариантам для проекта  $Z$  (работа первого типа либо отдана на субподряд, либо не отдана). Так, из точки  $(0;1)$  получаются две точки  $(0;2)$  и  $(a_2;2)$ , если конечно  $a_2 \leq d_2$ . Соответственно из точки  $(a_1;1)$  получаются две точки  $(a_1;2)$  и  $(a_1+a_2;2)$ , если  $a_1+a_2 \leq d_2$ . Продолжая таким образом, получаем сеть (см. рис. 7). Эта сеть тесно связана с допустимыми решениями задачи (9), (10). А именно каждый путь сети, соединяющий начальную вершину с одной из конечных, определяет некоторое допустимое решение задачи. Верно и обратное, каждому допустимому решению задачи соответствует некоторый путь в сети, соединяющий начальную вершину с одной из конечных. На рис. 7 изображена сеть для случая  $T = 26$ .

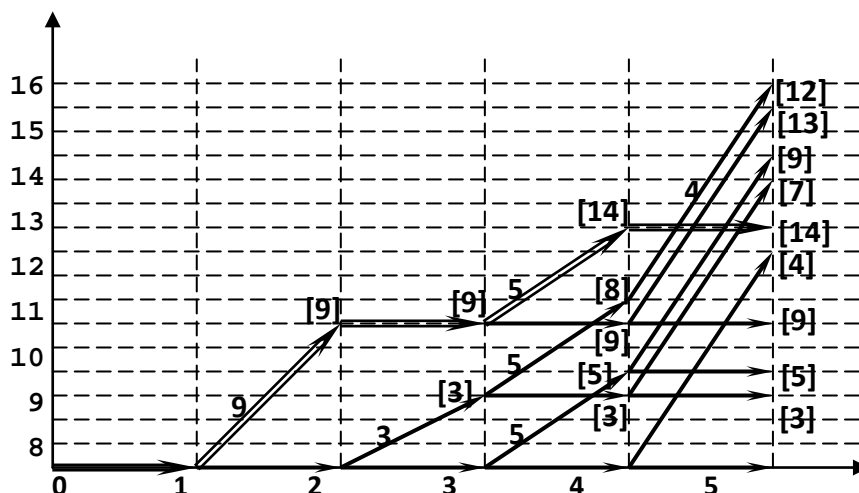


Рис. 7

Примем длины горизонтальных дуг равными  $0$ , а длины наклонных - стоимости соответствующих работ на субподряде. В этом случае длина любого пути, соединяющего начало координат с одной из конечных вершин сети равна разности суммарной субподрядной стоимости всех работ и стоимости работ, передаваемых на субподряд для соответствующего решения. Таким образом, решение задачи свелось к определению пути, соединяющего начальную вершину с одной из конечных и имеющего максимальную длину. Стоимости субподрядных работ указаны у наклонных дуг на рис. 7. Путь максимальной длины выделен толстыми дугами. Этому пути соответствует решение, в котором на субподряд передаются работы 1, 3 и 5.

### ЗАДАНИЕ

1. Проект состоит из 8 независимых работ. При этом считается, что зависимость скорости работы  $w_i$  от количества ресурсов  $u_i$  имеет следующий вид:  $w_i = u_i$ ,  $i = \overline{1,8}$ . Рассматривается один вид ресурсов, его производительность  $N$  единиц объёма на единицу времени указана в табл. 5. Объёмы  $W_i$  каждой работы  $i$ , а также стоимость  $c_i$  передачи её на субподряд также приведены в таблице. Требуется выяснить, какие работы необходимо передать на субподряд, чтобы проект завершился за время, не большее  $T_1$ , а стоимость работ, переданных на субподряд, была минимальна.

2. Пусть имеется  $8$  проектов, каждый из которых состоит из двух типов проектных работ, выполняемых последовательно, сначала первая, а затем вторая. Все работы первого типа выполняются одной группой проектировщиков (или одним проектировщиком). Поэтому они не могут выполняться одновременно. Для выполнения работ второго типа имеется достаточное количество специалистов. Поэтому они могут вестись параллельно.  $a_i$  - продолжительность работы первого типа для проекта  $i$ ;  $b_i$  - продолжительность работы второго типа

для проекта  $i$  и  $c_i$  - стоимость передачи работы первого типа проекта  $i$  на субподряд. Требуется определить проекты, работы первого типа которых передаются на субподряд так, чтобы стоимость субподрядных работ была минимальна, а все 8 проектов были завершены не позже момента времени  $T_2$ .

Номер варианта		Номер работы (проекта)								N	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	$w_i$	78	54	66	66	72	24	60	78	6	43	35
	$a_i$	11	15	13	12	3	2	2	8			
	$b_i$	37	27	17	11	9	6	4	3			
	$c_i$	40	32	48	49	18	12	29	32			
2	$w_i$	24	56	8	8	20	8	32	56	4	36	24
	$a_i$	2	2	6	3	3	8	2	1			
	$b_i$	54	33	20	15	13	10	8	6			
	$c_i$	10	18	5	5	9	3	20	21			
3	$w_i$	78	24	18	72	54	60	78	60	6	44	50
	$a_i$	4	13	11	11	14	3	9	5			
	$b_i$	94	64	44	32	21	13	8	5			
	$c_i$	23	17	7	23	38	17	32	29			

4	$w_i$	108	36	117	63	45	90	36	108	9	43	54
	$a_i$	3	9	14	14	6	2	10	13			
	$b_i$	86	61	50	43	28	23	14	10			
	$c_i$	63	15	65	21	29	44	23	36			
5	$w_i$	27	6	30	9	9	21	6	27	3	23	44
	$a_i$	7	9	13	8	3	8	9	11			
	$b_i$	112	97	64	42	35	25	17	12			
	$c_i$	16	3	19	5	7	6	4	17			
6	$w_i$	88	64	80	104	104	8	40	16	8	41	24
	$a_i$	7	3	8	4	2	10	4	1			
	$b_i$	52	35	29	23	18	13	10	7			
	$c_i$	55	31	44	57	38	2	12	4			
7	$w_i$	110	80	100	20	100	20	150	110	10	41	61
	$a_i$	15	10	12	4	12	8	8	2			
	$b_i$	73	63	40	27	20	16	13	9			
	$c_i$	56	50	32	10	75	7	88	31			

8	$w_i$	28	14	28	8	10	26	8	10	2	44	55
	$a_i$	8	2	14	3	12	8	7	2			
	$b_i$	128	81	71	48	43	33	22	14			
	$c_i$	10	8	14	5	3	13	4	3			
9	$w_i$	52	48	44	12	8	20	20	36	4	33	42
	$a_i$	8	6	4	4	5	1	10	14			
	$b_i$	124	85	56	46	29	19	15	14			
	$c_i$	14	34	23	8	2	8	11	22			
10	$w_i$	112	56	48	64	24	88	56	24	8	36	30
	$a_i$	4	8	3	11	4	5	3	11			
	$b_i$	54	37	26	19	15	11	9	6			
	$c_i$	61	22	31	43	13	55	32	12			
11	$w_i$	32	48	28	44	36	56	24	40	4	39	44
	$a_i$	11	8	12	7	1	7	10	3			
	$b_i$	101	79	67	42	29	20	14	11			
	$c_i$	16	26	16	25	26	39	12	13			
12	$w_i$	108	90	117	45	63	99	27	45	9	37	36
	$a_i$	12	8	4	13	11	14	5	2			
	$b_i$	17	14	12	11	7	6	4	3			
	$c_i$	41	54	58	14	26	69	17	12			

13	$w_i$	72	108	27	126	63	108	27	72	9	40	49
	$a_i$	8	6	14	15	4	3	10	4			
	$b_i$	95	67	43	28	24	15	11	8			
	$c_i$	47	80	19	74	29	70	16	49			
14	$w_i$	70	20	20	20	45	20	20	55	5	35	60
	$a_i$	13	9	12	12	4	11	6	11			
	$b_i$	124	96	74	50	33	25	22	15			
	$c_i$	37	14	5	5	18	7	6	30			
15	$w_i$	21	15	36	21	12	24	33	3	3	41	42
	$a_i$	11	10	7	10	14	9	10	4			
	$b_i$	34	31	21	13	8	7	5	3			
	$c_i$	8	8	16	10	5	17	24	2			
16	$w_i$	96	24	16	64	112	88	64	16	8	44	36
	$a_i$	3	10	8	10	8	2	3	6			
	$b_i$	55	36	23	19	16	10	8	5			
	$c_i$	30	15	8	24	53	32	39	10			
17	$w_i$	64	8	64	16	24	72	104	32	8	34	58
	$a_i$	11	11	6	8	14	10	14	1			
	$b_i$	75	63	48	30	25	18	11	7			
	$c_i$	46	6	37	10	14	46	49	10			
18	$w_i$	56	105	35	84	63	14	42	98	7	39	42
	$a_i$	9	6	11	3	7	14	7	5			
	$b_i$	22	18	13	8	6	5	4	3			
	$c_i$	39	40	15	57	38	6	29	73			
19	$w_i$	14	105	49	14	56	91	49	105	7	45	43
	$a_i$	13	4	15	1	4	5	6	9			
	$b_i$	125	91	63	49	41	35	23	15			
	$c_i$	8	60	35	6	31	57	26	75			
20	$w_i$	77	63	84	49	56	42	98	49	7	40	39
	$a_i$	4	7	8	12	5	11	7	5			
	$b_i$	79	65	48	30	21	18	12	8			
	$c_i$	33	20	42	14	23	12	42	19			
21	$w_i$	28	70	84	77	42	42	77	21	7	38	49
	$a_i$	2	15	5	8	7	10	13	1			
	$b_i$	82	61	49	33	25	19	14	11			
	$c_i$	18	48	28	53	24	16	42	12			



22	$w_i$	27	6	21	27	9	39	27	9	3	40	46
	$a_i$	4	11	12	11	10	10	3	11			
	$b_i$	65	53	33	23	15	10	6	4			
	$c_i$	8	4	9	15	6	14	7	6			
23	$w_i$	126	18	9	108	117	45	18	126	9	40	40
	$a_i$	6	5	5	9	9	12	1	2			
	$b_i$	79	66	54	37	26	17	13	10			
	$c_i$	87	10	4	70	51	33	6	65			
24	$w_i$	25	70	15	55	40	60	40	40	5	45	38
	$a_i$	8	9	1	14	5	2	8	15			
	$b_i$	138	95	59	38	27	20	15	11			
	$c_i$	18	48	10	31	18	33	30	13			
25	$w_i$	30	42	27	15	36	45	36	33	3	48	53
	$a_i$	11	2	14	12	7	8	8	14			
	$b_i$	92	75	47	35	32	25	19	12			
	$c_i$	18	28	17	7	20	29	16	19			

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определения последовательного и параллельного множества дуг сетевого графика?
2. В каком случае сеть называется агрегируемой?
3. Сформулируйте теорему о величине максимального потока и теорему двойственности для агрегируемой сети.
4. Сформулируйте следствие из теоремы двойственности для агрегируемой сети, а также необходимые и достаточные условия оптимальности потока в такой сети.
5. Как строятся матрицы дихотомического представления в задаче оптимизации субподрядных работ с независимыми работами?
6. По какому правилу получают оптимальное решение в задаче оптимизации субподрядных работ, минимизирующее время выполнения проекта  $Z$ , если он состоит из  $m$  проектов, каждый из которых включает два типа работ (при этом первый тип работ может выполняться только последовательно из-за нехватки ресурсов, а второй тип работ может выполняться параллельно, так как для него собственных ресурсов достаточно)?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания к проведению практических занятий и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 – «Экономика» всех форм обучения, профилей и специализаций содержат краткий обзор основных понятий по теме «Модели строительного производства. Методы организации строительного производства. Сетевое моделирование». Подчеркивается, что строительство – это стохастическая динамическая система, для исследования которой необходимо применять методы исследования операций, позволяющие сформировать близкое к оптимальному, рациональное управленческое решение. В данных методических указаниях описывается одна из моделей формирования производственной программы предприятия, предполагающая передачу части работ на субподряд. По теме приводится краткий теоретический материал, пример определения набора работ, передаваемых на субподряд при условии минимизации дополнительных расходов, приводятся данные для самостоятельного решения и вопросы для самоконтроля. Всем интересующимся более глубоким изучением предмета может быть рекомендовано обращение к литературе, приведенной в конце методических указаний.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курочка П.Н. Моделирование задач организационно-технологического проектирования строительного производства. Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 204 с.
2. Баркалов С.А., Курочка П.Н. и др. Основы научных исследований по организации и управлению строительным производством. В 2-х частях. Воронеж: ВГАСУ, 2002. – 422 с.; 285 с.
3. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Федорова И.В. Исследование операций в экономике. Лабораторный практикум. ВГАСУ, 2006. – 343 с.
4. Баркалов С.А. и др. Основы научных исследований по управлению строительным производством. Воронеж: ВГАСУ, 2011. – 188 с.
5. Рыжевская, М. П. Организация строительного производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67685.html>
6. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51728.html>
7. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Стройгенплан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/51729.html>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Практические занятия и самостоятельная работа по курсу «Организация строительного производства».....	4
Тема практического занятия: «Рациональное размещение работ по времени».....	5
Теоретические основы.....	5
Пример.....	8
Задание.....	13
Контрольные вопросы.....	17
Заключение.....	18
Библиографический список.....	18

# **РАЦИОНАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ РАБОТ ПО ВРЕМЕНИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим занятиям и самостоятельной работе  
по дисциплине «Организация строительного производства»  
для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили)  
всех форм обучения

### **Составители:**

**Баркалов Сергей Алексеевич**

**Курочка Павел Николаевич**

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 19.01.2022.

Уч.-изд. л. 1,3.