

Er. 6.7  
440

TALLINNA  
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI  
TOIMETISED

440

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА

TALLINN

**ТРИ**  
**'78**

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ТРУДА,  
СНИЖЕНИЯ  
СЕБЕСТОИМОСТИ  
И УПОРЯДОЧЕНИЯ  
ПЛАНИРОВАНИЯ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



Труды экономического  
факультета XXXII



Ep.6.7

440

**ТРИ  
'78**

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 69.003:658

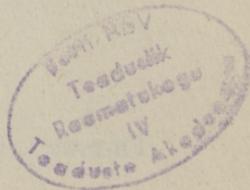
● ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ТРУДА,  
СНИЖЕНИЯ  
СЕБЕСТОИМОСТИ  
И УПОРЯДОЧЕНИЯ  
ПЛАНИРОВАНИЯ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Труды экономического факультета ХХХ11

Таллин 1978

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРУДЫ ТПИ, № 440  
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИ-  
ТЕЛЬНОСТИ ТРУДА, СНИЖЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ И УПОРЯДО-  
ЧЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
Труд экономического факультета ХХХ11  
Редактор П. Леттенс. Техн. ред. Л. Лоопер  
Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 7 декабря 1978 года  
Подписано к печати 31 июля 1978 года. Бумага 60x90/16  
Печ. л. 4,5+ 0,5 приложение. Уч.-изд. л. 3,8  
Тираж 300. МВ-06353  
Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 731  
Ц е н а 60 коп.

© ТПИ, Таллин, 1978



УДК 519.95+330.115

Х. Корровиц

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ СПУ

Практика показывает, что сетевые модели с числом событий 250–300 могут эффективно рассчитываться вручную, и в ряде случаев время подготовки информации для машинного расчета сопоставимо со временем ручного расчета и для задач с распределением ресурсов.

В данной статье рассматривается ручной способ решения задачи календарного планирования в системе СПУ с учетом рационального распределения одного возобновляемого (не-складируемого) ресурса – рабочих. При решении задачи применяются детерминированные ресурсные сетевые модели типа "работы–дуги". В примере используется односетевая модель, но в принципе разработанный ручной способ расчета можно использовать и при многосетевых моделях. Интенсивности потребления ресурса для каждой работы предполагаются постоянными и равномерными, причем в принципе допускаются и перерывы в ведении отдельных работ. В зависимости от принятого критерия оптимальности и характера ограничений задача относится к классу минимизации срока наступления целевых событий при соблюдении заданных ограничений на использование ресурса. В задаче могут быть учтены и ограничения на сроки наступления некоторых контрольных событий.

Для решения задачи календарного планирования применяется алгоритм, в котором время выполнения всей программы разбивается на ряд последовательных промежутков и на каждом промежутке выясняется фронт работ [2]. Границы этих

промежутков определяются началами и концами работ. В каждом промежутке времени все работы, входящие во фронт, упорядочиваются в определенную последовательность в соответствии с принятыми правилами приоритета и в этой последовательности включаются в календарный план, пока не исчерпан наличный ресурс. Остальные работы откладываются, передвигаются до начала следующего промежутка. После этого передвигаются вправо и все технологически последующие работы, увязанные в сетевой модели откладываемыми работами. Таким образом, при решении задачи принимаются локальные решения для каждого промежутка времени без точного учета конечного влияния на срок свершения последнего события.

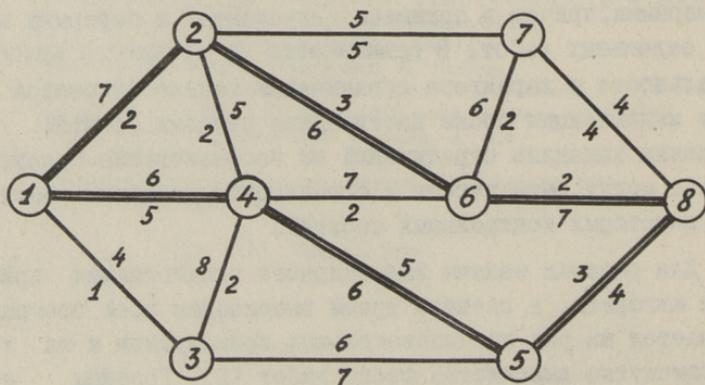
При ручном способе имеется возможность для каждого промежутка времени до принятия решения сравнить несколько вариантов передвигки работ.

После рассмотрения всех промежутков времени получаем первоначальный календарный план, который подлежит улучшению путем "уплотнения ресурса".

В качестве приоритетов используются следующие признаки:

- критичность работ;
- продление начатых работ;
- иногда (особенно в конце программы) продолжительность работ, поточное выполнение работ и т.д.

Остальные работы упорядочиваются по возрастанию полных резервов времени.



Фиг. 1. Сетевая модель.

Необходимо подчеркнуть, что при ручном способе решения задачи календарного планирования с учетом рационального распределения ресурсов имеется возможность использовать разные комбинации приоритетов и упорядочивания работ в каждом промежутке, а также учесть разные ограничения по ресурсам и срокам.

Перейдем теперь к изложению на конкретном примере предлагаемого ручного способа решения задачи календарного планирования с учетом рационального распределения ресурса.

С целью сокращения объема статьи принимаем простую сетевую модель (фиг. 1). Над стрелками работ приведены интенсивности потребления ресурса (количество рабочих), под стрелками — продолжительности работ.

Т а б л и ц а 1  
Расчет сетевого графика

Параметры работ					Параметры работ					Параметры событий		
$i$	$t_{ij}$	$t_{ij}^{(po)}$	$t_{ij}^{(nw)}$	$r_{ij}^{(n)}$	$i$	$t_{ij}$	$t_{ij}^{(po)}$	$t_{ij}^{(nw)}$	$r_{ij}^{(n)}$	Номер события	$T^{(p)}$	$T^{(n)}$
										①	0	0
					1	2	2	0	0	②	2	2
1	5	5	0	0	1	1	1	2	2	3	1	3
2	2	4	3	1	3	2	3	3	2	④	5	5
3	7	8	4	3	4	6	11	5	0	⑤	11	11
2	6	8	2	0	4	2	7	6	1	⑥	8	8
2	5	7	6	4	6	2	10	9	1	7	10	11
6	7	15	8	0	7	4	14	11	1	⑧	15	15
5	4	15	11	0								

Рассчитываем сетевой график (таблица 1) новым табличным способом [3] и определяем значения временных параметров для всех работ.

Далее составляем линейную диаграмму комплекса работ (фиг. 2), в которой начало ( $i$ ) каждой работы совпадает с ранним сроком начала этой работы  $t_{ij}^{(p)}$  или ранним сроком наступления начального события  $T^{(p)}$  работы " $ij$ ". Длина критического пути равняется  $T_{кр} = 15$  дней. Количество работ в сетевой модели  $m = n + \tau = 8 + 6 = 14$  [4].

Под линейной диаграммой покажем график общей суммарной интенсивности потребления ресурса  $\sum \rho_{ij}$  до его распределения (фиг. 2). Видим, что график получается неравномерным.

Составляем таблицу для разработки первоначального календарного плана распределения ресурсов прямым ходом (табл. 2), т.е. до уплотнения ресурса. В первой графе этой таблицы приводим код работ ( $ij$ ), во второй графе — все ранние начала данной работы  $t_{ij}^{(p)}$  после всех передвижек ее направо, в третьей — интенсивность потребления ресурса  $\rho_{ij}$  (количество рабочих), в четвертой — продолжительность работ  $t_{ij}$ , в пятой — полный резерв времени работы  $r_{ij}^{(n)}$  и в шестой по девятнадцатую графах приводим в числителе полные резервы времени до и после передвижки, а в знаменателе — оставшуюся после начала данного промежутка времени продолжительность работ.

До начала распределения ресурса зададим график наличия ресурса. В данном примере предусматривается равномерное использование ресурса рабочих с постоянной интенсивностью  $\Pi = 15$  рабочих в день.

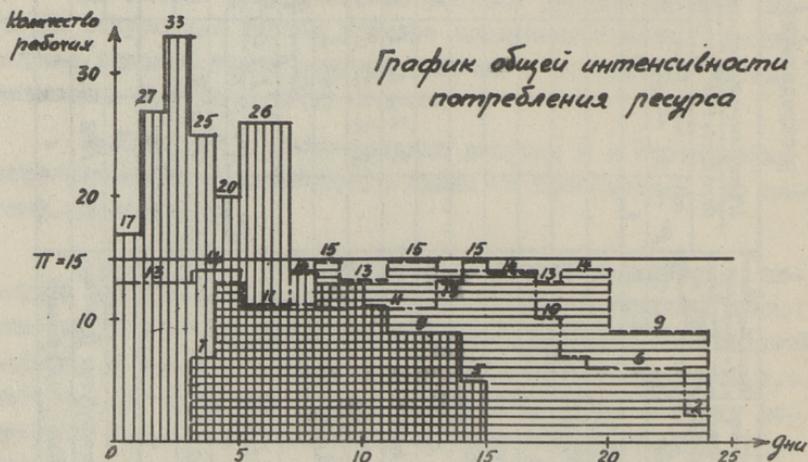
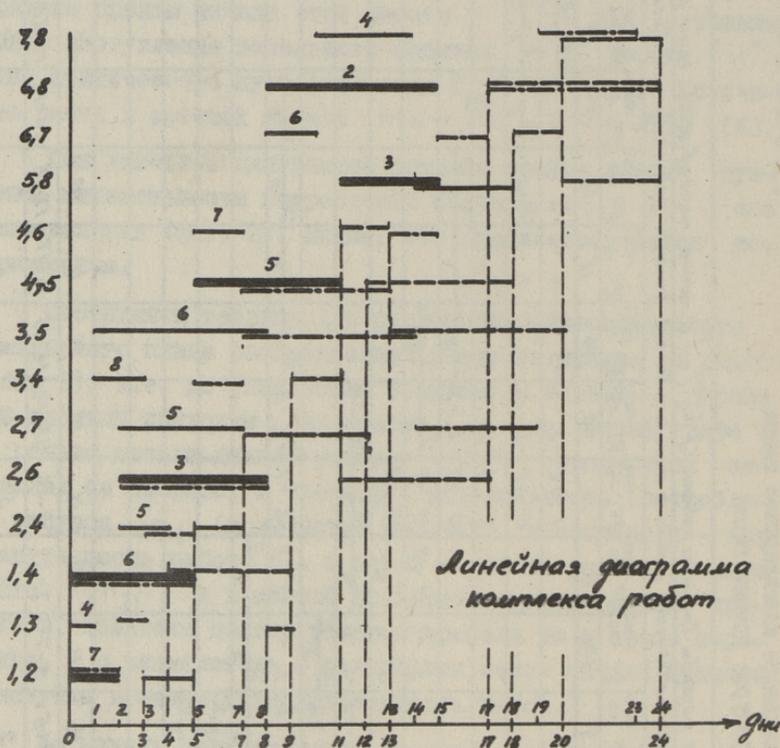
Приступаем к распределению ресурса и к составлению первоначального календарного плана по промежуткам (по шагам) прямым ходом.

Первый шаг. Проектируем на горизонтальную ось линейной диаграммы начала всех работ ( $i, j$ ), начальные события которых ( $i$ ) совпадают с исходным событием (I) сетевой модели, и конец — самой короткой из названных работ, т.е. работы 1,3. Получаем первый промежуток времени между моментами  $\tau_0 = 0$  и  $\tau_1 = 1$ , продолжительностью 1 день. Вписываем этот первый промежуток в предпоследний ряд графы 6 таблицы 2 и его продолжительность в последний ряд этой же графы.

Разработка первоначального календарного плана  
распределения ресурса прямым ходом

Т а б л и ц а 2

Код работ (i, j)	Раннее начало работ ( $t_{ij}$ )	Позднее начало работ ( $T_{ij}$ )	Время работы ( $t_{ij}$ )	Время работы ( $T_{ij}$ )	пос. до		пос. до		пос. до		пос. до		пос. до		пос. до		пос. до	
					ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле	ле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7,8	10,13,14,15, 17,18,19	4	4	1	1	-2	-3	-4	-4	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8
6,8	8,13,14, 15,17	2	7	0	0	-5	-6	-7	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9
6,7	8,13,14	6	2	1	1	-4	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
5,8	11,13,14	3	4	0	0	-2	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
4,6	5,7,8,13	7	2	1	1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
4,5	5,7	5	6	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
3,5	1,2,3,5,7	6	7	3	3	2	1	1	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
3,4	1,2,3,5	8	2	2	2	1	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2,7	2,3,5,7, 8,13,14	5	5	4	4	3	1	1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2,6	2	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4	2,3	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,4	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3	0,1,2	4	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Границы промфутка времени					Σ	13	13	14	11	14	11	13	15	14	10	7	6	2
Продуктивность промфутка					0-1	1-2	2-3	3-5	5-7	7-8	8-13	13-14	14-15	15-17	17-18	18-19	19-23	23-24
					1	1	1	2	2	1	5	1	1	2	1	1	4	1



Фиг. 2. Линейная диаграмма и график общей интенсивности потребления ресурса:

- график до распределения ресурса;
- - - график после распределения ресурса прямым ходом;
- график после распределения ресурса обратным ходом.

Рассматриваем совокупность (фронт) работ, расположенных в линейной диаграмме над этим первым промежутком, т.е. все работы, которые по плану должны выполняться в этом промежутке. В эту совокупность входят все работы  $i, j$ , поскольку для них  $t_{ij} \geq \tau_1$ . В нашем примере сюда входят работы 1,2; 1,3 и 1,4. Выпишем полные резервы времени этих работ 0,2 и 0) в графу 6 ("до", значит до передвижки) в соответствующие этим работам ряды. Далее на вспомогательном листе бумаги присваиваем этим работам номера 1,2 ... в порядке возрастания их полных резервов  $r_{ij}^{(n)}$ , а работам с одинаковыми полными резервами присваиваем номера в порядке убывания их интенсивности ресурса  $\rho_{ij}$ . В нашем примере работы получают следующие номера последовательности их включения в календарный график: 1,2 - 1; 1,4 - 2; 1,3 - 3. Суммируем теперь последовательно в порядке возрастания номеров работ их интенсивности ресурса  $\rho_{ij}$  (количество рабочих). До тех пор, пока получаемая сумма ( $\sum \rho_{ij}$ ) не превзойдет заданную в промежутке 1-2 ( $\tau_0, \tau_1$ ) наличию интенсивности ресурса ( $\Pi = 15$  рабочих), работы оставляем в первоначальном положении и включаем в первоначальный календарный план. В нашем примере такими работами являются 1,2 и 1,4 и  $\sum \rho_{ij} = 7 + 6 = 13 < \Pi = 15$ . Выписываем  $\sum \rho_{ij} = 13$  в третий снизу ряд графы 6 (табл. 2). В знак включения работ 1,2 и 1,4 в первоначальный календарный план подчеркиваем сплошной линией в таблице 2 ряды, соответствующие названным работам, в пределах графы 6. Под линиями отмечаем оставшиеся с начала рассматриваемого промежутка ( $\tau_0 = 0$ ) продолжительности работ, т.е. для работы 1,2 - 2 дня и для работы 1,4 - 5 дней. Поскольку эти продолжительности превышают длину (продолжительность) промежутка 0-1 (1 день), то необходимо работы 1,2 и 1,4 продолжать и в следующем промежутке, для чего продлим вычерченные сплошные линии для этих работ до конца следующего промежутка (графа 7).

Как только для какой-либо работы окажется, что после прибавления потребляемого на ней интенсивности ресурса  $\rho_{ij}$  полученная сумма  $\sum \rho_{ij}$  станет больше наличного  $\Pi = 15$ , то начало этой работы отодвигаем вправо к моменту  $\tau_1 = 1$  день, т.е. к началу следующего промежутка. В нашем примере такой работой является 1,3. В знак передвижки этой работы на один день ( $\tau_1 - \tau_0 = 1 - 0 = 1$ ) вычисляем для нее полный резерв вре-

мени  $r_{1,3}^{(n)'} = r_{1,3}^{(n)} - (\tau_1 - \tau_0) = 2 - 1 = 1$  день и вписываем эту цифру в ряд данной работы в графы 6 (после) и 7 (до).

Теперь следует проверить необходимость передвигки направо последующих работ, исходя из технологических требований сетевого графика. В нашем примере после передвигки работы 1,3 на один день необходимо проверить ранние начала последующих работ 3,4 и 3,5. Из таблиц 1 и 2 выясняется, что  $t_{3,4}^{(рн)} = t_{3,5}^{(рн)} = 1$  день. После передвигки работы 1,3 на один день  $t_{1,3}^{(р0)'} = t_{1,3}^{(р0)} + \tau_1 = 1+1 = 2$  дня.

Следовательно, работы 3,4 и 3,5 необходимо передвинуть на один день и их новые ранние начала равняются

$t_{3,4}^{(рн)'} = t_{3,5}^{(рн)'} = 1 + 1 = 2$  дня. В знак этого передвижения вписываем в таблицу 2 в графу 2 в соответствующие ряды это новое раннее начало для работ 3,4 и 3,5 - 2 дня. Далее также исправляем ранние начала всех последующих работ. В данном примере такой необходимости нет. Этим кончается первый шаг и теперь можно приступить к общему шагу. Как выяснилось, на каждом шагу мы должны как бы повторять расчет сетевой модели с учетом времени. Выясняется также, что при ручном способе решения задачи рационального распределения ресурса такой расчет сетевой модели с помощью таблицы для разработки первоначального календарного плана прямым ходом (табл. 2) осуществить довольно просто.

Общий шаг. Пусть до общего шага проделано в общем случае  $K$  шагов алгоритма ( в нашем примере рассматривается третий шаг, значит  $K = 3$  и границы промежутка  $\tau_k = 2$  и  $\tau_{k+1}$  ) и суммарная интенсивность ресурса  $\sum p_{ij}$ , потребляемого на работах, размещенных над интервалом  $\tau_0, \tau_k$ , не превышает заданного  $\Pi = 15$  рабочих. Действительно, в нашем примере для первого промежутка ( $K=1$ )  $\sum p_{ij} = 13 < \Pi = 15$  и для второго промежутка ( $K=2$ )  $\sum p_{ij} = 13 < \Pi = 15$ . Прежде всего необходимо определить совокупность (фронт) работ в промежутке  $\tau_k = 2, \tau_{k+1}$  и последовательность включения этих работ в календарный план. Переходящих работ (начинающихся раньше момента  $\tau_k = 2$ ) только одна - 1,4. Для определения других работ рассматриваемого фронта необходимо выяснить, какие работы передвинуты в данный промежуток и какие работы имеют раннее начало, равное двум, т.е. для

каких работ  $t_{ij}^{(PH)} = \tau_k = 2$ . Оказывается, что передвинута только одна работа 1,3, а по данным графы 2 (табл. 2)

$t_{2,4}^{(PH)} = t_{2,6}^{(PH)} = t_{2,7}^{(PH)} = \tau_k = 2$ . Значит, во фронт входит в нашем случае всего 5 работ. Для определения последовательности включения этих работ в календарный план необходимо

определять величины их измененных полных резервов  $r_{ij}^{(n)'}$ .

Измененные полные резервы в нашем примере получили работы 3,5 ( $r_{3,5}^{(n)'} = r_{3,5}^{(n)} - (t_{3,5}^{(PH)'} - t_{3,5}^{(PH)}) = 3 - (2 - 1) = 2$ ) и 3,4

( $r_{3,4}^{(n)'} = r_{3,4}^{(n)} - (t_{3,4}^{(PH)'} - t_{3,4}^{(PH)}) = 2 - (2 - 1) = 1$ ). Для работ, ранние начала которых не изменились, т.е.  $t_{ij}^{(PH)'} = t_{ij}^{(PH)}$ , не изменились также полные резервы, т.е.  $r_{ij}^{(n)'} = r_{ij}^{(n)}$ . Таких работ в рассматриваемом промежутке  $\tau_k = 2$ ,  $\tau_{k+1}$  имеется три: 2,4; 2,6 и 2,7. Выпишем полученные полные резервы для названных работ в графу 8 ("до", значит до передвижки).

Теперь на вспомогательном листе бумаги присваиваем этим работам номера в общем случае в порядке возрастания их полных резервов и с учетом учитываемых приоритетов, а работам с одинаковыми полными резервами присваиваем номера в порядке убывания их интенсивности ресурса  $\rho_{ij}$ .

В рассматриваемом промежутке приоритет имеет только раньше начатая работа (1,4) и работы получают следующие номера последовательности включения их в календарный план: 1,4 - 1; 1,3 - 2; 2,6 - 3; 2,4 - 4 и 2,7 - 5.

Дальше действуем аналогично первому шагу и получаем, что оставить в первоначальном положении и включить в первоначальный календарный план необходимо работы 1,4; 1,3 и 2,6. Получаем  $\sum \rho_{ij} = 13$ , которую вписываем в третий ряд снизу в графу 8 (таблица 2).

Дальше действуем опять по первому шагу, но до этого определяем продолжительность промежутка  $\tau_k = 2$ ,  $\tau_{k+1}$ . Оказывается, что минимальную оставшуюся продолжительность один день имеет работа 1,3. Следовательно, продолжительность промежутка равняется тоже одному дню и  $\tau_{k+1} = \tau_k + 1 = 2 + 1 = 3$ .

В том случае, если работы допускают перерывы в своем выполнении и начаты левее  $\tau_k$ , но продолжают еще и после  $\tau_k$ , их части, расположенные правее  $\tau_k$ , рассматриваются как самостоятельные работы, т.е. получают новые

$t_{ij}^{(PH)}$ ,  $t_{ij}$  и  $r_{ij}^{(n)}$ .

Алгоритм прямого хода закончен, если просмотрены все работы и промежутки проекта. Теперь можно под линейной диа-

граммой показать еще график общей (суммарной) интенсивности потребления ресурса ( $\sum \rho_{ij}$ ) после распределения ресурса прямым ходом. Продолжительность выполнения комплекса работ равняется:  $T_n = 24$  дня.

Уплотнение ресурса. Во многих случаях продолжительность выполнения комплекса работ  $T_n$ , вычисленная по вышеприведенному алгоритму, можно сократить путем уплотнения применяемого ресурса. При таком уплотнении просматриваем полученный первоначальный календарный план обратным ходом, т.е. с конца к началу и сдвигаем работы еще слева направо, если это допускают сетевой график и наличие ресурса. Процедуру уплотнения ресурса выполняем в таблице (таблица 3), в которой в первой графе приводятся коды работ "ij", во второй — продолжительности работ  $t_{ij}$ , в третьей — интенсивности потребляемого работой ресурса  $\rho_{ij}$  (количество рабочих), в четвертой — измененные поздние начала работ  $t_{ij}^{(n)}$ , в пятой — минимальное позднее начало работ  $t_{ij}^{(мин)}$  и шестой и т.д. графах — над чертой — интенсивности ресурса работ  $\rho_{ij}$  и под чертой — оставшуюся продолжительность работ до момента конца данного промежутка. Сдвиги осуществляем следующим образом. Прежде всего рассматриваем возможность уплотнения интенсивности ресурса для работ, конечные события которых совпадают с завершающим событием  $n = 8$ . Таких работ три: 7,8; 6,8 и 5,8. Их общая интенсивность потребления ресурса  $\sum \rho_{ij} = \rho_{7,8} + \rho_{6,8} + \rho_{5,8} = 4 + 2 + 3 = 9$  рабочих  $< P = 15$ . Вписываем  $\sum \rho_{ij} = 9$  снизу в третий ряд в графу 6 таблицы 3. Таким образом можно передвигать направо до  $\tau_m = 24$  еще работы 7,8 и 5,8 и включить их в календарный план на последнем промежутке  $\tau_m = 24$ ;  $\tau_{m-1}$ , вычерчивая в таблице 3 сплошные линии для этих работ и еще для работы 6,8 (которая уже оказалась в последнем промежутке на основании первоначального календарного графика, полученного в таблице 2) на этом промежутке. Теперь нужно определить продолжительность последнего промежутка  $\tau_m = 24$ ,  $\tau_{m-1}$ , т.е. определить момент времени  $\tau_{m-1}$ . Для этого запишем под линиями работ 7,8; 6,8 и 5,8 в графе 6 их продолжительности до конца данного промежутка 4 дня, 7 дней и 4 дня. Минимальная продолжительность будет и продолжительность последнего промежутка. Отсюда получаем  $\tau_{m-1} = \tau_m - 4 = 24 - 4 = 20$  дней. Вычисляем  $t_{7,8}^{(n)} = 24 - 4 =$

Разработка окончательного календарного плана  
распределения ресурса обратным ходом

Т а б л и ц а 3

Интенсивности ресурса $S_{ij}$													Интенсивности ресурса $S_{ij}$		Код	
Оставшиеся продолжительности работ до момента конца данной промешутки времени													Т(г) (контр.)	Т(г) (контр.)	наименование работ	наименование работ
17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
													4	4	4	7,8
									2	2	2	17	20	4	4	7,8
									1	3	7	17	20	4	4	7,8
										6		18	20	3	2	6,7
										2		20	20	3	4	5,8
							7					11	11	7	2	4,6
							1					12	12	5	6	4,5
							5					13	13	6	7	3,5
							5					9	9	8	2	3,4
							1					7	7	5	5	2,7
							5					5	11	3	6	2,6
							3					5	5	5	2	2,4
							1					4	4	6	5	1,4
							3					3	7	4	1	1,3
							1					3	3	7	2	1,2
7	13	11	11	15	13	15	15	14	13	14	9	$\Sigma S_{ij}$				
3-4	4-5	5-7	7-8	8-9	9-11	11-12	12-13	13-17	17-18	18-20	20-24	Границы промеш. времени				
1	1	2	1	1	2	1	1	4	1	2	4	Продолжит. промешутка				

$= 20$  и  $t_{5,8}^{(нн)} = 24 - 4 = 20$ . Записываем эти данные в таблицу 3 в графы 6 и 4. Далее вычисляем позднее начало работ 6,8. Получаем  $t_{6,8}^{(нн)} = 24 - 7 = 17$ . Записываем эту величину в графу 4. Далее переходим к определению фронта работ в промежутке  $\tau_{m-1} = 20, \tau_{m-2}$ . Сюда можно включить только работы с конечными событиями 7 и 5 и еще те работы, которые кончаются после момента  $\tau_{m-1} = 20$  и начинаются раньше момента  $\tau_{m-2}$ . Значит, во фронт входят работы 6,8; 6,7; 2,7; 3,5 и 4,5. Самую близкую сумму для общей интенсивности  $\sum p_{ij}$  к пределу  $\Pi = 15$  дают интенсивности потребления ресурса 2,6 и 6 для работ 6,8; 6,7 и 3,5. Значит эти работы нужно включить в календарный план и  $\sum p_{ij} = 2 + 6 + 6 = 14 < \Pi = 15$ . Выпишем под линиями этих работ их оставшиеся продолжительности до момента конца данного промежутка ( $\tau_{m-1} = 20$ ), т.е. 3,2 и 7 дней. Минимальную оставшуюся продолжительность для работы 6,7 (2 дня) определяет продолжительность промежутка  $\tau_{m-2}, \tau_{m-1}$ . Следовательно,  $\tau_{m-2} = \tau_{m-1} - 2 = 20 - 2 = 18$  дней. Выясняется, что в этом промежутке начинается работа 6,7 и ее  $t_{6,7}^{(нн)} = 18$  дней, что и запишем в графу 4.

Продолжая в таком порядке рассматривать первоначальный календарный план и заполняя при этом графу 5 ( $t_{ij}^{(нн)} = T_i^{(н)}$ ), получим окончательный календарный план, продолжительность которого на 3 дня меньше (фиг. 2) продолжительности первоначального календарного плана.

Необходимо отметить, что если при уплотнении ресурса продолжительность выполнения комплекса работ сократится, то имеет смысл аналогично продолжить процесс уплотнения, сдвигая при этом работы влево. Если опять сократится продолжительность выполнения комплекса работ, то процесс уплотнения ресурса можно продолжать.

Проверка правильности разработанных календарных планов состоит в проверке выполнения требований сетевой модели в части последовательности работ, а также в сравнении общей трудоемкости комплекса работ (в нашем примере 257 человеко-дней).

В том случае, если работы допускают перерыв в их исполнении, уплотнение ресурса может быть более эффективным.

## Л и т е р а т у р а

1. Государственный Комитет Совета Министров СССР по науке и технике. Основные положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления (Межотраслевые инструктивно-методические материалы). Издание 3-е, переработанное и дополненное. М., "Экономика", 1974.

2. Зуховицкий С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. М., "Наука", 1965.

3. Корровиц Х.Х. О расчете сетевых графиков табличным способом. - "Тр. Таллинск. политех. ин-та", 1975, № 378.

4. Корровиц Х.Х. Соотношение между количеством ребер и вершин в графах. - "Тр. Таллинск. политех. ин-та", 1974, № 354.

H. Korrovits

### Lösung der Aufgabe zur zweckmäßigen Verteilung einer Ressource im System der Netzplanung der Produktionsleitung

#### Zusammenfassung

Im Beitrag wird eine allgemeinübliche Methode zur Lösung der Aufgabe eines Kalenderplans im System der Netzplanung der Produktionsleitung beschrieben, wobei die zweckmäßigste Verteilung einer Ressource berücksichtigt wird. Ein Beispiel der zweckmäßigen Verteilung von Arbeitskräften wird gebracht.

Die zu lösende Aufgabe gehört zur Klasse der Mindestbestimmung des Termins vom Eintreten des Zielereignisses mit Berücksichtigung der vorgesehenen Beschränkungen bei der Anwendung der Ressource.



УДК 69.05:658.52

Х. Корровиц

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПО СТОИМОСТИ  
ВАРИАНТА ОРГАНИЗАЦИИ ПОТОЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА  
С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННОЙ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

При повышении эффективности строительного производства важное значение имеет определение рационального по стоимости варианта организации и продолжительности строительства объектов поточным методом.

Наибольший эффект дает применение поточного метода при строительстве однородных объектов. В настоящее время строятся в массовом масштабе поточным методом силами домо-строительных комбинатов (ДСК) однородные крупнопанельные жилые дома. Рассматриваем вопрос определения с помощью вариационной сетевой модели рационального по стоимости варианта организации поточного строительства жилых домов силами ДСК.

Типовая методика [1] и инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве [2] рекомендуют при сопоставлении вариантов хозяйственных или технических решений принять показателем сравнительной экономической эффективности капитальных вложений минимум приведенных затрат.

Приведенные затраты представляют собой сумму текущих затрат (в данном случае себестоимости возведения крупнопанельных жилых домов) и единовременных затрат (в данном случае та часть единовременных затрат, которая зависит от концентрации ресурсов и продолжительности строительства, т.е. незавершенное производство и дополнительная потребность основных фондов ДСК), приведенных к одинаковой разности в соответствии с нормативом эффективности:

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i,$$

где  $C_i$  — текущие затраты (себестоимость) по "i" — варианту состоят из прямых затрат и накладных расходов;

$E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (единовременных затрат);

$K_i$  — единовременные затраты по "i" — варианту.

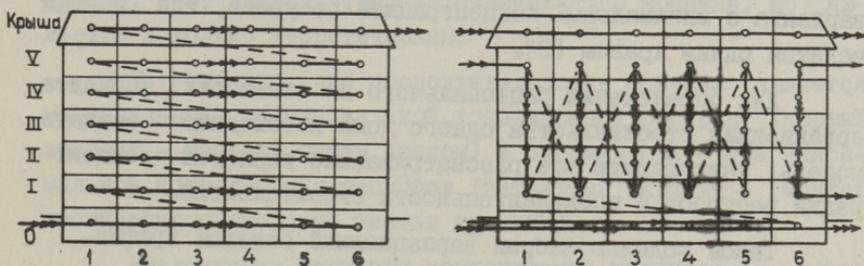
Рациональный по стоимости вариант определяется минимальным значением приведенных затрат.

При сравнении вариантов организации поточного строительства, вариантов разной концентрации ресурсов и продолжительности строительства жилых домов минимальное значение приведенных затрат появляется в общем случае вследствие изменения в разных направлениях величины элементов этих затрат. При увеличении концентрации ресурсов и уменьшении за счет этого продолжительности строительства, вследствие увеличения частоты переходов бригад на новые объекты, увеличиваются прямые затраты на выполнение строительных процессов (частных потоков) и потребность основных фондов (строительных машин). Но одновременно уменьшаются условно-постоянные накладные расходы и стоимость незавершенного строительства по каждому объекту в целом (по объектному потоку).

Для формализации данной задачи необходимо создать соответствующую модель, которая учитывает технологию и организацию возведения крупнопанельных домов поточным методом и позволяет из возможных организационно-технологических вариантов найти оптимальный вариант минимальным значением приведенных затрат.

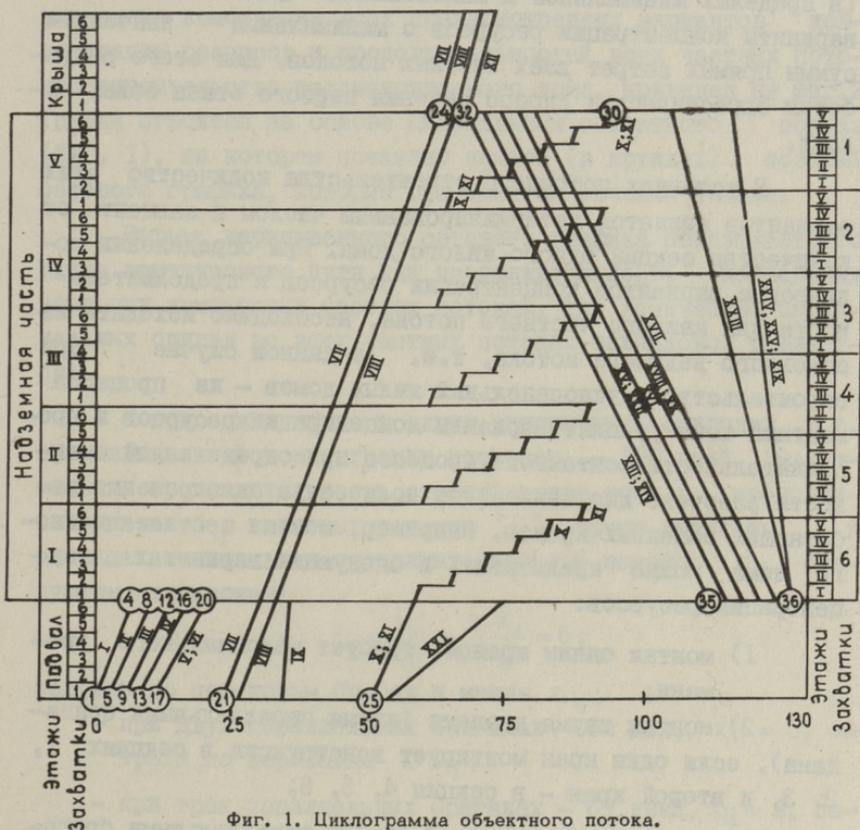
В качестве исходной модели технологии и организации возведения поточным методом одного крупнопанельного жилого дома принята циклограмма объектного потока. Однако циклограмма определяет общий срок строительства одного дома при одном конкретном варианте организации работ и концентрации ресурсов. Обычно циклограмма строится для варианта минимальной концентрации ресурсов.

Для примера на фиг. 1 приведена циклограмма объектного потока возведения пятиэтажного шестисекционного



Схемы движения частных потоков

⇨ при общестроительных работах;      ⇨ при санитарно-технических  
 и электротехнических работах;      ⇨ при отделочных работах.



Фиг. 1. Циклограмма объектного потока.

крупнопанельного жилого дома со схемами движения бригад для варианта с минимальной концентрацией ресурсов, где монтаж ведется одним краном [3].

Для определения рационального по стоимости варианта организации строительства одного дома необходимо создать модель, учитывающую все рассматриваемые варианты концентрации ресурсов и продолжительности строительства.

Такой моделью выбран вариационный сетевой график.

С помощью этой модели на первом этапе определения рационального варианта организации строительства одного дома определяются для нескольких (четырёх-пяти) заданных продолжительностей строительства одного типового жилого дома (в пределах минимальной и максимальной продолжительности) варианты концентрации ресурсов с минимальным значением суммы прямых затрат всех частных потоков. Для этого разработан эвристический способ решения первого этапа общей задачи.

В условиях поточного строительства количество этих вариантов является детерминированным числом и зависит от количества секций одного жилого дома. При определении количества вариантов концентрации ресурсов и продолжительности для каждого частного потока, необходимо исходить из основного ведущего потока, т.е. в данном случае при строительстве крупнопанельных жилых домов — из процесса монтажа конструкций. Варианты концентрации ресурсов и продолжительности монтажного процесса при определенной сменности рабочего дня зависят от количества одновременно работающих башенных кранов. Например, монтаж шестисекционного дома можно представить в следующих вариантах концентрации ресурсов:

- 1) монтаж одним краном, требует максимального времени;
- 2) монтаж двумя кранами (двумя параллельными бригадами), если один кран монтирует конструкции в секциях 1, 2, 3, и второй кран — в секциях 4, 5, 6;
- 3) монтаж тремя кранами (тремя параллельными бригадами), если один кран монтирует конструкции в секциях 1 и 2, второй — в секциях 3 и 4, и третий — в секциях 5 и 6;

4) монтаж шестью кранами (шестью параллельными бригадами), если каждый кран монтирует конструкции в одной секции. Этот вариант требует минимального времени, но является довольно теоретическим.

Естественно, что продолжительность монтажа является максимальной при минимальной концентрации ресурса (первый вариант — монтаж одним краном) и минимальной — при максимальной концентрации ресурсов (четвертый вариант — монтаж шестисекционного дома шестью кранами).

Аналогичные варианты концентрации ресурсов можно представить для всех частных потоков возведения рассматриваемого пятиэтажного шестисекционного крупнопанельного жилого дома.

Вариационный сетевой график, предусматривающий все возможные комбинации всех предусмотренных вариантов концентрации ресурсов и продолжительностей всех частных потоков строительства рассматриваемого дома, приведен на фиг. 2. График строится на основе циклограммы объектного потока (фиг. 1), на котором показаны номера (в кружках) событий сетевого графика, которые оказываются точками увязки.

Расчет вариационного сетевого графика показывает, что длина критического пути или продолжительность возведения дома при ламинарных частных потоках, где количество параллельных бригад во всех частных потоках одинаково, равняется:

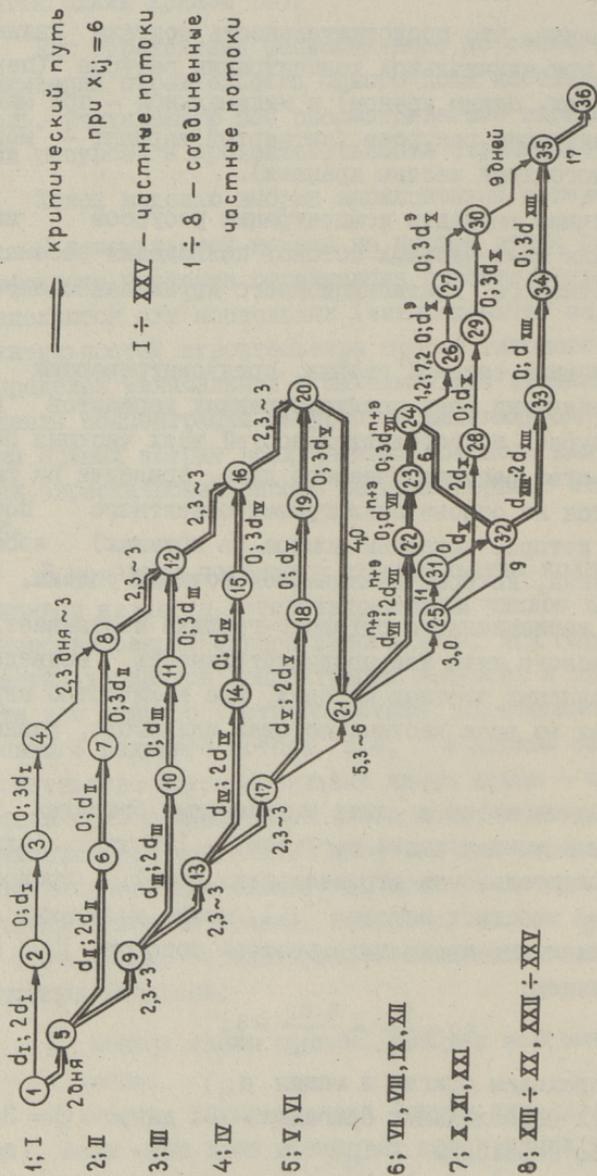
— при одном кране и одних одноименных бригадах, т.е. при минимальной концентрации ресурсов — 130 дней (максимальная продолжительность строительства дома); продолжительность  $t_{ij}$  частных потоков "ij" можно выписать в единицах минимальных продолжительностей потоков  $d_{ij}$  следующим отношением:

$$x_{ij} = \frac{t_{ij}}{d_{ij}} = \frac{6 \cdot d_{ij}}{d_{ij}} = 6;$$

затраты по переходам бригад и машин  $a_{ij}$ ;

— при двух параллельных бригадах — 84 дня,  $x_{ij} = 3$ , затраты по переходам  $2 \cdot a_{ij}$ ;

— при трех параллельных бригадах — 69 дней,  $x_{ij} = 2$ , затраты по переходам  $3 \cdot a_{ij}$ ;



Фиг. 2. Вариантный сетевой график возведения 5-этажного шестисекционного жилого дома.

— при шести параллельных бригадах, т.е. при максимальной концентрации ресурсов — 55 дней (минимальная продолжительность строительства дома),

$$x_{ij} = 1, \text{ затраты по переходам } 6 \cdot d_{ij}.$$

При сравнении вариационного сетевого графика с циклограммой выясняется, что с целью упрощения некоторые частные потоки соединены в работах графика (фиг. 2). Так соединены: частные потоки У и VI; VII, VIII, IX и XIII; X, XI и XII; XIII — XIV и XII—XV в соединенные потоки номеров 5, 6, 7 и 8 вариационного сетевого графика.

Каждый соединенный поток вариационного сетевого графика имеет также четыре значения продолжительности, соответствующие четырем вариантам концентрации ресурсов. Минимальные продолжительности частных потоков следующие:

$d_I = 1$  день,  $d_{II} = d_{III} = d_{IV} = d_V = 1,3$  дня,  $d_{VII}^n = 1,2$  дня (в подвале);  $d_{VII}^a = 5,5$  дней (на этажах);  $d_{VII}^k = 0,7$  дня (крыша);  $d_X = 7,3$  дня,  $d_X^a = 6$  дней (на этажах);  $d_X^n = 1,3$  дня (в подвале);  $d_{XII} = 1$  день,  $d_{XIII} = 7,3$  дня;  $d_{XIII} = 3,7$  дня и  $d_{XIV} = d_{XV} = d_{XVI} = 1,8$  дня. Работы графика, отражающие организационные перерывы, имеют только одно значение продолжительности для всех вариантов концентрации ресурсов.

Идея вышеуказанного эвристического способа нахождения каждого варианта комбинации концентрации ресурсов всех частных потоков минимальной суммой прямых затрат при заданных продолжительностях ( $T_n$ ) строительства дома состоит в следующем. После определения цены сокращения продолжительности для каждого соединенного частного потока вариационного сетевого графика начинаем прибавлять ресурсы частным потокам по нескольким вариантам и сокращать  $T_n$  до следующей заданной величины. Выбираем такой вариант сокращения продолжительности строительства дома  $T_n$ , при котором увеличение суммы прямых затрат минимальное. При этом необходимо сокращать продолжительности всех критических работ, попадающих в одинаковое сечение вариационного сетевого графика.

Покажем детально на нашем примере применение предлагаемого способа.

Прежде всего вычисляем цены сокращения продолжительности (в рублях на один день) для всех соединенных частных потоков вариационного сетевого графика. Получаем следующие цены в рублях на один день соответственно: 1) при переходе с  $x_{ij} = 6$  на  $x_{ij} = 3$ ; 2) при переходе с  $x_{ij} = 3$  на  $x_{ij} = 2$ ; 3) при переходе с  $x_{ij} = 2$  на  $x_{ij} = 1$ .

Для соединенного частного потока № 1: 1) 33,00; 2) 99,00, 3) 297,00

То же № 2: 1) 11,00; 2) 33,00; 3) 99,00;

То же № 3: 1) 27,50; 2) 82,50; 3) 246,50;

То же № 4: 1) 16,50; 2) 49,50; 3) 148,50;

То же № 5: 1) 18,25; 2) 54,75; 3) 164,25;

То же № 6: 1) 37,71; 2) 113,13; 3) 339,40;

То же № 7: 1) 6,41; 2) 19,23; 3) 57,68;

То же № 8: 1) 28,23; 2) 84,68; 3) 254,05.

Дальше выбираем заданные продолжительности строительства одного дома:

$$T_n^{(1)} = 105 \text{ дней}; \quad T_n^{(2)} = 90 \text{ дней и} \quad T_n^{(3)} = 75 \text{ дней.}$$

Теперь можем приступить к нахождению для каждой заданной продолжительности такой комбинации концентрации ресурсов всех соединенных потоков, при которой сумма прямых затрат является минимальной.

Покажем это детально для заданной продолжительности строительства одного дома  $T_n^{(1)} = 105$  дней. Осуществляем расчет вариационного сетевого графика новым, табличным способом [4] и определяем обратным ходом расчета поздние начала работ  $T_{ij}^{nn}$ , полные запасы времени  $r_{ij}^{(n)}$  и поздние сроки свершения событий  $T^n$  при заданной продолжительности строительства одного дома  $T_n^{(1)} = 105$  дней (таблица I).

Выясняется, что на критический путь попадают соединенные частные потоки 2 - 6 и 8, для которых полные запасы времени минимальные и равняются  $r_{ij}^{(n)} = -24,8$  дня.

Значит, для сокращения продолжительности строительства дома до  $T_n^{(1)} = 105$  дней необходимо сократить продолжительность этих критических работ возможно равномерно на ве-

Расчет вариационного сетевого графика  
строительства пятиэтажного шестисекционного крупнопанельного  
здого дома новым, табличным способом

$T_n = T'_{3,6} = 129,8$  дней (130 дней) и  $T''_n = T'_{3,6} = 105,9$  дней

Параметры работ										Параметры событий			
$i$	$t_{ij}$	$T'_{ij}$	$T''_{ij}$	$\pi_{ij}$	$n_{ij}$	$i$	$t_{ij}$	$T'_{ij}$	$T''_{ij}$	$\pi_{ij}$	$N^{\circ}$	$TP$	$T_n$
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	1
						1	2	-24,0	-24,0	-24,0	1	0	-24,8
					2	1	3	-22,0	-24,0	-24,0	2	2	-22,0
					3	3	6	-21,0	-24,0	-24,0	3	3	-21,0
					1	2	2	-24,8	-24,8	-24,8	4	6	-18,0
					5	2,6	4,6	-22,8	-24,8	-24,8	5	2	-22,8
					6	1,3	5,9	-20,2	-24,8	-24,8	6	4,6	-20,2
					7	3,9	9,8	-18,9	-24,8	-24,8	7	5,9	-18,9
4	3	9	-18,0	-24,0		3	5	-22,8	-24,8	-24,8	8	9,8	-15,0
					5	3	7,6	-19,8	-24,8	-24,8	9	5	-19,8
					9	2,6	8,9	-17,2	-24,8	-24,8	10	7,6	-17,2
					10	1,3	12,8	-15,9	-24,8	-24,8	11	8,9	-15,9
8	3	12,8	-15,0	-24,8	11	3,9	12,8	-15,9	-24,8	-24,8	12	12,8	-12,0

Продолжение таблицы I

I3	I2	II	I0	9	8	7	6	5	4	3	2	I
					9	3	8	-19,8	-24,8	I3	I3	-16,8
					I3	2,6	I3	-16,8	-24,8	I4	I4	-14,2
					I4	I,3	I4	-14,2	-24,8	I5	I5	-12,9
I2	3	I5,8	-12,0	-24,8	I5	3,9	I5	-12,9	-24,8	I6	I6	-9,0
					I3	3	II	-16,8	-24,8	I7	III	-13,8
					I7	2,6	I3,6	-13,8	-24,8	I8	I3,6	-11,2
					I8	I,3	I4,9	-11,2	-24,8	I9	I4,9	-9,9
I6	3	I8,8	-9,0	-24,8	I9	3,9	I8,8	-9,9	-24,8	20	I8,8	-6,0
I7	6	I7	-8,0	-19,0	20	4	22,8	-6,0	-24,8	21	28,8	-2,0
					21	I3,4	36,2	-2,0	-24,8	22	36,2	11,4
					22	6,7	42,9	11,4	-24,8	23	42,9	18,1
					23	20,1	63,0	18,1	-24,8	24	63,0	38,2
					21	3	25,8	30,2	7,4	25	25,8	33,2
					24	7,2	70,2	47,8	-15,2	26	70,2	55,0
					26	6	76,2	55,0	-15,2	27	76,2	61,0
					25	I4,6	40,4	35,2	9,4	28	40,4	49,8
					28	7,3	47,7	49,8	9,4	29	47,7	57,1
					29	21,9	69,6	57,1	9,4	30	94,2	79,0
27	18	94,2	61,0	-15,2	25	II	36,8	33,2	7,4	31	36,8	44,2
24	6	69,0	38,2	-24,8	31	0	36,8	44,2	7,4	32	69,0	44,2
25	9	34,8	35,2	9,4	32	I4,6	83,6	44,2	-24,8	33	83,6	58,8
					33	7,3	90,9	58,8	-24,8	34	90,9	66,1
30	9	I03,2	79,0	-15,2	34	21,9	112,8	66,1	-24,8	35	112,8	88,0
					35	I7	129,8	88,0	-24,8	36	129,8	105,9

личину  $\sim 24,8$  дня на всех критических путях. Но это следует делать шаг за шагом с учетом минимального увеличения прямых затрат. Для этого необходимо наметить несколько вариантов и выбрать из них тот, который меньше увеличивает прямые затраты.

I вариант. Минимальную цену увеличения прямых затрат при сокращении продолжительности строительства дома из критических работ имеют те, которые попадают на соединенные частные потоки 2 (11,00 руб/день), 4 (16,50 руб/день), 5 (18,25 руб/день), а затем потоки 3 (27,50 руб/день), 8 (28,23 руб/день) и 6 (37,71 руб/день). Необходимо сократить длину всех критических путей на величину минимального полного запаса времени  $r_{ij}^{(n)} = -24,8$  дня.

Увеличиваем концентрацию ресурсов на критических путях сетевого графика, соответствующих потокам 8 (на 21,9 дня) и 2 (на 3,9 дня). Это значит, что принимаем  $t_{3,4,5} = 0$  и  $t_{7,8} = 0$ . Критические пути соединенных потоков 8 и 2 сокращаются на  $21,9 + 3,9 = 25,8$  дня.

Однако анализ сетевого графика показывает, что для достижения  $T_n^{(1)} = 105$  дней необходимо еще принять:

$$t_{11,12} = t_{15,16} = t_{19,20} = t_{3,4} = t_{27,30} = 0,$$

иначе другие параллельные критические пути не позволяют сократить срок строительства одного дома до  $T_n^{(1)} = 105$  дней или появляются новые критические пути. Такой анализ выполнить "вручную" при некоторых навыках нетрудно, поскольку вариационный сетевой график несложный.

При этом первом варианте точная продолжительность строительства одного дома получается  $T_n^{(1)} = 104,0$  дня и увеличение прямых затрат на 1154 рубля вследствие концентрации ресурсов на соединенных потоках 1-5, 7 и 8 до  $x = 3$  (т.е. две параллельные одноименные бригады).

Значит лишь для соединенного потока № 6 (монтаж конструкции) концентрация ресурсов остается минимальной и  $x = 6$ .

II вариант. Увеличиваем концентрацию ресурсов на критических путях сетевого графика, соответствующих соединенным потокам 6 (на 20,1 дня) и 2 (на 3,9 дня). Эти критические пути сокращаются всего на 24 дня. Это значит,

что принимаем  $t_{7,8} = 0$  и  $t_{23,24} = 0$ . Но по данным I варианта необходимо еще принять:

$$t_{11,20} = t_{15,16} = t_{19,20} = t_{3,4} = 0.$$

Анализ показывает, что сокращение продолжительности потока 6 на 20, I дня (работа 23-24 сетевого графика) не вызывает новых критических путей и не требует сокращения продолжительности параллельных критических путей, потому что их не имеется.

Точная продолжительность строительства одного дома получается  $T_n^{(1)} = 129,8 - 24,0 = 105,8$  дней и увеличение прямых затрат на 1150 рублей вследствие концентрации ресурсов на соединенных потоках I - 6 до  $x = 3$ .

Значит для соединенных потоков 7 и 8 (спецработы и отделочные работы) концентрация ресурсов остается минимальной и  $x = 6$ .

Сравнение обоих вариантов увеличения концентрации ресурсов показывает, что прямые затраты увеличиваются почти в одинаковом размере (I вариант - 1154 рубля и II вариант - 1150 руб.) при сокращении продолжительности строительства одного дома до  $T_n^{(1)} = 105$  дней.

Дальнейшие расчеты и рассуждения по решению первого этапа задачи показывают, что для второй заданной продолжительности строительства одного дома  $T_n^{(2)} = 90$  дней минимальное увеличение суммы прямых затрат (1520 рублей) дает вариант, при котором увеличиваются концентрации ресурсов на соединенных потоках 6, 7 и 8 до  $x = 3$  ( $t_{23,24} = t_{27,30} = t_{29,30} = t_{34,35} = 0$ ).

Точная продолжительность строительства одного дома  $T_n^{(2)} = 90$  дней.

Для третьей заданной продолжительности строительства одного дома  $T_n^{(3)} = 75$  дней минимальное увеличение суммы прямых затрат (2899 рублей) дает вариант, при котором увеличивается концентрация ресурсов на соединенных потоках следующим образом:

поток 6 до  $x = 2$  ( $t_{22,23} = t_{23,24} = 0$ );

поток 7 до  $x = 3$  ( $t_{27,30} = t_{29,30} = 0$ );

поток 8 до  $x = 2$  ( $t_{33,34} = t_{34,35} = 0$ ).

Точная продолжительность строительства  $T_n^{(3)} = 76,4$  дня.

На втором этапе решения данной задачи определения рационального по стоимости варианта организации поточного строительства крупнопанельных жилых домов определяется величина приведенных затрат для заданных сроков строительства одного дома  $T_n$ .

Расчеты показывают, что максимальная величина приведенных затрат в данном примере (строительство пятиэтажного шестисекционного крупнопанельного жилого дома) получается при фактической продолжительности строительства  $T_n = 144$  дня и фактической концентрации ресурсов частных потоков  $x_{ij} = 3$ .

Минимальная величина приведенных затрат в данном случае получается при продолжительности строительства одного дома  $T_n^{(3)} = 76$  дней и при следующей концентрации ресурсов по соединенным потокам: № 1 - 5 при  $x = 6$ , № 6 при  $x = 2$  (три параллельных одноименных потока, значит три крана), № 7 при  $x = 3$  (два параллельных потока) и № 8 при  $x = 2$  (три параллельных потока). Эти данные характеризуют рациональный по стоимости вариант организации поточного строительства в нашем примере.

### Л и т е р а т у р а

1. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., "Экономика", 1969 (Госплан СССР, Госстрой СССР, Академия наук СССР).

2. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве (СН 423-71). М., Стройиздат, 1971 (Госстрой СССР).

3. Авторский коллектив под руководством Х. Корровица. Оптимальная организация строительства крупнопанельных жилых домов. Таллинский политехнический институт, Таллин, 1972 (рукопись).

4. К о р р о в и ц Х.Х. О расчете сетевых графиков табличным способом. "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1975, № 378.

Bestimmen einer der den Kosten nach zweckmäßigsten Variante der Organisation des Fließbandverfahrens mit Hilfe eines Variations-Netzmodells

Zusammenfassung

Im Beitrag wird eine neue Methode zum Bestimmen einer der zweckmäßigsten (Minimalkosten) Variante der Organisation des Fließbandes von Großplatten-Wohngebäuden erörtert.

Ein Variations-Netzmodell wird auf Grund eines Zeitplans des Objektflusses aufgebaut und enthält alle möglichen Kombinationen aller Varianten jeder Arbeitsdauer.

Die Berechnungen werden auf eine gemeinübliche Art getätigt. Berechnungsbeispiele werden dargebracht.

УДК 69:338.45

В.Видюк, А.Выходцев, М.Коппель

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕСУРСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ РАССРЕДОТОЧЕННОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

Дальнейшее усиление интенсификации строительного производства требует более полного использования наличных ресурсов строительных организаций, всемерной экономии живого и овеществленного труда. Выявление резервов, разработка и внедрение конкретных мероприятий по их реализации является важнейшим направлением научных исследований в строительстве.

Строительная организация, как и любая ячейка материального производства, предполагает наличие таких элементов, как средства труда, предметы труда и труд, определенным образом связанных между собой в производственном процессе. Поэтому наряду с исследованиями путей интенсификации строительного производства за счет повышения интенсивности использования отдельных элементов (трудовые ресурсы, средства и предметы труда) возникает необходимость изучения комплексного их влияния на конечные результаты производства. Этого требуют взаимобусловленность и тесная связь между указанными факторами, которые зачастую оказывают разнонаправленное воздействие на отдельные показатели деятельности строительных организаций. В настоящее время более детально исследованы пути интенсификации строительного производства за счет отдельных факторов и менее изучено комплексное их влияние на повышение эффективности строительства. Это связано прежде всего с неоднозначностью качественного определения интенсификации строительного производства и отсутствием количественных показателей, точно отражающих ее сущность.

Интенсификация использования ресурсов предполагает достижение более высоких результатов при неизменных объемах

этих ресурсов. При этом количественной мерой ее будет выступать отношение конечного показателя деятельности организации или предприятия к объему используемого ресурса. В строительстве интенсивность использования трудовых ресурсов принята оценивать выработкой, основными фондами - фондоотдачей и т.д. Количественной мерой интенсификации строительного производства также, по нашему мнению, должно выступать отношение конечного показателя деятельности к объему всех ресурсов, использованных в производственном процессе. Поэтому мы не разделяем точку зрения авторов (например, [1]), рекомендующих определять показатель интенсификации строительного производства только по использованию трудовых ресурсов, как отношение расчетной интенсивности за отдельный период к ее максимальной величине. Такой показатель интенсификации, в основу определения которого заложен только один элемент производства (трудовые ресурсы), не позволяет комплексно оценить воздействие всех элементов производительных сил и организационно-технологического уровня соединения их в производственном процессе на эффективность строительного производства. В условиях научно-технического прогресса и всемерной индустриализации строительства рост объемов производства "... становится менее зависимым от рабочего времени и от количества затраченного труда, чем от мощи тех агентов, которые приводятся в движение в течение рабочего времени" ...<sup>1</sup> Это высказывание К.Маркса означает, что интенсификация строительного производства на каждом этапе его экономического развития должна осуществляться путем более эффективного использования всех ресурсов производства, производительную силу которых можно оценить производственной мощностью строительной организации.

Тогда, оценивая результат работы строительной организации объемом строительного-монтажных работ, выполненных собственными силами, показатель интенсификации строительного производства ( $K_u$ ) может быть определен по формуле:

$$K_u = \frac{Q}{M}, \quad (I)$$

<sup>1</sup>К.Маркс и Ф.Энгельс. Соч., т. 46, ч. II, с. 213.

где  $Q$  — годовой объем строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами, тыс.руб;  
 $M$  — годовая мощность строительной организации, тыс.руб.

Экономическая сущность показателя интенсификации строительного производства адекватна понятию коэффициента использования производственной мощности строительной организации.

В приведенных исследованиях величина производственной мощности строительной организации была определена на основании статистических данных о работе межколхозных строительных организаций Полтавской области за 1972-1975 годы по формуле:

$$M = Q + \Delta Q, \quad (2)$$

где  $\Delta Q$  — неиспользованный резерв мощности строительной организации.

Для выявления неиспользованных резервов мощности, по принятым в исследовании строительным организациям, в качестве математического аппарата был использован график Лоренца [2,3]. Исходными данными для решения поставленной задачи послужили интервальные возрастающие ранжированные ряды месячных объемов строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами на протяжении года.

Исходя из сущности решаемой задачи и теоретического обоснования возможностей использования графика Лоренца, неиспользованный резерв производственной мощности строительной организации определяли по формуле:

$$\Delta Q = Q \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — доля невыполненного объема работ в связи с неполным использованием производственной мощности.

Показатель ( $\alpha$ ) можно определить путем построения графика Лоренца или по формуле:

$$\alpha = \frac{50 \sum_{i=1}^n q_i - F_{осм}}{F_{осм}}, \quad (4)$$

где  $q_i$  — месячные объемы строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами, тыс.руб.;

$n$  – количество единиц наблюдения в ранжированном ряду;  
 $F_{осм}$  – площадь 100-процентного квадрата, получаемая в результате построения графика Лоренца.

Так как в основу расчета положены ранжированные абсолютные ряды месячных объемов работ, то формулу для определения можно записать в виде:

$$F_{осм} = \frac{100 \left[ \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{2} + q_1(n-1) + q_2(n-2) + \dots + q_{n-1} \right]}{n}, \quad (5)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – месячные объемы строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами в порядке размещения их в ранжированном восходящем ряду, тыс.руб.

Результаты выполненных расчетов по 34 межколхозным строительным организациям (МСО) Полтавского облмежколхозстроя за 1972–1975 годы показали, что значения коэффициентов использования производственных мощностей колеблются в довольно больших пределах (0,65–0,91). В целом по облмежколхозстрою значение этого показателя в 1972 году составило 0,785, в 1973 году – 0,769, в 1974 году – 0,799 и в 1975 году – 0,806, что указывает на наличие значительных резервов увеличения объемов работ за счет улучшения использования имеющихся мощностей. Расчеты показывают, что в современных условиях развития обследованных строительных организаций увеличение коэффициента использования производственной мощности на 1% способствовало бы приросту объемов строительно-монтажных работ в среднем по облмежколхозстрою на 1,24%.

В дальнейших исследованиях было установлено, что коэффициент использования мощности (показатель интенсификации) в значительной мере зависит от концентрации ресурсов, которая в строительстве проявляется в двух формах:

- сосредоточение ресурсов в отдельных строительных организациях;
- сосредоточение ресурсов в местах создания строительной продукции, т.е. на объектах строительства.

При этом первая форма концентрации ресурсов приводит к укрупнению строительных организаций и, как правило (при установлении рациональных размеров), к повышению эффективности их деятельности, а вторая — к росту интенсивности потребления ресурсов в местах создания строительной продукции и способствует сокращению сроков строительства.

В условиях рассредоточенного строительства преобладающая роль в повышении коэффициента использования производственной мощности межколхозных строительных организаций принадлежит концентрации ресурсов в местах создания строительной продукции. В основу показателя количественной оценки концентрации ресурсов положена интенсивность их потребления на объекте, которая может быть определена как расчетный объем СМР, выполненных на этом объекте за период  $T$ , т.е.

$$q_i = \frac{q_i}{t_i} T. \quad (6)$$

Тогда усредненный расчетный объем строительно-монтажных работ, выполненных по всем объектам строительной организации, можно определить:

$$\bar{q} = \frac{T \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{t_i}}{n}, \quad (7)$$

где  $T$  — анализируемый промежуток времени, месяцев (принято один год);

$q_i$  — объем строительно-монтажных работ, выполненных собственными силами на  $i$ -ом объекте в течение года, тыс.руб.;

$t_i$  — продолжительность работ на объекте в течение года, месяцев;

$n$  — количество объектов, на которых осуществлялось строительство в течение периода  $T$ , шт.

При условии, что объем строительно-монтажных работ на одном объекте равен или больше годовой программы строительной организации ( $Q$ ), т.е.

$$\bar{q} \geq Q, \quad (8)$$

можно говорить о сосредоточенном строительстве. Тогда отношение

$$\frac{Q}{\bar{q}} = N \quad (9)$$

будет характеризовать степень рассредоточенности строительства.

Физическая сущность показателя рассредоточенности заключается в том, что он отражает среднее количество одновременно строящихся объектов на протяжении периода  $T$ .

В дальнейшем было определено влияние уровней концентрации ресурсов в местах создания строительной продукции и рассредоточенности на выработку, фондотдачу и показатель интенсификации строительного производства. Исследование выполнено с применением многофакторного регрессионного анализа. Зависимость между исследуемыми величинами формализовалась производственной функцией вида:

$$y = A x_1^a x_2^b \dots x_n^m \quad (10)$$

В качестве выходных факторов в зависимость включены:

- $B$  — интенсивность использования трудовых ресурсов, (выработка, руб.);
- $\Phi_0$  — интенсивность использования основных фондов (фондотдача);
- $K_u$  — показатель интенсификации строительного производства.

Входными факторами являются:

- $N$  — показатель рассредоточенности строительства;
- $\bar{q}$  — показатель концентрации ресурсов;
- $t$  — фактор времени, введенный с целью отражения влияния технического прогресса, явно не выраженного в модели.

В результате многошагового регрессионного анализа, реализованного на ЭВМ "Минск-22", получены многофакторные уравнения и коэффициенты множественной корреляции, характеризующие зависимость показателей деятельности строительных организаций, работающих в условиях рассредоточенности, от уровня концентрации ресурсов (табл. I).

Т а б л и ц а I  
Уравнения регрессии экономических показателей  
Полтавского колхозстроя

№ п.п.	Уравнения регрессии	Коэффициент корреляции
I.	$B = \frac{1}{144000} \bar{q}^{0,413} t^{4,60} N^{0,21}$	0,587
2.	$\Phi_0 = 554700000 \bar{q}^{0,401} t^{-4,98} N^{0,24}$	0,481
3.	$K_u = 4,255 N^{-0,0972} t^{-1,2748} q^{-0,0095}$	0,423

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что увеличение уровня концентрации ресурсов оказывает значительное влияние на повышение показателей эффективности деятельности сельских строительных организаций. Полученные зависимости можно использовать при установлении и обосновании плановых показателей (выработки, фондоотдачи и коэффициенты использования мощности), а также при анализе производственно-хозяйственной деятельности межколхозных строительных организаций.

#### Л и т е р а т у р а

1. С а т а л к и н К.Н. Производственный потенциал и производительность труда бригад в строительстве. "Экономика строительства", 1976, № 7.

2. П а с х а в е р Б.И. Использование графика Лоренца для измерения уровня концентрации. - "Вестник статистики", 1970, № 2.

3. Х а к к а р а й н е н Н. Измерение резерва мощности с помощью графика Лоренца. - "Вестник статистики", 1976, № 4.

Die Effektivität der Konzentration der Ressourcen  
in den Bedingungen der dezentralisierten Bautätigkeit

Zusammenfassung

Im Artikel wird das Kennziffernsystem für die Beurteilung der Intensivität und Konzentration der Bautätigkeit empfohlen. Mittels Methoden mathematischer Statistik wird der Einfluß dieser Kennziffern auf die Arbeitsproduktivität, Grundfondsquote und der Koeffizient der Produktionsleistung festgestellt.

Die Analyse beruht auf der Basis der Kollektivwirtschaftsbauorganisationen.

УДК 69.007-051.4"313"

С.Отсмаа, Д.Рыбаченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СПЕЦИАЛИСТАХ-  
СТРОИТЕЛЯХ С ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТИ I202 и I72I) В ЭСТОНСКОЙ ССР  
ДО 1990 ГОДА

В настоящее время в ТПИ готовят инженеров-строителей для народного хозяйства по специальностям I202 - инженерно-конструкторы и I72I - инженеры-экономисты. В связи в этом встает вопрос об определении правильных пропорций выпуска одних и других и вообще - потребность строителей с высшим образованием в республике.

Для разработки этих вопросов применяли метод математического моделирования и аналитический метод на основе экспертных оценок и экстраполяции статистических данных.

I. Математическая модель для определения потребности в специалистах-строителях с высшим образованием:

$$X_u(t) = \sum_{i=1}^I W_{ui}(t) y_i(t), \quad (I)$$

где  $t$  - годы запрогнозироваанного периода,  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ ;

$u$  - специальность народного хозяйства;

$i$  - отрасли народного хозяйства,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;

$y_i(t)$  - интенсивность народнохозяйственной деятельности, она может выражаться как объем производства;

$W_{ui}(t)$  - коэффициент прямых затрат на труд, выражаемый степенью использования специальности  $u$  в деятельности  $i$  на единицу интенсивности  $y_i$ ;

$X_u$  - общая потребность в рабочей силе по специальности  $u$ , которую получаем, если суммируем потребности по отраслям народного хозяйства.

Потребность в специалистах по специальности  $u$  в одной отрасли народного хозяйства  $i$  выражается произведением

$$X_{ui} = W_{ui} y_i. \quad (2)$$

Модель (1) пригодна для долгосрочного прогнозирования численности рабочей силы разных специальностей, и исходя из этого можно планировать прием учащихся в высшие и средние специальные учебные заведения.

Коэффициенты  $W_{ui}$  принимаются по статистическим данным прошлых периодов и настоящего времени, которые корректируются с учетом прогнозируемых сдвигов в структуре и изменения производительности труда.

Интенсивности  $y_i$  принимаются по данным долгосрочных перспективных планов, которые в настоящее время составляют уже до конца XX века, т.е. до 2000 года.

По вышеприведенной модели определена потребность инженеров-строителей в ЭССР в 1990 году. Коэффициент  $W_{ui}$  запрогнозирован в его вероятностном верхнем ( $\hat{W}_{ui}$ ) и нижнем ( $\check{W}_{ui}$ ) интервале отклонений.

Т а б л и ц а I  
Прогноз потребности специалистов-строителей с высшим образованием в Эстонской ССР на 1990 год  
(тыс. чел.)

Отрасль народного хозяйства (i)	Специальность (u отрасль)							
	инженеры		экономисты		прочие		всего специалистов	
	$\hat{X}_{ui}$	$\check{X}_{ui}$	$\hat{X}_{ui}$	$\check{X}_{ui}$	$\hat{X}_{ui}$	$\check{X}_{ui}$	$\hat{X}_i$	$\check{X}_i$
1. Строительство	3,6	3,9	0,9	1,0	0,6	0,9	5,1	5,8
2. Прочие отрасли народного хозяйства	20,1	23,9	9,5	11,6	43,3	58,	72,9	93,6
Итого	23,7	27,8	10,4	12,6	43,9	59,0	78,0	99,4

Динамику и сдвиги в структуре специалистов-строителей покажут данные таблицы 2, где запрогнозированные данные сравниваются с соответствующими данными из сборника ЦСУ на 1970 год.

Т а б л и ц а 2

Рост числа специалистов-строителей с высшим образованием по специальностям и сдвиги в его структуре в период 1970-1990 годы

Группа специалистов	Число специалистов (тыс. чел.)		Кратность роста числа специалистов	Структура контингента специалистов (%)		Сдвиг в структуре
	1970 год	среднее запрогнозированное на 1990 г.		1970 год	1990 год	
1. Инженеры	2,571	3,75	1,5	77,0	68,8	-8,2
2. Экономисты	0,317	0,95	3,0	9,5	17,4	+7,9
3. Прочие	0,453	0,75	1,7	13,5	13,8	+0,3
<b>Итого</b>	<b>3,341</b>	<b>5,45</b>	<b>1,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

В сравнении с 1970 годом сдвиги в структуре контингента специалистов-строителей происходят в пользу экономистов. Их удельный вес повысился с 9,5% в 1970 году до 17,4% в 1990 году или почти в два раза. В связи с усложнением управления и организации производства прогноз быстрого роста числа экономистов достоверен.

2. Аналитическим методом определяют потребность в специалистах-строителях с высшим образованием по следующей формуле

$$S = (\alpha S_1 + \beta S_2 + \gamma S_3) \cdot \delta \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

- где  $S$  - потребность в специалистах на плановый период;  
 $S_1$  - потребность в специалистах, необходимая для развития отрасли, т.е. на прирост количества должностей, замещаемых специалистами;  
 $S_2$  - потребность в специалистах для замены практиков без специального образования;  
 $S_3$  - потребность в специалистах для возмещения естественного выбытия (уход на пенсию, смерть);  
 $\alpha$  - коэффициент, учитывающий увеличение значения инженерно-технического персонала ( $\alpha = 1,1$ );

- $\beta$  - коэффициент, учитывающий изменение числа практиков, подлежащих замене ( $\beta = 0,7$ );
- $\gamma$  - коэффициент, учитывающий уменьшение смертности и увеличения продолжительности жизни ( $\gamma = 0,95$ );
- $\delta$  - коэффициент, который учитывает разницу между первоначальной запрогнозированной потребностью и действительной потребностью в специалистах

$$\delta_{1202} = 1,4,$$

$$\delta_{1721} = 0,87;$$

- $\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий изменение соотношения в потребности специалистов по специальностям I202 и I721.

1971-1980 годы

$$\varepsilon_{1202} = 0,82,$$

$$\varepsilon_{1721} = 0,18;$$

1981-1990 годы

$$\varepsilon_{1202} = 0,7;$$

$$\varepsilon_{1721} = 0,3.$$

Полученные по формуле (3) данные приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Потребность в специалистах по специальностям  
I202 и I721

(чел.)

Период годы	Специ- аль- ность	Общая потреб- ность  S	В том числе			Окон- чили ТПИ	Тре- бует- ся по данном плано- вого компи- тета
			на при- рост ко- личества должнос- тей	на воз- мещение естест- венного выбоятия	на за- мену прак- тиков		
1971- -1975	I202	697	224	78	395	228	975
	I721	189	71	9	109	110	
1976- -1980	I202	842	319	129	394	III	I64
	I721	147	22	14	III		
1981- -1990	I202	1489					
	I721	639					

По данным таблицы 3 видно, что для обеспечения потребности в специалистах-строителях народного хозяйства Эстон-

ской ССР следует каждый год, начиная с 1976 года, принимать в Таллинский политехнический институт по специальности I202 - 200 студентов; по специальности I721 - 90 студентов, учитывая при этом, что оканчивают институт 70% принятых.

#### Л и т е р а т у р а

1. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы. М., Политиздат, 1976.

2. Ременников Б.И. Экономические проблемы высшего образования в СССР. М., "Высшая школа", 1968.

3. Мээл М. Прогнозирование народнохозяйственной потребности в специалистах и приема обучаемых в систему специального образования (на примере Эстонской ССР). Автореферат. Институт экономики АН ЭССР, Таллин, 1976.

4. Куль Э., Тоомаспеег Ю. Определенные перспективной потребности в инженерах и экономистах с высшим образованием в народном хозяйстве Эстонской ССР до 1980 года (Рукопись). ТПИ, Таллин, 1969.

5. Рыбаченко Д. Потребность в специалистах-строителях с высшим и средним специальным образованием в Эстонской ССР до 1990 года (Дипломная работа, рукопись). ТПИ, Таллин, 1977.

Die Bestimmung der Anforderung nach Bauingenieuren (die  
Fachrichtungen 1202 und 1721) in der Estnischen SSR bis zum  
Jahre 1990

Zusammenfassung

Die Aufgabe der Bestimmung der Anforderung nach Bauingenieuren in der Estnischen SSR wurde mit Hilfe eines linearen mathematischen Modelles und einer analytischen Methode gelöst.

Dementsprechend müssen jedes Jahr am Polytechnischen Institut in Tallinn in der Fachrichtung 1202 - 200, in der Fachrichtung 1721 - 90 Studenten ausgebildet werden.

УДК 69.003:658.012.2

Ю.Роома, Н.Козырицкая

О НАДЕЖНОСТИ ПРОГНОЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
МОЩНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МЕТОДОМ  
ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Точность и надежность прогнозов при применении любых методов их определения обнаруживается лишь с опозданием, когда период упреждения уже прошел и возможно сравнение с фактическими данными. Поэтому о точности экспериментального среднесрочного прогноза производственной мощности строительных организаций методом экспертных оценок, произведенного в НИИ строительства ЭССР в начале IX пятилетки можно судить лишь в настоящее время.

Первые результаты эксперимента — о надежности краткосрочного прогноза — были обработаны в 1972 году. Результаты были опубликованы в 1974 году [1].

Прежде всего необходимо отметить, что со времени проведения эксперимента структура управления строительством подверглась значительному изменению, что не могло не оказывать влияния на цели эксперимента. В настоящее время в строительстве завершен переход на новую систему планирования, управления и материального стимулирования. В связи с этим основной хозяйственной единицей с правами социалистического предприятия становится трест. Все основные функции по распределению плановых заданий и материально-технических ресурсов т.н. первичным строительным подразделениям сконцентрированы в аппарате треста.

Таким образом потеряла свое прежнее значение одна из основных целей эксперимента: среднесрочный прогноз мощности первичных строительных организаций.

Основными целями эксперимента, исходя из условий в управлении строительством в настоящее время, являлись:

- оценить надежность среднесрочного прогноза мощности треста в целом;
- оценить сравнительную компетентность экспертов, занимающих различные должности или находящихся на различных уровнях управления;
- оценить эффективность различных способов обработки экспертных оценок.

Анкеты с экспертными оценками обрабатывались тремя способами:

- "А" — с учетом компетентности экспертов [I] без цензурирования;
- "Б" — с учетом компетентности экспертов с цензурированием;
- "В" — без учета компетентности и без цензурирования оценок.

Сравнение эффективности прогнозов производилось также с плановыми заданиями, установленными традиционным способом.

Надежность прогнозов была проверена по точности аппроксимации и по дисперсии.

Т а б л и ц а I

Точность аппроксимации прогнозов по тресту  
(тыс.руб./%)

Варианты	1973	1974	1975
"А"	-972/6,4	-1747/11,6	-2482/16,8
"Б"	-784/5,2	-1336/8,9	-277/1,9
"В"	-1067/7,0	-1857/12,4	-2693/18,2
План	-3694/24,4	-2633/17,5	-2783/18,8

Как видно из данных, приведенных в таблицах, все способы обработки анкет оказались надежными на второй год прогноза (1973 г.), сохранили относительную надежность (ошибка аппроксимации около 10%) на третий год (1974 г.), но на четвертый год надежным оказался прогноз лишь по варианту "Б", по которому производилась самая тщательная обработка экспертных оценок.

Таблица 2

## Дисперсия прогнозов по тресту

Варианты	1973	1974	1975
"А"	174,8	534,5	1111,0
"Б"	125,5	521,7	80,0
"В"	203,1	842,6	1208,3
План	2163,3	1069,4	1176,9

Таблица 3

## Точность прогнозов экспертов различных уровней управления

Эксперты	1973		1974		1975	
	$y_f$	$\epsilon$	$y_f$	$\epsilon$	$y_f$	$\epsilon$

По мощности треста

Работники Минстроя	15088	163	15011	269	14809	345
" треста	15088	39	15011	133	14809	196
" ЦМК			не оценивали			

По Вырусской ЦМК

Работники Минстроя	2456	242	2332	363	2214	499
" треста	2456	66	2332	149	2214	243
" ЦМК	2456	58	2332	143	2214	318

По Вильяндиской ЦМК

Работники Минстроя	2984	129	2877	229	2855	271
" треста	2984	52	2877	113	2855	117
" ЦМК	2984	230	2877	241	2855	313

По Лайдеской ЦМК

Работники Минстроя	2531	132	2306	333	2420	364
" треста	2531	99	2306	159	2420	130
" ЦМК	2531	122	2306	323	2420	346

 $y_f$  - фактическое значение мощности, тыс.руб. $\epsilon$  - точность аппроксимации  $\epsilon = \frac{1}{n} \sum (\bar{y}_i - y_f)$  тыс.руб.

По полученным данным не удалось обнаружить существенных различий в личных качествах экспертов. Основным признаком компетентности экспертов оказалась занимаемая должность по уровню управления, что видно из данных, приведенных в таблице 3.

Из приведенных данных следует, что во всех случаях точность прогноза у работников треста была выше, чем у работников Минстроя, и в большинстве случаев также выше, чем у работников ПМК. Приведенный расчет показывает резервы повышения точности прогнозов с более тщательным выбором экспертов.

Сравнительная оценка эффективности примененных вариантов обработки анкет была произведена двумя способами.

Одним из способов была оценка меры качества прогнозов, предложенная Г.Тейлом [3]. Коэффициент расхождения

$$v = \frac{\sqrt{\sum (P_t - A_t)^2}}{\sqrt{\sum A_t^2}},$$

где  $P_t$  и  $A_t$  - соответственно предсказанное и фактическое изменения переменной.

Коэффициент  $v = 0$ , если все  $P_t = A_t$  (случай совершенного прогнозирования. Верхней границы коэффициент не имеет). Ниже приводим значения коэффициентов  $v$  по трем вариантам обработки экспертных оценок и по плану:

"А"	$V = 0,135$	"В"	$V = 0,153$
"Б"	$V = 0,087$	План	$V = 0,213$

Приведенные значения коэффициентов  $V$  показывают явное преимущество обработки данных по варианту "Б". Однако для определения значимости разниц в точности прогноза был применен еще критерий Фишера [2].

Из данных таблицы 4 видно, что вариант "Б" существенно превышает точность плана во все рассматриваемые годы, а по сравнению с вариантами "А" и "В" существенная разница в точности прогноза обнаруживается при более дальнем горизонте прогноза.

Низкое качество т.н. традиционного планирования станет еще рельефней, если учитывать, что прогнозы производи-

Определение значимости разности в точности прогноза по критерию Фишера (при вероятности 95%)

Годы	"А" - "Б"		"А" - "В"		"Б" - "В"		"А" - план		"Б" - план		"В" - план							
	F <sub>эмп</sub>	F <sub>кр</sub>																
1973	1,39	3,79	нет	1,16	3,79	нет	1,62	3,79	нет	12,38	3,79	да	17,24	3,79	да	10,65	3,79	да
1974	1,02	3,79	нет	1,58	3,79	нет	1,62	3,79	нет	2,00	3,79	нет	4,05	3,79	да	1,27	3,79	нет
1975	13,9	3,79	да	1,09	3,79	нет	15,1	3,79	да	1,06	3,79	нет	14,71	3,79	да	1,03	3,79	нет

лись в начале пятилетки, а планы "разрабатывались" и спу-  
скались лишь в начале планируемого года.

По результатам эксперимента можно сделать вывод о  
практической применимости метода экспертных оценок для  
определения производственной мощности строительных трестов.

Не повторяя высказанного по вышеприведенным расчетам,  
необходимо все же подчеркнуть важность тщательного выбо-  
ра экспертов и применения более совершенных методов обра-  
ботки экспертных оценок.

### Л и т е р а т у р а

1. Б о р о в и к Ц.Б., С у т т Ю.В., Р о о м а Ю.Я.  
О применении метода экспертных оценок для прогноза произ-  
водственной мощности общестроительных организаций НИИ строи-  
тельства Госстроя Эстонской ССР. Исследования по строитель-  
ству. 1974.

2. Р у м и ш с к и й Л.З. Математическая обработка  
результатов эксперимента. М., "Наука", 1971.

3. Ч е т ы р к и н Е.М. Статические методы прогнози-  
рования. М., "Статистика", 1975.

Ü. Rooma, N. Kozuritskaya

### About Approximity of the Methods of Expert-Questioning for the Forecasting of Productive Capacity of Building Organizations

#### Summary

In the article the results of using the Delphi method  
for forecasting productive capacity of building organiza-  
tions are described.

The data of the basic information have been elaborated  
by different methods. The approximity of the used methods  
has been controlled on factual data.

On the basis of the analysis of different forecasting  
methods and the factual data the best method for the given  
purposes is proposed.

УДК 69.003.658.52

Ю. Роома, Ц. Боровик

СБАЛАНСИРОВАНИЕ ПЛАНОВЫХ ЗАДАНИЙ НА  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ  
СУБПОДРЯДНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ (ССО)

Надежность годовой программы работ генподрядной строительной организации (ГСО) зависит от своевременного сбалансирования планируемых объемов работ с мощностью ГСО. Под мощностью (СО) подразумевается совокупность материально-технических и трудовых ресурсов данной СО, имеющихся в распоряжении строительной организации (СО) в планируемом году в определенные периоды года.

Исходя из приведенного определения мощности можно рассматривать в качестве специфического ресурса и объемы специализированных работ, для выполнения которых привлекаются ССО.

Следовательно, в ходе формирования предварительного варианта годового плана СМР для ГСО в расчеты обоснованности плановых заданий должны быть включены мероприятия по обмену информацией и согласования объемов и сроков работ между ГСО и ССО. При этом необходимо учесть следующее:

1) процесс обмена информацией и согласование должны протекать в короткие сроки, однако с достаточной детальностью;

2) согласование заданий должно производиться одновременно между ССО и всеми ГСО, с которыми данная ССО имеет производственные отношения;

3) детальность информации (номенклатура учитываемых при сбалансировании СМР) должна основываться на единой их классификации как для ГСО, так и для ССО.

В условиях работы Минстроя ЭССР соблюдение отмеченных требований является вполне реальным. В настоящее время применяются системы формирования годовых календарных планов для ГСО на ЭВМ ("А - PLAN" и "ГРАФ"), с помощью которых можно в краткие сроки получить необходимую информацию для составления аналогичных планов ССО.

С помощью анализа устойчивости кооперационных связей между специализированными внешними и внутренними ССО доказывается стабильность производственных отношений между ГСО и ССО в пределах Минстроя ЭССР, что указывает на достаточную замкнутость системы для соблюдения второго условия.

Более подробного рассмотрения требуют принципы и назначение классификатора специализированных работ.

Целью создания классификатора спецработ является создание единой информационной базы для:

- определения производственной мощности ССО;
- определения потребностей в объемах работ по структуре;
- сбалансирования потребности в объемах работ в разрезе сроков выполнения с мощностями ССО.

Для вышеприведенных задач составлен в Минстрое ЭССР специальный классификатор, применяемый для годового планирования спецработ. Приведенный в классификаторе перечень работ вводится в соответствие с классификатором работ, применяемым при разработке КУСТ-ов для системы А-PLAN с некоторым увеличением подробности последнего.

Имеющиеся общесоюзные классификаторы работ (по ЕРЕР и ОКРУС) слишком подробны для целей годового планирования.

Составленный в Минстрое ЭССР классификатор содержит 63 вида специализированных работ, часть которых может выполняться как ГСО, так и ССО, часть только ССО, что и указано в классификаторе.

В классификаторе, составленном для системы А-PLAN, указаны состав работы и нормы потребности и интенсивности основных видов ресурсов, чего, однако, нет еще в классификаторе работ Минстроя ЭССР.

Ниже описывается постановка задачи сбалансирования потребности в ресурсах по заказываемым "спецработам" ССО на стадии согласования проекта годового плана СМР с ГСО.

Предварительный анализ профилей ССО в строительстве Минстроя ЭССР дает основания предполагать, что количество видов спецработ ("объектов") аналогов не превышает по каждой ССО 15. При этом каждая работа ("объект") содержит до четырех стадий, требующих различной технологии и различных комплектов ресурсов, которые потребляются в продолжении данной стадии со стабильной интенсивностью. Максимальное количество групп ресурсов, учитываемых в задаче:

- машины 6,
- основные материалы 12,
- рабочие 6,
- субподрядчики до 4 (для ССО).

Задача решается на подпериоды (кварталы) планируемого года.

Пронормируем работы  $i = 1, \dots, n$ . Индексы групп ресурсов:  $j = 1, \dots, m$ .

Для каждой работы  $i$  составляется матрица норм расхода ресурсов по технологическим и организационным вариантам исполнения:

$$N^{(i)} = \begin{pmatrix} N_{1,1}^{(i)} & \dots & N_{1,j}^{(i)} & \dots & N_{1,m}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N_{k,1}^{(i)} & \dots & N_{k,j}^{(i)} & \dots & N_{k,m}^{(i)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N_{v,1}^{(i)} & \dots & N_{v,j}^{(i)} & \dots & N_{v,m}^{(i)} \end{pmatrix}$$

Каждая строка матрицы представляет собой один из вариантов расхода ресурсов для выполнения единицы  $i$ -той работы.  $k$  - вариант использования ресурсов при  $k$ -той технологии (организации) работы ( $k = I \dots v$ ).

$\bar{E}^{(i)}$  выражает соответствующую эффективность (стоимость) единицы работы при использовании определенного варианта расхода ресурсов. Вектор:  $\bar{E}^{(i)} = (E_{i1}^{(i)}, \dots, E_{iv}^{(i)})$ .

В случае технологически или организационно зависимых работ образуются сводная работа  $i'$ , для которой аналогично составляются соответствующие  $N^{(i')}$  и  $\bar{E}^{(i')}$ , где  $i' > n$ ,  $n \leq i' \leq n'$ .

При сбалансировании и выборе вариантов требуется

$$\min \rightarrow \sum_i \sum_k Q_{ik} \cdot E_k^{(i)},$$

т.е. сбалансирование работ с ресурсами производится в порядке нарастания  $E_k^{(i)}$ .

При этом в случае  $K_j$

$$\sum_i \sum_k Q_{ik} \cdot N_{kj}^{(i)} \leq R_j,$$

а в случае  $Q_i$

$$\sum_k Q_{ik} \geq A_i,$$

$A_i$  - объем  $i$ -той работы в планируемый период;

$R_j$  - прогнозируемое наличие ресурса в планируемый период;

$Q_{ik}$  - объем  $i$ -той работы при  $k$ -ом технологическом варианте.

$$\sum_i \sum_k Q_{ik} \cdot N_{kj}^{(i)} = R_j \pm \Delta$$

в случае  $N_j$ , когда имеется признак дефицитности ресурса.

$\Delta$  - заранее задаваемая малая величина, указывающая, насколько потребление дефицитного ресурса может отклониться от предполагаемого его наличия в планируемый период.

В случае, если при предполагаемом наличии ресурсов ССО и после попыток принятия в расчет всех возможных технологических и организационных вариантов выполнения заказываемых работ сбалансирования не произойдет, то выпечать-

ваются данные по работам, выполнение которых нереально, а также объемы нехватки ресурсов по наиболее и по наименее эффективному вариантам.

Ü. Rooma, С. Borovik

The Balancing of the Building Program of the  
Specialized Assembling Organizations

Summary

In the article the results of the elaborating of the subsystem of Automatized Managing System of Building for specialized assembling organizations are partly described.

The research work has been conducted to improve upon the management and coordination conditions of the Ministry of Building of the Estonian SSR.

A description of the classification of specialized assembling works, economical and mathematical model for balancing the building program are given.



УДК 69.003:658.012

С.Докелин, Х.Пост

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕТОДИКИ  
ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ЗАТРАТ ТРУДА И ОСНОВНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОЧИХ  
В РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Проблема повышения эффективности капитальных вложений решается не только на различных стадиях инвестиционного процесса, но и на стадии эксплуатации зданий, сооружений, оборудования. От качественного состояния этих основных факторов будет зависеть эффективность не только вложенных в них капитальных вложений, но и средств на их содержание и ремонт. Поскольку работы по капитальному ремонту, в том числе по модернизации зданий и сооружений, осуществляются в основном через систему ремонтно-строительных организаций (РСО), то, следовательно, указанная проблема затрагивает повышение эффективности производственно-экономической деятельности этих организаций. Успешность последней зависит от ряда факторов, в числе которых немаловажное значение имеет состояние нормативной базы для планирования деятельности РСО, а также для организации и производства работ по капитальному ремонту зданий и судосооружений.

В Эстонской ССР основной объем капитального ремонта непромышленных зданий выполняется ремонтно-строительными управлениями (РСУ) Министерства коммунального хозяйства (МКХ ЭССР). Кроме подчинения через Республиканский трест, а в настоящее время и Таллинский, Министерству, РСУ подчинены также соответствующим районным или городским НДТ. В указанной системе практически полностью отсутствует нормативная база для планирования основной деятельности РСУ. Восполнение этого пробела было доверено Министерством КХ ЭССР Таллинскому политехническому институту. В рамках этой работы,

с целью выбора наиболее надежной методики для создания системы оперативно-производственных норм по труду и заработной плате ремонтно-строительных рабочих, был подготовлен и проведен эксперимент в Пярнуском РСУ.

Эксперимент вкратце заключается в следующем. По титульному списку объектов годовой производственной программы Пярнуского РСУ были выбраны три объекта комплексного капитального ремонта сметной стоимостью примерно 30 тысяч рублей каждый. В состав объектов вошло 5 деревянных жилых домов IV группы капитальности и надворные подсобные постройки. Продолжительность ремонтных работ по плану соответствовала действующим в системе МХ ЭССР нормативам продолжительности капитального ремонта, устанавливаемым в днях в зависимости от сметной стоимости ремонта.

По каждому объекту, заблаговременно до начала его ремонта, на основе проектно-сметной документации, республиканских каталогов единичных расценок на ремонтно-строительные работы и действующих в республике ЕНП были составлены таблицы-калькуляции с такими расчетными показателями по каждому пункту сметы и виду работ, как сметные прямые затраты и трудоемкость по единичным расценкам, трудоемкость, заработная плата, профессия рабочих и квалификационный состав звена по ЕНП.

После проверки калькуляций по ЕНП работниками РСУ и составления ими некоторых дополнительных расчетов по приемке, подготовке и перемещению материалов на стройплощадке, изготовлению полуфабрикатов, инвентаря, подмостей и т.п., в расчетные таблицы были внесены коррективы. На основании их были составлены сводные показатели в разрезе отдельных видов работ, конструктивных элементов и зданий. Далее на основе изучения существовавшей в РСУ практики совмещения профессий, в том числе на капитальном ремонте жилых домов IV группы капитальности, и с учетом средних показателей по выполнению норм рабочими РСУ различных профессий, а также с учетом выполнения субподрядными организациями по внутреннему и внешнему водопроводу и внутренней канализации, таблицы были пересоставлены в разрезе исполнителей, а в дополнение к нормативной трудоемкости работ определена и плановая.

На основании этих данных получены показатели предполагаемой выработки по отдельным профессиям, а также составлялись совмещенные линейные графики производства работ на объектах с установлением последовательности и сроков выполнения работ и состава звеньев рабочих, обеспечивающих выполнение капитального ремонта объектов в установленные сроки.

Перед началом работ на объекте проводилось визуальный осмотр объекта, ознакомление его жителей с проектом и оценка соответствия проекта и сметы фактическому состоянию объекта. В случае несоответствия, как это было обнаружено на первом же объекте, на комиссию по открытию капитального ремонта объекта, из которого к этому времени жители переселялись на маневренную жилплощадь, были приглашены правомочные представители проектной организации. Комиссия проводила частичное вскрытие конструкций и составляла протокол о готовности объекта к ремонту, в котором, в частности, давались обоснованные рекомендации о необходимых отклонениях от проекта с учетом лимитированных сметной стоимостью общих объемов капитального ремонта. Поскольку при этом, в соответствии с существующей практикой, смета не переделывалась, то в случае необходимости в значительных отклонениях от сметы, а по двум экспериментальным объектам так и было, предварительная проработанная работа в значительной мере теряла свою ценность.

Во время производства работ на каждом объекте велись журналы производства работ, в которых ежедневно указывалось, какие работы, по восстановлению каких конструктивных элементов велись на объекте и каким составом рабочих. К сожалению, в случае имевших место временных переводов рабочих на другие объекты отсутствие их на экспериментальных объектах не всегда фиксировалось. В этих случаях время, отработанное такими рабочими на экспериментальных объектах, определялось путем распределения зафиксированного в табелях фактически отработанного времени по объектам пропорционально нормативному времени, зафиксированному в нарядах, выписанных этим рабочим на работы, выполненные на нескольких объектах.

Ежемесячно на экспериментальных объектах проводился анализ выполненных работ и показателей по труду как на основе актов приемки работ № 2, составляющихся вопреки действовавшим в РСУ расчетам за законченный объект, так и на основе нарядов и табелей на выполненные работы и их исполнителей. При этом в нарядах, на основе введенных шифров, нормативные затраты труда и прямая сдельная зарплата распределялись по видам работ и конструктивным элементам в соответствии со структурой работ, принятой в сметах и в актах по форме № 2. Отдельно учитывались затраты по работам, выполненным за счет накладных расходов. Одновременно проверялось выполнение работ на объектах, согласно плану. В случаях отставания от плана составлялись расчеты потребности в рабочих на время, оставшееся до планового срока ввода объекта в эксплуатацию, и корректировались сроки завершения работ, выполняемых рабочими отдельных профессий.

Капитальный ремонт всех экспериментальных объектов был завершен в срок и оформлен актами Государственной приемочной комиссии. После этого собранный в ходе их капитального ремонта материал был всесторонне проанализирован. Анализу подверглись как производственная, так и экономическая сторона производства. В данной же статье мы остановимся на выводе средневзвешенных показателей по труду.

По каждому виду работ и конструктивному элементу и в целом по дому были определены следующие показатели:

1. Денежная выработка по сметной стоимости работ за фактически отработанный час (руб/чел.час).
2. Денежная выработка по сметной стоимости работ за один нормативный (по единичным расценкам) час (руб/чел.час).
3. Фактическая трудоемкость на единицу сметной стоимости работ (чел.час/руб).
4. Нормативная по ЕНП трудоемкость на единицу сметной стоимости работ (чел.час/руб.)
5. Удельный вес заработной платы (по ЕНП) в сметной стоимости работ (%).

6. Заработная плата (по ЕНиР) за один фактически отработанный час (коп.).

По пяти, а в отдельных случаях по четырем показателям были определены средневзвешенные по объемам работ показатели. Расхождение показателей оценивалось в процентах по формуле:

$$\frac{\sigma_{\text{макс}}}{\sigma_{\text{мин}}} \cdot 100 - 100$$

---

$$2$$

где  $\sigma_{\text{макс}}$  и  $\sigma_{\text{мин}}$  — соответственно наибольший и наименьший показатель ряда.

Наибольшую стабильность показал шестой показатель: указанное отклонение по отдельным видам работ находилось в пределах 1,01...1,13%. Другой показатель по зарплате (пятый) в целом по дому показал отклонение в 7%. Но по пяти видам работ он превысил 20%. Средние по дому показатели выработки и трудоемкости показали тоже несущественное отклонение в пределах 4...8%. Однако по отдельным видам работ отклонение превысило допустимое. При этом несколько более равномерными по видам работ были отклонения по показателям производительности труда, где затраты труда принимались по фактическим данным, а не по нормативам. Сметная стоимость в рассматриваемых показателях применялась как по первоначальной смете, так и по актам формы № 2. Последние показатели оказались более стабильными.

В результате следует рекомендовать для ремонтно-строительных организаций разработку нормативов по труду на основе сметной стоимости работ, определенной по актам № 2, и затрат труда как фактических, так и нормативных, определенных по табелям и нарядам. Нормативы, определенные по нормативным трудозатратам, необходимы для возможности сравнения показателей в различных РСУ, поскольку он исключает влияние уровня выполнения норм.

Установленная на основе эксперимента методика формирования нормативной базы РСУ по производительности труда и заработной плате легла в основу дальнейшей работы по сбору исходной информации в РСУ по капитальному ремонту различных групп зданий.

Über das Experiment zum Bestimmen der Methodik der  
Bildung einer Normenbasis für die Planung des Arbeits-  
aufwands und des grundsätzlichen Arbeitslohns von Pro-  
duktionsarbeitern in Bau- und Reparaturorganisationen

Zusammenfassung

Im Beitrag wird ein Experiment beschrieben, das zur Bildung einer Normenbasis für Arbeitsaufwand und grundsätzlichen Arbeitslohn zur Planung von Produktions- und Wirtschaftstätigkeit, sowie auch der Arbeitsorganisation in Bau- und Reparaturbetrieben des Ministeriums für Kommunalwesen der Estnischen SSR durchgeführt wurde.

Das Experiment wurde im Laufe der Vorbereitung und Erfüllung von Generalreparaturarbeiten an fünf Wohngebäuden gleichen Alters durchgeführt. Es wurden veranschlagte, berechnete, aktierte und tatsächliche Kennziffern der Arbeit und des Arbeitslohns festgestellt.

Auf Grund der Analyse, Berechnung und Bewertung der durchschnittlich erwägten Kennziffern wird die Methodik zur Bildung einer Normenbasis von Kennziffern für verschiedene Reparaturarbeiten vorgeschlagen.

УДК 69.003.658.387.018

С.Докелин, В.Некрасов, Н.Петрова

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА  
РОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ОРГАНИЗАЦИЯХ МИНСТРОЯ ЭСТОНСКОЙ ССР ПО МЕТОДИКЕ  
ЦСУ СССР

В соответствии с решениями XXV съезда КПСС прирост объема строительно-монтажных работ в X пятилетке необходимо полностью обеспечить за счет роста производительности труда в строительстве. По Министерству строительства ЭССР соответствующее задание на период 1976—1980 гг. составляет 26%. К сожалению, в первый год пятилетки запланированная средняя выработка работников на строительно-монтажных работах и в подсобных производствах Минстроая ЭССР не была достигнута. Это обстоятельство еще раз подчеркивает необходимость в знании причин неудовлетворительного положения с ростом производительности труда в крупнейшем строительном ведомстве республики.

Для всестороннего изучения причин низкой выработки и выявления и оценивания резервов для ее роста, на наш взгляд, необходимо комплексное использование имеющегося и дальнейшее развитие арсенала методов анализа производительности труда в строительстве. В "Трудах Таллинского политехнического института" (ТПИ) ранее описывалась применение в строительстве и совершенствование таких методов, как многофакторный регрессионный анализ, методика анализа производительности труда последовательно-целным индексным методом. В данной статье описывается применение еще одного метода по исследованию производительности труда в строительстве.

В 1975 году в Советском Союзе проводилось единовременное обследование по определению влияния отдельных факторов

на изменение производительности труда в строительстве. Проводилось оно по заданию ЦСУ при Совете Министров СССР и по предложенной им же методике. Обследование затрагивало и две организации Министерства строительства ЭССР — Кохтла-Ярвеский и Тартуский строительные тресты.

По договоренности с ЦСУ и Министерством строительства республики ТПИ взял на себя обязанность критически изучить методику, исследовать нормативную базу местных строительных организаций и сопоставить данные обследования, расширив его охват по кругу организаций и глубине, т.е. по строительным управлениям. В соответствии с этим Минстрой предложил провести обследование также и в его двух других городских трестах, причем в разрезе строительных управлений. Необходимыми методическими материалами обеспечил их ТПИ.

В данной статье вкратце рассматриваются результаты проведенного в строительных организациях Минстроя ЭССР исследования по оценке влияния отдельных факторов на рост производительности труда на основе методики ЦСУ СССР, анализа самой методики и состояния расчетной нормативной базы строительных организаций министерства. При этом, в силу ограниченности объема статьи, по анализу в разрезе управлений приводятся только отдельные выводы.

Основной задачей исследования по методике ЦСУ является установление расчетным путем удельного значения отдельных факторов и их групп в достигнутом повышении (в общем случае — в изменении) в строительной организации уровня производительности труда за отчетный год (плановый период).

Факторы влияния в методике сведены в три основные группы.

1. Повышение технического уровня строительного производства.
2. Улучшение организации производства и труда.
3. Изменение объема и структуры строительного-монтажных работ.

По входящим в эти группы отдельным факторам производится расчет снижения или увеличения трудовых затрат рабочих в че-

людей-дней с дальнейшим выводом итоговых изменений по всей группе факторов и пересчетом человеко-дней (по среднему количеству отработанных дней на основном и подсобном производстве) в условное изменение численности рабочих, т.е. фактически изменение трудовых затрат в человеко-годах. По прочим категориям работников изменение численности определяется по сравнению со скорректированной на изменение общего объема строительно-монтажных работ среднесуточной численности персонала за предыдущий год.

С другой стороны, условное изменение численности работников рассчитывается по организации в целом путем вычитания из условной среднесуточной численности работников одного года, рассчитанной по выработке одного работающего предыдущего года, фактической среднесписочной численности работников отчетного года.

Расхождение между общим изменением численности работников по организации и суммарным расчетным изменением и их численности под влиянием трех названных групп факторов балансируется предположительным влиянием каких-то неучтенных "прочих факторов".

На основе рассчитанных вышеописанным способом изменений численности работников в натуральном измерении определяется выраженное в процентах удельное значение как каждой группы, так и отдельных факторов в суммарном изменении трудовых затрат по организации, после чего на основании этих удельных значений общий процент прироста (или снижения) выработки распределяется по тем же факторам.

В нижеследующей таблице I показана номенклатура факторов по трем общестроительным трестам Минстроя, оказавших влияние на изменение производительности труда в 1974 году по сравнению с 1973 годом. Там же по двум показателям оценено значение каждого фактора в достигнутом росте производительности труда. В таблице полностью охвачена номенклатура факторов, по которым в методике предложены табулированные формы расчета изменения численности рабочих (работающих) под влиянием различных факторов, учитывающие особенности расчета по отдельным группам факторов. При этом характерно, что, несмотря на рекомендацию инструкции включать в расчет дополнительные факторы, ни один из трех трестов не восполь-

зовался этой возможностью. Изучение этого вопроса позволило установить следующие причины:

- 1) отсутствие методики расчета;
- 2) косвенное влияние факторов;
- 3) отсутствие нормативов.

Первая причина сводится к тому, что все известные способы расчета изменений трудоемкости в методике ЦСУ учтены. Большого не смогли предложить ни авторы методики, ни тем более, работники строительных организаций.

Т а б л и ц а I

Единовременное обследование влияния отдельных факторов на изменение производительности труда в 1974 году по сравнению с 1973 годом

факторы роста (снижения) производительности труда	Трест Тарту-строй	Кохтла-Ярвский стройтрест	Нарвский стройтрест
I	2	3	4

Повышение технического уровня строительного производства - всего	<u>11,6</u> +1,3	<u>39,2</u> +4,0	<u>-57,6</u> -2,7
в том числе:			
применение сборных железобетонных конструкций	<u>11,6</u> +1,3	<u>8,4</u> +0,9	<u>-7,6</u> -0,4
применение новых эффективных материалов и конструкций	-	<u>22,4</u> +2,3	<u>-53,8</u> -2,5
внедрение передовых методов технологии производства работ	-	<u>0,5</u> +0,04	-
повышение уровня механизации строительных процессов	-	<u>7,9</u> +0,8	-
внедрение более производительных машин и механизмов	-	-	<u>3,8</u> +0,2

Продолжение таблицы I

I	2	3	4
Улучшение организации производства и труда - всего	<u>14,3</u> +1,6	<u>13,4</u> +1,4	<u>30,7</u> +1,4
в том числе:			
изменение размера потерь рабочего времени	<u>10,7</u> +1,2	<u>2,4</u> +0,3	<u>11,5</u> +0,5
изменение размера затрат на исправление брака и переделки некачественно выполненных работ	-	<u>0,1</u> +0,02	<u>7,7</u> +0,4
совершенствование управления строительным производством, централизации служб управления и вспомогательных работ, механизации учетных и вычислительных работ	<u>1,8</u> +0,2	<u>6,1</u> +0,6	<u>11,5</u> +0,5
Изменение размера затрат труда на необъемные работы	<u>1,8</u> +0,2	<u>4,8</u> +0,5	
Изменение объема и структуры строительно-монтажных работ - всего	<u>61,6</u> +6,9	<u>43,6</u> +4,4	<u>100,0</u> +4,7
в том числе			
относительное изменение численности некоторых категорий работников, занятых на строительно-монтажных работах и в подсобных производствах, в связи с изменением объема строительно-монтажных работ	<u>10,7</u> +1,2	<u>9,1</u> +0,9	<u>34,6</u> +1,6
Изменение численности рабочих за счет изменения структуры строительно-монтажных работ	<u>50,9</u> +5,7	<u>34,5</u> +3,5	<u>65,4</u> +3,1

Примечание: в числителе удельное значение факторов в изменении производительности труда; в знаменателе - прирост (+), снижение (-) производительности труда в процентах.

Не включение факторов по второй причине оправдано в том случае, если косвенное влияние фактора уже учтено в результате учета другого, учитывающего и косвенное влияние первого фактора. Если же оно все же не учтено, то, очевидно, причина сведется или к неумению оценить изменения (первая причина) или к отсутствию норматива (третья причина).

Третья же причина является общей болезнью многих строительных организаций. Как мы покажем дальше, даже по учтенным в расчетах факторам в системе Минстроя ЭССР во многих случаях применялись не заслуживающие доверия нормативы.

Обратимся снова к таблице I. В графе "прочие факторы" видим большое расхождение в цифрах. Наименьший процент от достигнутого роста производительности труда не обоснован расчетами в Кохтла-Ярвском тресте - 3,8%, а наибольший в Нарвском - 26,9%. Это результат вышеуказанных недостатков и в первую очередь ненадежной нормативной базы. Здесь позволительно указать на то, что Кохтла-Ярвский трест при первой попытке получил не лучшие, чем у других трестов, результаты. Приведенные же здесь по тресту цифры явились результатом пересмотра той же нормативной базы.

Далее в таблице бросается в глаза чрезмерно большое положительное влияние третьей группы факторов - от 43,6 до 100,0% и, в том числе, за счет изменения структуры работ - от 34,5 до 65,4%.

Проверка указанных показателей показала их ненадежность или даже явную ошибочность, главной причиной явилось опять неблагополучие нормативной базы. Здесь Кохтла-Ярвский трест в частности первоначально воспользовался Ярославскими сборниками укрупненных типовых норм "УТН" и, получив явно не заслуживающий доверия результат, попытался различными приемами получить нормативы, лучше отвечающие характеру объектов и работ в тресте. При этом предположительная точность в пределах  $\pm 15\%$ . Нарвский трест за неимением нормативной базы в значительной степени взял нормативы из примера, приложенного к методике ЦСУ. Тартуский же трест обошелся вообще без расчета трудоемкости работ по нормативам на натуральные единицы измерения, использовав нормативы на единицу сметной стоимости; сопоставление нормативов, при-

нятых различными организациями по тем же работам, показало очень большие расхождения. Это еще раз говорит о низком качестве, если не об отсутствии нормативной базы.

Второй причиной неточности расчетов явилось неправильно учтенный процент рабочих-сдельщиков в общей численности работников. Так, в Тартуском тресте он был принят в размере 92% вместо 77%. Это дало завышение влияния изменения структуры на 14%.

Наведение порядка в определении влияния изменения структуры работ на трудоемкость и в соответствующей нормативной базе имеет большое значение не только при анализе, но и особенно при планировании роста производительности труда. При обеспечении надежности расчетов Минстрой ЭССР сможет при дифференциации заданий по росту производительности труда строительным организациям учитывать изменения в структуре работ.

В отношении изменений в уровня технического прогресса по данным таблицы I строительные организации не в равной степени использовали возможности прогресса.

Наиболее значительного прироста производительности труда добился за счет этой группы факторов Кохтла-Ярвеский трест. Тартуский же трест практически по всем пунктам показал регресс, и если бы не благоприятное изменение структуры работ, то трест вообще бы не имел улучшения показателя выработки в рассматриваемом году.

Данные таблицы красноречиво говорят об отсутствии прогресса как в технологии производства работ, так и в повышении уровня механизации.

По рассматриваемому разделу следует остановиться на следующей ошибке. Так, Кохтла-Ярвеский трест, проведя согласно бланку методики расчеты по применению сборного железобетона по фактору "новые эффективные материалы и конструкции", провел расчеты по эффективности строительства панельных домов вместо кирпичных и крупноблочных. Тем самым он дублировал предыдущие расчеты, очевидно учтя и некоторые другие элементы новизны, правда без учета их применения в предыдущем году, что должно было дать завышенные результаты. Примененная здесь укрупненная форма вообще противопоказана в подобных расчетах.

Принятый в методике ЦСУ метод расчета экономии численности рабочих за счет изменения уровня механизации строительных процессов не учитывает совершенно ни объема соответствующего вида работ в предыдущем году, ни изменения общих годовых объемов строительно-монтажных работ за сопоставляемый период. На наш взгляд это необосновано. Учет изменений в механизации работ возможен по общей схеме, принятой в методике по расчету эффективности других факторов той же группы. Только в этом случае сопоставлять следует не уровни механизации, а объемы соответствующих видов работ, выполняемых механизированным путем.

В части группы факторов, направленных на улучшение организации производства и труда, здесь все в конечном счете сводится к состоянию учета потерь времени, брака и не-объемных работ, а также к учету результатов централизации отдельных служб трестов. Замечаний по расчету и методике в этой части нет.

По тресту "Таллинстрой" был проведен аналогичный анализ в разрезе его шести управлений. Из них только три показали прирост производительности труда. При этом наибольший (21,2%) прирост показало управление, специализированное на промышленном строительстве.

Три управления показали снижение выработки (до 6,6%), в том числе и специализированное управление отделочных работ. Точность расчетов по Таллинстрой выше, чем по рассмотренным выше трестам. Причиной является собственная нормативная база, на разработку которой в течение ряда лет в тресте обращалось серьезное внимание с целью повысить обоснованность стройфинпланов.

В заключение остановимся на основных выводах и предложениях.

Методика ЦСУ СССР в целом заслуживает широкого внедрения в практику строительно-монтажных организаций для ежегодного анализа причин, вызвавших изменения показателя уровня производительности труда.

ЦСУ СССР следовало бы ознакомить строителей с очевидно сделанными обобщениями по проверенному обследованию, запросив предварительно с места проведения обследования их замечания.

После широкого обсуждения и внесения возможных коррективов и, на наш взгляд, дополнением перечня факторов влияния, методика могла бы быть предложена для официального применения по линии ЦСУ СССР.

Однако при установлении срока введения инструкции в действие следовало бы учесть очевидную необходимость в разработке строительно-монтажными организациями надежной нормативной базы, отвечающей специфике их производственной деятельности.

Нормативную базу необходимо создавать на единой методологической основе, воплощение которой в соответствующую методику, очевидно, должно быть в кратчайший срок обеспечено тем же ЦСУ СССР.

Только при наличии нормативной базы, разработанной по единым принципам, но учитывающей местные особенности строительного производства, можно получать сопоставимые результаты.

S. Dokelin, W. Nekrassow, N. Petrowa

Über Untersuchungen des Einflusses einzelner Faktoren auf die Steigerung der Arbeitsproduktivität in Bauorganisationen des Ministeriums für Bauwesen der Estnischen SSR gemäß einer Methodik der Zentralen Statistischen Verwaltung der UdSSR

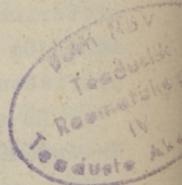
Zusammenfassung

Im Beitrag werden Ergebnisse der Analyse der Steigerung von Arbeitsproduktivität in Bauorganisationen des Ministeriums für Bauwesen nach einzelnen Faktoren beschrieben. Außerdem wird die Methodik selbst, sowie auch die in Baubetrieben angewandte Normenbasis bewertet.

Zu einer breiteren Anwendung dieser Methodik muß jede Bauorganisation über eine eigene Normenbasis verfügen, die jedoch methodologisch einheitlich und gemäß einer gemeinsamen Methodik zusammengestellt ist.

## С о д е р ж а н и е

1. Корровиц Х. Решение задачи рационального распределения ресурсов в системе СПУ. . . . .	3
2. Корровиц Х. Определение рационального по стоимости варианта организации поточного строительства с помощью вариационной сетевой модели	17
3. Кошпель М., Видрик В., Выходцев А. Эффективность концентрации ресурсов строительных организаций в условиях рассредоточенного строительства. . . . .	29
4. Отсмаа С., Рыбаченко Д. Определение потребности в специалистах-строителях с высшим образованием (специальности I202 и I72I) в Эстонской ССР до 1990 года. . . . .	37
5. Роома Ю., Козырицкая Н. О надежности прогнозов производственной мощности строительных организаций методом экспертных оценок. . . .	43
6. Роома Ю., Боровик Ц. Сбалансирование плановых заданий на специализированные работы, выполняемые субподрядными строительными организациями (ССО). . . . .	51
7. Докелин С., Пост Х. Об эксперименте по определению методики формирования нормативной базы для планирования затрат труда и основной заработной платы рабочих в ремонтно-строительных организациях. . . . .	57
8. Докелин С., Некрасов В., Петрова Н. Об исследовании влияния отдельных факторов на рост производительности труда в строительных организациях Министростя Эстонской ССР по методике ЦСУ СССР.	63





Цена 60 коп.