

## **Лекция 7. КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **7.1. Цель и задачи календарного планирования.**

*Цель календарного планирования* – разработка и построение календарного плана производства работ (КППР).

Календарный план производства работ – это проектный документ, устанавливающий технологическую последовательность и определяющий конкретные сроки выполнения работ на объекте строительства.

КППР могут разрабатываться в двух вариантах:

- КППР по ранним срокам их выполнения на объекте. Его обозначают КППР №1;

- КППР по поздним срокам их выполнения на объекте. Его обозначают КППР №2;

Исходными данными для составления КППР служат:

– планируемая календарная дата начала строительства рассматриваемого объекта.

– результаты расчета временных параметров работ на объекте строительства;

- организационная схема работы машин-комплекта на объекте.

Календарное планирование предусматривает решения следующих задач:

- построение календарного плана производства работ на объекте;
- построения графиков поставок основных видов ресурсов на объект строительства, удовлетворяющих требованию КППР;
- анализ графиков поставок ресурсов на объект строительства;
- корректировка КППР по тем видам ресурсов, для которых анализ результатов оказался неудовлетворительным.

### **7.2. Техника и алгоритм построения календарного плана производства работ.**

Рекомендуется следующий алгоритм составления КППР:

Шаг 1. Составляется календарная линейка КППР. Календарная линейка – это специальная шкала, позволяющая увязать известные временные параметры работ сетевой модели с конкретными календарными датами планируемой расчетной продолжительности строительства объекта. Шкала календарной линейки содержит 5 строк (см.

рис7.1).

1	Год строительства	2020										
2	Месяцы	Апрель										
3	Рабочие недели	1					2					
4	Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	$L_{кр}$
5	Календарные даты	6	7	8	9	10	13	14	15	16	...	$D_k$

Рис. 7.1. Форма календарной линейки:

Заполнение календарной линейки, если известен год строительства, начинают со строки 4. В этой строке в выбранном масштабе времени откладывают все рабочие дни строительства рассматриваемого объекта (от 1 до  $L_{кр}$ ). Зная календарную дату первого рабочего дня и используя календарь текущего года строительства, в строку 5 записывают календарные даты каждого рабочего дня (исключая праздничные и выходные дни). Одновременно в строках 3 и 2 отмечают границы рабочих недель и границы месяцев года строительства.

Шаг 2. Под календарной линейкой вычерчивают таблицу специальной формы, в которой будет составляться КППР. У каждой рабочей операции и у каждой принятой машины должна быть выделена отдельная строка. Исключение составляют рабочие операции, выполнение которых запланировано за границами данного объекта. Для этих операций отдельные строки для машин с разными номерами не выделяются.

Шаг 3. Построение КППР всегда начинают с первой рабочей операции (см. рис.7.2). Для этого на сетевом графике производства работ находят начальные и конечные события первой работы. События изображают в виде круга на поле КППР в рассматриваемой строке в соответствии с цифрой. Так как это самая первая работа на объекте событие 1 изображают в начале первого рабочего дня. В этой же строке изображают событие номер события, так же в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе, но размещают его в конце рабочего дня.

Нанесенные события соединяют между собой прямой горизонтальной линией, над которой записывается номер ТЭ, где эта работа будет выполняться. Аналогичным образом, на поле КППР наносят начальное и конечное событие второй работы, затем третьей и четвертой работы и их тоже соединяют прямой горизонтальной линией. Если это «зависимые» работы и их конечные и начальные события соединены ТЗ или ОЗ, то значения левого сектора конечного события предшествующей работы может быть равным значению левого сектора

начального события последующей работы. Это означает, что эти события совмещены во времени. В КППР совмещенные события изображаются двойным кругом, внутри которого в виде дроби записываются их номера. Таким образом, показав в первой строке все события всех работ всех рабочих операций и соединив их прямыми линиями, мы получаем календарный план производства работ первой рабочей операции. Используя пятую строку календарной линейки, мы можем установить календарные даты начала и окончания каждой из этих работ и рабочей операции в целом.

Аналогичным образом производится построение КППР для всех остальных рабочих операций. В результате получаем календарный план производства работ на объекте.

Шаг 4. На КППР переносят те «зависимости» сетевой модели, которые определили место положение на поле КППР начальных событий первых работ для каждой рабочей операции. Так как место положение каждого события определяется цифрой, записанной в левом секторе, то необходимо найти те зависимости, которые определили численное значение левых секторов этих событий (на КППР эти зависимости должны быть вертикальными).

1	Год строительства				2020								
2	Месяцы				апрель								
3	Рабочие недели				1				2				
4	Рабочие дни				1	2	3	4	5	6	7	...	$L_{кр}$
5	Календарные даты				6	7	8	9	10	13	14	...	$D_x$
№ раб. опер	Наименование рабочих операций	Машины			Поле календарного плана производства работ								
		Мар ки	Кол- во	№									
1													
2													
3													
...													

Рис 7.2. Календарный план производства работ

Шаг 5. На КППР выделяются критические (главные) работы на объекте, т.е. те работы, у которых  $R_{i,j}^n = R_{i,j}^c = 0$ .

Шаг 6. Под КППР вычерчивается шкала временных интервалов. Временные интервалы – это отрезки рабочего времени, на которые разбивается планируемая расчетная продолжительность строительства в соответствии с принятым вариантом организации производства работ на объекте. Временные интервалы отличаются друг от друга продолжительностью; количеством выполняемых работ; количеством рабочих и необходимых ресурсов. Шкала временных интервалов

состоит из 5 строк (см. рис.7.3).

4	Разравнивание отвалов (левый бермы)	ДЗ-110	1	№6					
1	Номера временных интервалов				1	2	3	...	n
2	Продолжительность интервалов ( $t_i$ ), раб.дн.				$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_n$
3	Количество «работ» в интервале								
4	Количество рабочих								
5	Количество машин								

Рис 7.3. Шкала временных интервалов.

Заполнение строк шкалы временных интервалов производится в следующем порядке:

- все события КППР сносят вертикально вниз на шкалу, образуя границы временных интервалов;
- полученные интервалы нумеруют от 1 до n (строка 1);
- по строке 4 календарной линейки определяют продолжительность каждого временного интервала и заполняют строку 2;
- для каждого интервала по КППР определяют количество работ в интервале (строка 3), количество рабочих (строка 4) и количество машин (строка 5).

Для заполнения строк 3, 4, 5 необходимо на КППР найти и подсчитать количество горизонтальных линий, соединяющих нанесенные события. Зная, сколько рабочих должно выполнять каждую из найденных работ (согласно нормы численности), определяют общее количество рабочих для рассматриваемого интервала. Зная, какие из найденных работ являются механизированными, определяют количество машин для рассматриваемого интервала.

После построения календарного плана работ делают выводы:

- полученное количество временных интервалов;
- номер временного интервала и календарные даты его границ, в которых необходимо выполнить максимальное количество работ;
- номер интервала, в котором требуется максимальное количество рабочих на объекте и календарные даты границ этих интервалов;
- номер интервала, в которых требуется максимальное количество машин и календарные даты границ этих интервалов.

### 7.3. Алгоритм построения графика поставок рабочей силы на объект строительства и его анализ.

На основании КППР строят график поставки на объект строительства трудовых ресурсов (рабочей силы). График строят в прямоугольной системе координат (см. рис. 7.4). По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. По оси ординат – количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта.

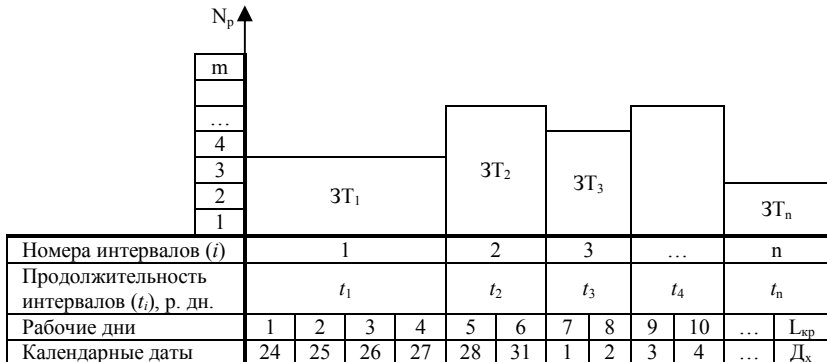


Рис 7.4. Форма графика поставки трудовых ресурсов на объект строительства.

Построение графика осуществляется в следующем порядке:

- в каждом временном интервале, с помощью прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала, показывают необходимое количество рабочих, обеспечивающих выполнение всех запланированных работ в этом интервале;

- для каждого временного интервала рассчитывают его планируемую трудоемкость по формуле

$$ZT_i = N_{pi} \cdot t_i \cdot t_{cm}, \text{ чел.-ч,}$$

где *i* – номер временного интервала;

*t<sub>i</sub>* – продолжительность *i*-го интервала, раб. дн.;

*N<sub>pi</sub>* – количество рабочих в *i*-м интервале, чел.;

*t<sub>см</sub>* – установленная продолжительность рабочей смены (*t<sub>см</sub>* = 8 ч).

Полученные значения *ZT<sub>i</sub>* записываются на графике в

соответствующем интервале (см. рис. 17).

– определяют суммарную планируемую трудоемкость строительства объекта по формуле

$$\sum 3T_{cmp} = \sum_{i=1}^n 3T_i, \text{ чел.-ч.},$$

где  $i = 1, \dots, n$  – количество временных интервалов в КППР.

– определяют среднесписочное количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта, по формуле

$$N_{cn} = \frac{\sum 3T_{cmp}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ чел.}$$

Значение  $N_{cn}$  наносятся на график поставки трудовых ресурсов в виде прямой линии, параллельной оси абсцисс.

– определяют коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов на объекте по формуле

$$K_n = \frac{N_p^{\max}}{N_{cn}},$$

где  $N_p^{\max}$  – максимальная ордината графика поставок трудовых ресурсов, чел.

- сравнивают фактические значения коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,61.

Если  $K_n^{\phi} > K_n^н$ , это значит, что КППР необходимо откорректировать по трудовым ресурсам, используя специальные методы.

#### **7.4. Алгоритм построения графика поставок машин на объект строительства и его анализ.**

На основании КППР строится график поставки машин на объект строительства. График строят в прямоугольной системе координат (см.

рис. 7.5). По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. На левой ординате указывают марки и номера машин, которые будут участвовать в строительстве данного объекта. На правой ординате записывают показатели использования каждой машины в условиях данного объекта.

ДЗ-99-1-4	№11																		
...	...																		
ДЗ-110	№3																		
ДЗ-110	№2																		
Номера интервалов ( $i$ )		1		2		3		4		n		$T_{и}$ р.дн.	$T_{р}$ р.дн.	$K_{в}$					
Продолжительность интервалов ( $t_i$ ), р. дн.		$t_1$		$t_2$		$t_3$		...		$t_n$									
Рабочие дни		1	2	3	4	5	6	7	8	9	...				$L_{кр}$				
Календарные даты		24	25	26	27	28	31	1	2	3	...	$D_{к}$							

Рис 7.5. Форма графика поставки машин на объект строительства.

В графике каждой машине (включая рабочие операции 5 и 6) выделяется отдельная строка. Построение графика осуществляется в следующем порядке:

- для рассматриваемой машины на КППР находят начальные события самой первой работы, которую эта машина будет выполнять на объекте (независимо от номера рабочей операции). Это событие в виде круга изображают в соответствующей строке графика на начальной границе временного интервала, с которого начинается выполнение этой работы. Внутри круга записывается номер этого события;

- для этой же машины находят конечное событие самой последней работы и так же изображают его в рассматриваемой строке на границе необходимого интервала и нумеруют;

- полученные события соединяют горизонтальной сплошной линией;

- вычисляют время нахождения машины на объекте ( $T_{и}$ ), для этого суммируют продолжительности тех временных интервалов, через которые проходит эта линия. Полученный результат записывают в левую графу правой ординаты графика;

- по сетевой модели определяют расчетную продолжительность работы рассматриваемой машины на данном объекте ( $T_{р}$ ). Для этого суммируют расчетные продолжительности всех работ, которые на данном объекте выполняет рассматриваемая машина. Полученный

результат записывают в среднюю графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что при правильном построении величина  $T_n \geq T_p$ ;

– вычисляют коэффициент использования рабочего времени машины ( $K_B$ ). Для этого значение  $T_p$  делят на  $T_n$  и результат записывают в правую графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что  $K_B \leq 1,0$ .

Аналогичным образом осуществляют построение этого графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте. На основании этого графика производим оценку эффективности использования машин на данном объекте. Для этого, для каждой машины мы определяем время её нахождения на объекте, путём отнимания от значения левого сектора последнего события, значения левого сектора первого события.

Для этой же машины мы определяем время её работы на объекте согласно карточки-определитель.

Аналогичным образом осуществляют построение этого графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте. Полученные расчеты сводим в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Оценка эффективности использования машин на объекте

№	Машины		Нахождение машин на объекте			Работа машин на объекте				$K_B$
						Коды работ		$t_i$	$T_p$	
	марка	номер	№ нач. соб.	№ кон. соб.	$T_n$	$i$	$j$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

На основании построенного графика составляют таблицу календарных сроков поставок машин на объект строительства (табл. 7.2).

Таблица 7.2. Календарные сроки поставок машин на объект строительства

№ п.п.	Марки машины	Номера машин	Календарные сроки поставки					
			Дата прибытия машины на объект			Дата убытия машины с объекта		
			число	месяц	год	число	месяц	год
1	ДЗ-110	№2						
...	...	...						
15	ДЗ-99-1-4	№11						

В конце необходимо дать вывод об эффективности использования комплекта машин на объекте строительства. Машины, у которых  $K_B > 0,5$  на объекте используются эффективно.

### 7.5. Алгоритм построения графика поставок ТСМ на объект строительства и его анализ.

На основании КППР строится график поставки ТСМ на объект строительства, обеспечивающий выполнение запланированных работ в установленные календарные сроки при условии, что будут четко соблюдаться календарные сроки поставок машин на объект строительства. График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладываются строки 1, 2 и 5 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 верхней шкалы календарной линейки. По оси ординат откладывается среднесуточная потребность машин в ТСМ ( $q_{cp}^M$ , кг/раб. дн.).

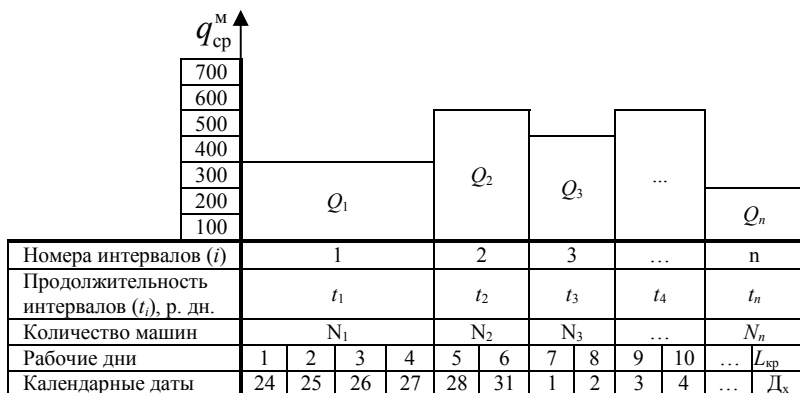


Рис. 7.6. Форма графика поставки ТСМ на объект строительства.

Построение графика необходимо выполнять, начиная с определения среднесуточной (среднедневной) потребности каждой машины в ТСМ за период нахождения ее на объекте. Расчет производится в табличной форме 7.3.

Таблица 7.3. Расчет среднесуточной потребности машин в ТСМ

Марки машин	Номера машин	Время нахождения на объекте $T_n$ , р.дн.	Время работы на объекте			$H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$ , кг/ч	$Q_M$ , г	$q_{\text{ср}}^M$ , кг/р.дн.
			$T_p$ , р.дн.	$K_{\text{СМ}}$	$t_p$ , ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДЗ-109	№2							
ДЗ-109	№3							
ЭО-4121	№4							
...	...							
ДЗ-99-1-4	№11							
Всего по объекту							$\Sigma$	

В табл. 7.3. приняты следующие условные обозначения:

$T_n$  – время нахождения машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$T_p$  – время работы машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$K_{\text{СМ}}$  – коэффициент сменности работы машин ( $K_{\text{СМ}} = 1,0$ );

$t_p$  – время работы машины на объекте, ч;

$H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$  – часовая норма расхода ТСМ машин, кг/ч;

$Q_M$  – общая потребность машины в ТСМ для выполнения всех запланированных работ, кг;

$q_{\text{ср}}^M$  – среднесуточная потребность машины в ТСМ за период нахождения машины на объекте, кг/раб. дн.

Время работы машины на объекте вычисляется по формуле

$$t_p = T_p \cdot K_{\text{СМ}} \cdot t_{\text{СМ}}, \text{ ч.}$$

Общая потребность машины в ТСМ определяется по формуле

$$Q = t_p \cdot H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}, \text{ кг.}$$

Среднесуточная потребность машины в ТСМ рассчитывается по формуле

$$q_{\text{ср}}^M = \frac{Q}{T_n}, \text{ кг/раб. дн.}$$

Суммарная общая потребность всех машин в ТСМ ( $\Sigma Q_M$ ) определяется как сумма графы 8 табл. 7.3. Построение графика (см.

рис. 19) осуществляется в следующем порядке:

– для каждого временного интервала определяют среднесуточную потребность в ТСМ для всех машин (число указано в строке 3 рис. 19), которые будут выполнять запланированные работы в этом интервале ( $q_{\text{ср } i}$ ). Марки машин известны, поэтому эта потребность определяется как сумма  $q_{\text{ср}}$  этих машин из табл. 7.3;

– полученные значения  $q_{\text{ср } i}$  наносят на график в виде горизонтальной прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала;

– определяют потребность каждого интервала в ТСМ по формуле

$$Q_i = q_{\text{ср. } i} \cdot t_i, \text{ кг};$$

– определяют суммарную потребность строительства в ТСМ по формуле

$$\sum Q_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ кг},$$

где  $i = 1 \dots n$  – количество временных интервалов.

Суммарная общая потребность в ТСМ ( $\sum Q_{\text{стр}}$ ) должна равняться суммарной общей потребности всех машин, работающих на объекте ( $\sum Q_{\text{м}}$ ), см. графу 8, табл. 22.

– рассчитывают среднесуточную потребность строительства в ТСМ по формуле

$$q_{\text{ср}}^{\text{стр}} = \frac{\sum Q_{\text{стр}}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ кг/раб. дн.}$$

Полученные значения  $q_{\text{ср}}^{\text{стр}}$  наносят на график поставки ТСМ в виде сплошной линии, параллельной оси абсцисс;

– вычисляют коэффициент неравномерности потребления строительством ТСМ по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{q_{\text{ср. max}}^{\text{м}}}{q_{\text{ср}}^{\text{стр}}},$$

где  $q_{\text{ср. max}}^{\text{м}}$  – максимальная ордината графика поставки ТСМ на объект строительства (см. рис. 7.6).

- сравнивают фактические значения коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,42.

Если  $K_n^f > K_n^n$ , это значит, что КППР необходимо откорректировать по топливу, используя специальные методы.

### **7.6. Методы корректировки календарных планов производства работ по ресурсам.**

В тех случаях, когда анализ постоянных графиков показывает, что значения коэффициента неравномерности превышает приведенных норм, необходимо выполнить корректировку КППР по этому виду ресурсов.

Для корректировки ресурсов используют два метода:

1) Корректировка за счет сокращения продолжительности строительства.

Алгоритм первого метода:

- определить требующую среднедневную потребность строительства в ресурсах

$$q_{\text{ср}}^{\text{стр.тр}} = q_{\text{ср}}^{\text{max}} / K_n^n$$

- определить, насколько нужно сократить расчетную продолжительность строительства:

$$\Delta T = T_{\text{стр}} - T_{\text{стр}}^{\text{тр}}$$

где  $T_{\text{стр}}^{\text{тр}}$  – расчетная продолжительность строительства по КППР.

- используя методы и способы корректировки по времени, сокращают расчетную продолжительность на найденную величину  $\Delta T$ .

2) Корректировка по ресурсам за счет сокращения максимальной потребности строительства в данном виде ресурса.

Алгоритм второго метода:

- определит максимальную требуемую потребность строительства в данном виде ресурса:

$$q_{\text{ст}}^{\text{max}} = K_n^n \cdot q_{\text{ст}}^{\text{стр}}$$

- находят те интервалы, у которых  $q_{\text{ст}i} > q_{\text{ст}}^{\text{max}}$ ;

- для найденных интервалов выписывают все не критические работы;
- из найденных работ выбирают те, у которых значения  $R_{i,j}^n \geq t_i$ ;
- для найденных работ в КППР необходимо предусмотреть организационное ожидание, продолжительность которых равно продолжительности найденного интервала.