

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

***ТЕХНОЛОГИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА В
ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ***

**Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»**

Могилев

Содержание

Введение.....	3
1 Общие методические указания.....	4
2 Выбор эффективного способа зимнего бетонирования.....	5
2.1 Исходные данные и возможные варианты производства работ.....	5
2.2 Расчет технико-экономических показателей способа бетонирования методом термоса.....	6
2.3 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с электродным прогревом бетона.....	10
2.4 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с применением греющих опалубок.....	14
2.5 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с применением противоморозных добавок.....	16
Список литературы.....	18
Приложение А.....	19
Приложение Б.....	21
Приложение В.....	30

Введение

Дисциплина «Технология строительства в особых условиях» является прикладной научной дисциплиной, содержащей совокупность знаний в области техники, организации и экономики производственных процессов, осуществляемых на строительных площадках в особых условиях производства работ. Под особыми условиями понимают сложные гидрогеологические и климатические условия, производство работ в условиях реконструкции и технического перевооружения предприятий.

Целью преподавания дисциплины является получение студентами основополагающих знаний в области технологии строительства с учетом выполнения строительных работ и процессов в сложных условиях производства работ, приобретение навыков организационно-технологического проектирования с учетом дестабилизирующих факторов, характерных для этих условий.

1 Общие методические указания

Методические указания разработаны для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Технология строительства в особых условиях» на тему: «Выбор эффективного способа зимнего бетонирования».

Цель проведения практических занятий является изучение технологических особенностей производства бетонных работ в зимних условиях и выбора эффективного способа производства работ.

Задания на практические занятия выбираются для каждого студента индивидуально. Результаты выбора эффективного способа зимнего бетонирования (согласно выбранного задания) оформляются в отчете для практических работ.

Изучение дисциплины должно выполняться на основе передовых методов труда, предусматривающих комплексную механизацию процессов производства работ в сложных климатических условиях, повышение производительности труда, безопасные методы ведения работ.

Материал дисциплины базируется на знании технологии строительного производства, строительных материалов и архитектуры.

2 Выбор эффективного способа зимнего бетонирования

2.1 Исходные данные и возможные варианты производства работ

Цель работы: Выбор эффективного способа зимнего бетонирования фундаментов под колонны промышленного здания размером 30×72 м с сеткой колонн 6×6 м при следующих условиях:

- фундаменты двухступенчатые, нижняя ступень в плане имеет размеры 2500×2500 мм, верхняя – 1500×1500 мм, высота каждой ступени – 800 мм;
- бетон марки 200 на портландцементе марки 400, расход цемента – 360 кг/м^3 ;
- прочность бетона в конструкции к моменту замерзания должна быть не менее 50 % от $f_{c,cube}^G$;
- температура наружного воздуха минус 15°C , скорость ветра – 5 м/с;
- опалубка деревянная щитовая из досок толщиной 25 мм с утеплением минераловатными плитами;
- суточный поток бетона при укладке его в конструкцию 40 м^3 ;
- фундамент армирован металлическими сетками из арматуры диаметром до 18 мм, масса сеток – до 300 кг;
- строительство осуществляется в Карагандинской области в январе.

Решение

Модуль поверхности фундамента:

$$M_{\text{п}} = \frac{F_{\text{охл}}}{V} = \frac{19,05}{6,8} = 2,8 \text{ м}^{-1};$$

$$F_{\text{охл}} = 2,5 \cdot 2,5 + 0,8 \cdot 2,5 \cdot 4 + 0,8 \cdot 1,5 \cdot 4 = 19,05 \text{ м}^2;$$

$$V = (2,5 \cdot 2,5 + 1,5 \cdot 1,5) \cdot 0,8 = 6,8 \text{ м}^3.$$

При расчете принимаем, что коэффициенты теплопередачи в грунт и опалубку одинаковые.

Определим возможные способы бетонирования. Согласно рекомендациям, приведенным в таблице А.1, рассматриваемые фундаменты можно забетонировать различными способами:

- термоса;
- с использованием бетона с противоморозными добавками;
- с периферийным электропрогревом;
- с применением греющей опалубки.

Для выбора наиболее эффективного способа необходимо определить технико-экономические показатели по каждому из них.

2.2 Расчет технико-экономических показателей способа бетонирования методом термоса

1 Найдем начальную среднюю температуру бетонной смеси после ее укладки в опалубку, учитывая, что при выходе из бетономешалки температура её составляла 40 °С, время транспортирования бетона автосамосвалами МАЗ-503 – 15 мин, время укладки бетонной смеси – 10 мин. Согласно формуле (1) и данным таблицы А.2

$$t_{б.н} = t_{см} \cdot (1 - \sum Dt_{тр}) + t_{н.в} \cdot \sum Dt_{тр} = 40 \cdot (1 - 0,1535) - 15 \cdot 0,1535 = 31,56 \quad (1)$$

(примем $t_{б.н} = 32^\circ \text{C}$), где

$$\begin{aligned} \sum Dt_{тр} &= Dt_{п} + Dt_{тр} + Dt_{пер} + Dt_{кр} + Dt_{упл} = \\ &= 0,032 + 0,0025 \cdot 15 + 0,032 + 0,0022 \cdot 10 + 0,003 \cdot 10 = 0,1535. \end{aligned}$$

Здесь $Dt_{п}$, $Dt_{тр}$, $Dt_{пер}$, $Dt_{кр}$, $Dt_{упл}$ – снижение температуры бетонной смеси соответственно при погрузке ее в автосамосвал, перевозке в течение 10 мин, выгрузке в бадьи, подаче смеси краном на высоту (глубину) до 10 м, укладке ее и уплотнении.

2 Средняя температура остывания бетона согласно формуле (2):

$$\begin{aligned} \Delta t_{б.ср} &= t_{б.к} + \frac{t_{б.н} - t_{б.к}}{1,03 + 0,181 \cdot M_{п} + 0,006 \cdot (t_{б.н} - t_{б.к})} = \\ &= 5 + \frac{32 - 5}{1,03 + 0,181 \cdot 2,8 + 0,006 \cdot (32 - 5)} = 19,43^\circ \text{C} \end{aligned} \quad (2)$$

3 Время, необходимое для набора прочности бетоном до 50 % $f_{с,кубе}^G$ в соответствии с таблицей Б.2, $\tau = 3 \text{ сут} = 72 \text{ ч}$.

4 Коэффициент теплопередачи ограждения по формуле (3):

$$\begin{aligned} K &= \frac{C_{б} \cdot \gamma_{б} \cdot (t_{б.ц} - t_{б.к}) + \Pi \cdot \Xi}{3,6 \cdot \phi \cdot M_{п} \cdot (t_{б.ср} - t_{н.в})} = \\ &= \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot (32 - 5) + 360 \cdot 209}{3,6 \cdot 72 \cdot 2,8 \cdot (19,43 + 15)} = 4,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \end{aligned} \quad (3)$$

5 Значение коэффициента теплопередачи для опалубки из досок толщиной 25 мм при скорости ветра 5 м/с согласно таблице Б.1: $K = 5,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$. Следовательно, нужно утепление.

6 Толщина утепления из минераловатных плит по формуле (4):

$$d_{ут} = (1/K - 1/b - d_{оп}/\lambda_{оп}) \cdot \lambda_{ут} = (1/4,32 - 1/26,56 - 0,025/0,17) \cdot 0,048 = 0,002 \text{ м}^2. \quad (4)$$

Принимаем один слой утеплителя минераловатных прошивных плит толщиной 20 мм (плиты выпускаются толщиной 20 и 40 мм).

Для открытой горизонтальной поверхности бетона выберем в качестве утеплителя один слой пергамина и один слой минераловатных плит толщиной 20 мм:

$$d_{ут} = (1/K - 1/b - d_{п}/\lambda_{п}) \lambda_{ут} = (1/4,32 - 1/26,56 - 0,002/0,17) \cdot 0,048 = 0,008 \text{ м}^2.$$

7 Затраты на установку и разборку опалубки, армирование и укладку бетонной смеси

$$Z_{\text{оп}} = K_{\text{нр}} (P' + P'') F_{\text{оп}} / V_6 = 1,18(0,291 + 0,068) \cdot 12,8/6,8 = 0,8 \text{ р./м}^3,$$

где $K_{\text{нр}}$ – усредненный поправочный коэффициент к нормам времени и расценкам. Для Карагандинской области в январе он равен 1,18 (таблица Б.3, температурная зона V);

P' P'' – расценки по ЕНиР [5] § 4-1-27, т. 2, п. 26 за установку и разборку опалубки, соответственно;

$F_{\text{оп}}$ – площадь опалубки одного фундамента,
 $F_{\text{оп}} = 4 \cdot 2,5 \cdot 0,8 + 4 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ м}^2$;

V_6 – объем бетона в одном фундаменте, м^3 ,
 $V_6 = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,8 = 6,8 \text{ м}^3$;

$$T_{\text{оп}} = K_{\text{нр}} \cdot [(N'_{\text{вр}} + N''_{\text{вр}}) \cdot F_{\text{оп}} / (V \cdot t_{\text{см}})] = 1,18 \cdot 0,52 + 0,13 \cdot 12,8/8,2 \cdot 6,8 = 0,176 \text{ чел. – дн./м}^3,$$

где $N'_{\text{вр}}$, $N''_{\text{вр}}$ – норма времени на установку и разборку опалубки, соответственно;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены – 8,2 ч.;

$$Z_{\text{арм}} = 1,18 \cdot (0,237 \cdot 1 + 0,442 \cdot 4)/6,8 = 0,35 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{арм}} = 1,18(0,45 \cdot 1 + 0,84 \cdot 4)/(6,8 \cdot 8,2) = 0,08 \text{ чел. – дн./м}^3,$$

где 0,237; 0,442 – расценка за установку горизонтальных и вертикальных сеток (см. ЕНиР § 4-1-33, т. 1, п.п. 1,2), соответственно;

1,4 – количество горизонтальных и вертикальных сеток в фундаменте;

0,45; 0,84 – норма времени за установку горизонтальных и вертикальных сеток (см. ЕНиР [5] § 4-1-33, т. 1, п.п. 1, 2), соответственно;

6,8 – объем бетона в одном фундаменте, м^3 ;

8,2 – количество рабочих часов в смене;

$$Z_{\text{укл}} = 1,18 \cdot 0,184 = 0,217 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{укл}} = 1,18 \cdot 0,33/8,2 = 0,047 \text{ чел. – дн./м}^3,$$

где $Z_{\text{укл}}$, $T_{\text{укл}}$ — заработная плата и трудоемкость укладки бетонной смеси в конструкцию, соответственно;

0,184; 0,33 – расценка и норма времени, определенные по ЕНиР [5] § 4-1-37, табл. 2, п.3, соответственно.

Затраты на подогрев воды и заполнителей при условии выхода бетонной смеси из бетоносмесителя с $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$C_{\text{п.в.з.}} = 0,225 \cdot 3,64/4,62 = 0,18 \text{ р./м}^3,$$

где 0,225 – затраты на подогрев воды и заполнителей (таблица Б.2);

3,64 – стоимость 1 Гкал пара для Карагандинской области;

4,62 – стоимость 1 Гкал пара для Московской области;

$$Z_{\text{п.в.з.}} = 1,18 \cdot 0,031 = 0,037 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{п.в.з.}} = 1,18 \cdot 0,01 = 0,012 \text{ чел. – дн./м}^3;$$

0,031 – затраты на заработную плату при подогреве воды и заполнителей (таблица Б.4).

Затраты на установку и разборку утеплителя

$$Z_{\text{ут.}} = K_{\text{нр}} [P'(F_{\text{отк}} \cdot n_{\text{сл}} / V_{\text{б}}) + P''(F_{\text{оп}} \cdot n_{\text{сл}} / V_{\text{б}})] = \\ = 1,18[0,019 (6,25 \cdot 1/6,8 + 0,06(12,8/ 6,8))] = 0,154 \text{ р./м}^3,$$

где 0,019; 0,06 — расценки по утеплению и разборке утеплителя соответственно на горизонтальных и вертикальных поверхностях (таблица Б. 4);

$F_{\text{отк.}}$ – площадь открытой неопалубливаемой поверхности конструкции, $F_{\text{отк.}} = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25 \text{ м}^2$;

$n_{\text{сл}}$ – количество слоев утеплителя ($n = 1$ слой, см. расчет выше);

$F_{\text{оп.}}$ – площадь опалубливаемой поверхности, м^2 ,
 $F_{\text{оп}} = 0,8 \cdot 10 + 0,8 \cdot 6 = 12,8 \text{ м}^2$;

$$T_{\text{ут.}} = K_{\text{нр}} \cdot [H'_{\text{вр}} \cdot (F_{\text{отк}} \cdot n_{\text{сл}} / V_{\text{б}}) + H''_{\text{вр}} \cdot (F_{\text{оп}} \cdot n_{\text{сл}} / V_{\text{б}})] = \\ = 1,18 \cdot [0,005 \cdot (6,25 \cdot 1/6,8 + 0,014 \cdot (12,8/6,8))] = 0,037 \text{ чел.} \cdot \text{дн./м}^3,$$

где $H'_{\text{вр.}}$, $H''_{\text{вр}}$ – 0,005 и 0,014 – нормы времени по устройству и разборке утепления на горизонтальных и вертикальных поверхностях (таблица Б.4), соответственно;

$$C_{\text{ут.}} = \frac{C'_{\text{ут}} F_{\text{отк}} \text{дн}_{\text{сл}}}{O_1 V_{\text{б}}} + \frac{C''_{\text{ут}} F_{\text{оп}} \text{дн}_{\text{сл}}}{O_2 V_{\text{б}}} = \frac{33,9 \cdot 6,25 \cdot 0,02 \cdot 1}{5 \cdot 6,28} + \\ + \frac{33,9 \cdot 12,8 \cdot 0,02 \cdot 1}{10 \cdot 6,28} = 0,135 + 0,138 = 0,273 \text{ р./м}^3,$$

где $C'_{\text{ут.}}$, $C''_{\text{ут}}$ – стоимость утеплителя (плиты минераловатные прошивные), уложенного соответственно на горизонтальной и вертикальной поверхностях (таблица Б.6), р./м²;

$F_{\text{отк.}}$ – площадь открытой неопалубливаемой поверхности конструкции, м^2 ;

δ – толщина слоя утеплителя, м ($\delta = 2$ см, см. расчет выше);

$n_{\text{сл}}$ – количество слоев утеплителя (по расчету $n_{\text{сл}} = 1$);

O_1 , O_2 – оборачиваемость утеплителя, уложенного соответственно на горизонтальные и вертикальные поверхности (таблица Б.6).

Затраты по контролю качества при методе термоса зависят от времени остывания и определяются по формулам:

– если $\phi_{\text{ост}} \leq 24 \text{ ч}$,

$$Z_{\text{к}} = P' \frac{\phi_{\text{ост}}}{2} \cdot \frac{q}{V_{\text{б}}} + P'' \frac{q}{V_{\text{б}}};$$

$$T_{\text{к}} = H'_{\text{вр}} \frac{\phi_{\text{ост}}}{2} \cdot \frac{q}{V_{\text{б}}} + H''_{\text{вр}} \frac{q}{V_{\text{б}}};$$

– если $24 < \phi_{\text{ост}} < 96 \text{ ч}$,

$$Z_k = P' \left(12 + \frac{\phi_{\text{ост}} - 24}{4} \right) \frac{q}{V_6} + P'' \frac{q}{V_6};$$

$$T_k = H'_{\text{вр}} \left(12 + \frac{\phi_{\text{ост}} - 24}{4} \right) \frac{q}{V_6} + H''_{\text{вр}} \frac{q}{V_6};$$

– если $\phi_{\text{ост}} > 96$ ч,

$$Z_k = P' \left(30 + \frac{\phi_{\text{ост}} - 96}{24} \right) \frac{q}{V_6} + P'' \frac{q}{V_6};$$

$$T_k = H'_{\text{вр}} \left(30 + \frac{\phi_{\text{ост}} - 96}{24} \right) \frac{q}{V_6} + H''_{\text{вр}} \frac{q}{V_6},$$

где $P', H'_{\text{вр}}$ – расценка и норма времени по замеру температур (таблица Б.4), соответственно;

$\phi_{\text{ост}}$ – время остывания конструкции;

q – количество температурных скважин на конструкцию, шт.;

$P'', H''_{\text{вр}}$ – расценка и норма времени по изготовлению пробок (таблица Б.4), соответственно.

Согласно п. 3 решения данной задачи $\tau = 72$ ч., поэтому для расчета Z_k и T_k используем формулы, приведенные в п.6:

$$Z_k = 1,18 \cdot \left[0,049 \cdot \left(12 + \frac{72 - 24}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,0125 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,823 \text{ р./м}^3;$$

$$T_k = 1,18 \cdot \left[0,0125 \cdot \left(12 + \frac{72 - 24}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,005 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,211 \text{ чел. - дн./м}^3;$$

Общие дополнительные затраты:

$$C'_{\text{мат}} = C_{\text{ут}} = 0,273 \text{ р./м}^3;$$

$$C''_{\text{мат}} = C_{\text{п.в.з.}} = 0,18 \text{ р./м}^3;$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{т}} &= (1,18 - 1) \cdot (Z_{\text{оп}} + Z_{\text{арм}} + Z_{\text{укл}}) + Z_{\text{ут}} + Z_{\text{п.в.з.}} + Z_k = \\ &= (1,18 - 1) \cdot (0,8 + 0,35 + 0,217) + 0,154 + 0,037 + 0,823 = 1,260 \text{ р./м}^3, \end{aligned}$$

где 1,18 – усредненный поправочный коэффициент к нормам времени и расценкам (таблица Б.3);

$$\begin{aligned} T_{\text{т}} &= (1,18 - 1) \cdot (T_{\text{оп}} + T_{\text{арм}} + T_{\text{укл}}) + T_{\text{ут}} + T_{\text{п.в.з.}} + T_k = \\ &= (1,18 - 1) \cdot (0,176 + 0,08 + 0,047) + 0,037 + 0,012 + 0,211 = 0,315 \text{ чел. - дн./м}^3. \end{aligned}$$

Общая стоимость термоса

$$S_{\text{т}} = П_{\text{т}} = 1,09 C'_{\text{мат}} + C''_{\text{мат}} + 1,15 \cdot Z_{\text{т}} = 1,09 \cdot 0,273 + 0,18 + 1,15 \cdot 1,260 = 1,927 \text{ р./м}^3,$$

где $S_{\text{т}}$ – общая стоимость способа термоса, р./м³;

$C'_{\text{мат}}$ – стоимость материалов, для которых необходим учет транспортных расходов, р./м³;

$C''_{\text{мат}}$ – стоимость остальных материалов, р./м³;

Z – заработная плата, р./м³;

$П_{\text{т}}$ – приведенные затраты по методу «термос».

2.3 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с электродным прогревом бетона

Дополнительные условия:

- температура изотермического прогрева $t_{и} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- скорость подъема температуры $P = 5 \text{ град/ч}$;
- электроды нашивные сечением $40 \times 3 \text{ мм}$;
- время транспортирования бетонной смеси в автосамосвале $t_{тр} = 15 \text{ мин}$;
- продолжительность укладки и уплотнения бетона $t_{укл} = 10 \text{ мин}$.

1 Требуемая температура бетона на выходе из бетономешалки при условии, что к моменту электропрогрева $t_{б.н} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$t_{см} = \frac{t_{б.н} - t_{н.в} \sum Dt_{тр}}{1 - \sum Dt_{тр}} = \frac{5 - (-15)0,1535}{1 - 0,1535} = 8,6 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (применяем } t_{см} = 9 \text{ }^\circ\text{C)},$$

здесь

$$\begin{aligned} \sum Dt_{тр} &= Dt_{п} + Dt_{тр} + Dt_{пер} + Dt_{кр} + Dt_{укл} = \\ &= 0,032 + 0,0025 \cdot 15 + 0,032 + 0,0022 \cdot 10 + 0,003 \cdot 10 = 0,1535. \end{aligned}$$

2 Определим продолжительность изотермического прогрева бетона при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$ до приобретения прочности $50 \% f_{c,cube}^G$ к концу остывания до $5 \text{ }^\circ\text{C}$, если скорость подъема температуры $P = 5 \text{ град/ч}$, опалубка из досок толщиной 25 мм , скорость ветра 5 м/с :

– продолжительность подъема температуры $t_{п} = (40 - 5)/5 = 7 \text{ ч}$;

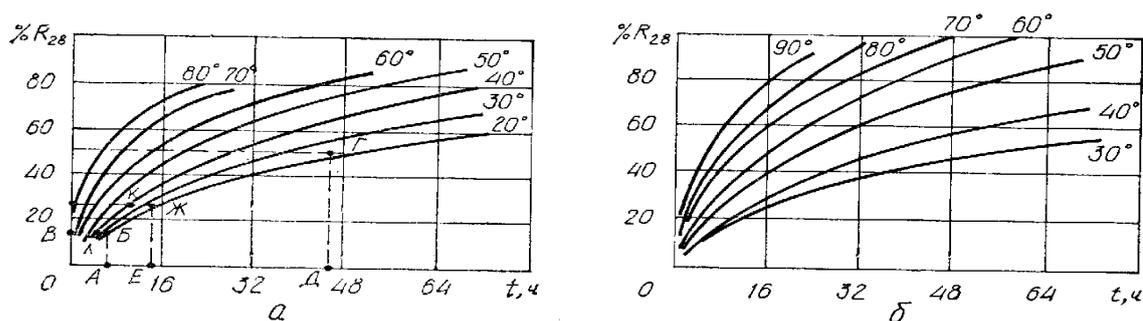
– средняя температура $t_{б.ср} = (40 + 5)/2 = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

– величина прочности бетона за время подъема температуры определяется по рисунку 1 следующим образом: из точки **A** на оси абсцисс, например, соответствующей времени 7 ч ., проводим перпендикуляр до пересечения с кривой прочности при температуре $22,5 \text{ }^\circ\text{C}$ в точке **B**; проекция точки **B** на ось ординат (точка **B**) укажет величину прочности за время подъема температуры (7 ч); в данном случае это $14 \% f_{c,cube}^G$;

– найдем величину относительной прочности при остывании, для чего, используя формулу Б. Г. Скрамтаева (6) и пренебрегая тепловыделением цемента, которое по окончании изотермического прогрева незначительно, подсчитаем сначала продолжительность остывания бетона:

$$\Phi_{ост} = \frac{C_{б} \Gamma_{б} (t_{н} - t_{б.к})}{3,6 K M_{п} (t_{б.ср} - t_{н.в})} = \frac{1,05 \cdot 2400(40 - 5)}{3,6 \cdot 5,2 \cdot 3,72(23 + 15)} = 33 \text{ ч},$$

$$t_{б.ср} = t_{б.к} + \frac{t_{б.н} - t_{б.к}}{1,03 + 0,181 M_{п} + 0,006(t_{б.н} - t_{б.к})} = 5 + \frac{40 - 5}{1,03 + 0,181 \cdot 3,72 + 0,006(45 - 5)} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$$



а - на портландцементе марки 400, 500; б - на шлакопортландцементе марки 400

Рисунок 1 – Графики нарастания прочности бетона (процент от $f_{c,cube}^G$) марки 200 в зависимости от продолжительности и температуры твердения:

Затем определим прочность бетона, приобретенную в процессе остывания. Для этого из точки G на пересечении прямой, соответствующей 50 % $f_{c,cube}^G$, с кривой прочности при 23° (рисунок 1, а) опускаем перпендикуляр на ось абсцисс (точка D). От точки D откладываем влево отрезок, соответствующий продолжительности остывания — 33 ч (точка E). Из точки E восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой прочности при 23 °С (точка $Ж$). Проекция $EЖ$ на ось ординат соответствует значению прочности бетона, приобретенной в процессе остывания. Она составляет 27 % $f_{c,cube}^G$.

Продолжительность изотермического прогрева определяется проекцией на ось абсцисс отрезка KL , соответствующего 9 % $f_{c,cube}^G$ и лежащего на кривой прочности при 40 °С. Величина этой проекции в данном случае равна 5 ч ($\Phi_{и} = 5$ ч). Точка K находится на пересечении с кривой прочности при 40 °С проецирующей линией на ось ординат из точки $Ж$, а точка L — на пересечении с кривой при 40 °С проецирующей на ось ординат линией из точки B .

Требуемая удельная мощность в период подъема температуры, согласно таблице Б.11 должна быть $P'_n = 3,875$ кВт/м³.

Требуемая удельная мощность в период изотермического прогрева согласно таблице Б.12 должна быть $P''_n = 1,145$ кВт/м³.

4 Мощность установки на период подъема температуры с учетом сменного потока бетона, равного 40 м³, составит

$$P_n = 3,875 \cdot 40 = 155 \text{ кВт} .$$

Для обеспечения данной мощности принимаем трансформатор марки ТМ 160/6 мощностью 160 кВ·А, стоимостью 560 р. (таблица Б.8).

5 Расход электроэнергии

$$W = P_n \Phi_{и} + P''_n \Phi_{и} = 3,875 \cdot 7 + 1,145 \cdot 5 = 33 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3 .$$

6 Затраты на опалубку, армирование и укладку бетонной смеси такие же, как и при использовании метода термоса:

$$Z_i = (1,18 - 1,0) \cdot (0,8 + 0,35 + 0,217) = 0,246 \text{ р./м}^3;$$

$$T_i = (1,18 - 1,0) \cdot (0,176 + 0,08 + 0,047) = 0,055 \text{ чел. - дн./м}^3.$$

7 Затраты на подогрев воды, заполнителей и на утепление такие же, как при способе предварительного электроразогрева:

$$T_{п.в.з} = 0,012 \text{ чел. - дн./м}^3; \quad C_{п.в.з} = 0,086 \text{ р./м}^3;$$

$$Z_{ут} = 0,021 \text{ р./м}^3; \quad T_{ут} = 0,0045 \text{ чел. - дн./м}^3;$$

$$C_{ут} = 0,086 \text{ р./м}^3$$

8 Стоимость оборудования

$$C_{обор} = \frac{K_i A_i n_i (\Phi_{п} + \Phi_{и})}{n_{э.см} \Pi_{см} \cdot 8} + \frac{0,08 \cdot K_i}{n_{э.см} \Pi_{см}} + \frac{9 \cdot n_{пер}}{n_{э.см} \Pi_{см}} =$$

$$= \frac{560 \cdot 0,064 \cdot 1 + 465 \cdot 0,5 \cdot (7 + 5)}{372 \cdot 40 \cdot 8} + \frac{0,8 \cdot (560 + 465)}{372 \cdot 40} + \frac{9 \cdot 23}{372 \cdot 40} =$$

$$= 0,027 + 0,0056 + 0,014 = 0,0465 \text{ р./м}^3,$$

где 560 – стоимость трансформатора, р.;

465 – стоимость комплекта кабелей и проводов, р.;

0,064; 0,5 – процент амортизационных отчислений соответственно на трансформатор и на комплект проводов и кабелей;

7 – продолжительность подъема температуры, ч;

5 – продолжительность изотермического прогрева, ч;

372 – количество смен работы трансформатора в году (таблица Б.9);

40 – производительность установки в смену, м³ /смену;

23 – число перестановок трансформатора в году.

Удельные капитальные затраты $K_{эл} = (560 + 465) / (372 \cdot 40) = 0,069 \text{ р./м}^3$.

9 Стоимость электроэнергии

$$C_{эл} = \frac{C_i P_i n_i (\Phi_{п} + \Phi_{и})}{n_{э.см} \Pi_{см} \cdot 8} + CW = \frac{26,6 \cdot 160 \cdot 1 \cdot (7 + 5)}{372 \cdot 40 \cdot 8} + 0,0064 \cdot 33 = 0,429 + 0,211 = 0,640 \text{ р./м}^3,$$

где C_i — основная плата за год, за 1 кВт·А оплачиваемой мощности (таблица Б.10). Для условий Караганды $C_i = 26,6$; $C = 0,0064$ дополнительная оплата на стороне вторичного напряжения (таблица Б.10) 6 р./ (кВт· ч);

P_i – мощность трансформатора, кВА, $P_i = 160$;

n_i – количество трансформаторов, шт., $n_i = 1$;

W – расход электроэнергии, кВт· ч на 1 м³ бетона, $W = 33$;

10 Сумма заработной платы, трудоемкость и стоимость электродов:

– заработная плата и трудоемкость по изготовлению, установке и разборке электродов:

$$Z_{эл} = K_{вр} P' \cdot (F_{оп} / V) = 1,18 \cdot 0,144 \cdot (12,8 / 6,8) = 0,32 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{эл} = K_{вр} H_{вр} \cdot (F_{оп} / V) = 1,18 \cdot 0,038 \cdot (12,8 / 6,8) = 0,084 \text{ чел. - дн./м}^3,$$

где P' – расценка за установку и нашивку электродов на 1 м² опалубки (таблица Б.4);

$F_{оп}$ – площадь опалубки одного фундамента, м²;

V – объем бетона в одном фундаменте м³;

$$C_{эл} = C_{ст} \cdot (m_{эл} / O_{эл}) \cdot (F_{оп} / V) = 0,12 \cdot (4,56 / 5) \cdot (12,8 / 6,8) = 0,21 \text{ руб / м}^3,$$

где $C_{ст}$ - стоимость 1 кг стали (0,12 р.);

$m_{эл}$ – масса электродов (по расчету) на 1 м² опалубки.

$O_{эл}$ – оборачиваемость электродов (принимается равной оборачиваемости опалубки ([1] таблица А.1).

11 Затраты на обслуживание установок прогрева:

$$Z_{обс} = K_{нр} \cdot Z'_{об} \cdot n / П_{см} = 1,18 \cdot 10,56 \cdot 1/40 = 0,30 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{обс} = K_{нр} \cdot T'_{об} \cdot n / П_{см} = 1,18 \cdot 2 \cdot 1/40 = 0,06 \text{ чел. - дн./м}^3,$$

где $Z'_{об}$ и $T'_{об}$ – заработная плата и трудоемкость обслуживания установок прогрева за смену, р. и чел.-дн. (таблица Б.4), соответственно;

n – число установок;

$П_{см}$ – производительность в смену, м³/смену.

12 Затраты по контролю качества

$$Z_k = K_{нр} \cdot \left[P' \cdot \left(\frac{\Phi_n}{2} + \frac{\Phi_n + \Phi_{ост}}{4} \right) \cdot \frac{q}{V} + P''_{вр} \cdot \frac{q}{V} \right] =$$

$$= 1,18 \cdot \left[0,049 \cdot \left(\frac{7}{2} + \frac{5+33}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,0125 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,45 \text{ р./м}^3;$$

$$T_k = K_{нр} \cdot \left[H'_{вр} \cdot \left(\frac{\Phi_n}{2} + \frac{\Phi_n + \Phi_{ост}}{4} \right) \cdot \frac{q}{V} + H''_{вр} \cdot \frac{q}{V} \right] =$$

$$= 1,18 \cdot \left[0,0125 \cdot \left(\frac{7}{2} + \frac{5+33}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,005 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,099 \text{ чел. - дн./м}^3,$$

где P' , $H'_{вр}$ – расценка и норма времени по замеру температур (таблица Б.4), соответственно, р., чел.-дн;

P'' , $H''_{вр}$ – то же, на изготовление пробок (таблица Б.4);

q – количество температурных скважин.

Дополнительные затраты согласно п.п. 7, 8, 10, 11, 12

$$C'_{\text{мат}} = C_{ут} + C_{\text{обор}} + C_{эл} = 0,147 + 0,0465 + 0,21 = 0,404 \text{ р./м}^3;$$

$$C''_{\text{мат}} = C_{\text{п.в.з}} + C_{\text{эн}} = 0,086 + 0,640 = 0,726 \text{ р./м}^3;$$

$$Z_{\text{эп}} = Z_1 + Z_{\text{п.в.з}} + Z_{\text{ут}} + Z_{эл} + Z_{\text{обс}} + Z_k = 0,246 + 0,037 + 0,021 + 0,32 + 0,30 + 0,45 = 1,37 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{эт}} = T_1 + T_{\text{п.в.з}} + T_{\text{ут}} + T_k + T_{эл} + T_{\text{обс}} = 0,054 + 0,012 + 0,0045 + 0,084 + 0,06 + 0,099 = 0,314 \text{ чел.- дн./м}^3.$$

Общая стоимость данного способа работ

$$C_{эл} = 1,09 C'_{\text{мат}} + C''_{\text{мат}} + 1,153 = 1,09 \cdot 0,404 + 0,726 + 1,15 \cdot 1,37 = 2,74 \text{ р./м}^3.$$

Приведенные затраты по данному способу

$$П_{\text{эп}} = C_{\text{эп}} + 0,15 K_{\text{эп}} = 2,74 + 0,15 \cdot 0,069 = 2,75 \text{ р./м}^3.$$

2.4 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с применением греющих опалубок

Дополнительные условия: греющая опалубка состоит из стальных щитов с воздушной прослойкой толщиной 30 мм и фанеры толщиной 3 мм. По контуру греющая опалубка утеплена минеральной ватой ($K = 5,83 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$).

1 Аналогично расчетам при способе электропрогрева:

- $t_{\text{см}} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$; температура изотермического прогрева $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- средняя температура за период подъема $22,5 \text{ }^\circ\text{C}$; время подъема температуры – 7 ч, изотермического прогрева – 16 ч;
- средняя температура за период остывания – $23 \text{ }^\circ\text{C}$;
- время остывания конструкции до $5 \text{ }^\circ\text{C}$ без учета экзотермии цемента – 30 ч.

2 Необходимая мощность для подъема температуры

$$P_{\text{н}} = \sum P_{\text{уд}} \cdot (F_{\text{оп}}/V) \cdot \Pi_3 \cdot K_0 = 0,68 \cdot (12,8/6,8) \cdot 40 \cdot 0,85 = 42,5 \text{ кВт},$$

где 0,68 – удельная мощность нагревателей (рисунок 2), кВт/м^2 ;

40 – суточный поток бетона, м^3 ;

K_0 – коэффициент, учитывающий отключение групп термоактивных щитов от сети по достижении расчетных температур, $K_0 = 0,85$.

Мощность $P_{\text{н}} = 43,5 \text{ кВт}$ обеспечит одна установка для электропитания термоактивной опалубки мощностью 63 кВт, стоимостью 2400 р.



Рисунок 2 – Номограмма для определения предельно допустимых удельных мощностей ($P_{\text{уд}}$, Вт/м^2) нагревателей греющей опалубки по модулю поверхности ($M_{\text{п}}$, м^2), температуре наружного воздуха ($t_{\text{н.в}}$, $^\circ\text{C}$), максимальной температуре обогрева ($t_{\text{мак}}$, $^\circ\text{C}$) и коэффициенту теплопередачи утеплителя щитов (K , $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

3. Расход электроэнергии

$$W = P_{\text{н}} \cdot \phi_{\text{п}} + P_{\text{и}} \cdot \phi = 3,0 \cdot 7 + 0,28 \cdot 5 = 22,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $P_{\text{н}}$ – требуемая удельная тепловая мощность в период подъема температуры (таблица Б.13). В нашем случае $P_{\text{н}} = 3 \text{ кВт/м}^3$;

$P_{\text{и}}$ – требуемая удельная тепловая мощность в период изотермического прогрева (таблица Б.12, в данном случае $P_{\text{и}} = 0,28 \text{ кВт/м}^3$).

Затраты на устройство и разборку опалубки, армирование и укладку бетонной смеси, на подогрев воды и заполнителей, утепление аналогичны затратам при электропрогреве. Ниже они приведены без расчета:

$$\begin{aligned} Z_i &= 0,246 \text{ р./м}^3; T_i = 0,055 \text{ чел. - дн./м}^3; Z_{п.в.з} = 0,037 \text{ р./м}^3; \\ T_{п.в.з} &= 0,012 \text{ чел. - дн./м}^3; C_{п.в.з} = 0,086 \text{ р./м}^3; Z_{ут} = 0,021 \text{ р./м}^3; \\ T_{ут} &= 0,0045 \text{ чел. - дн./м}^3; C_{ут} = 0,147 \text{ р./м}^3. \end{aligned}$$

5 Стоимость оборудования

$$\begin{aligned} C_{\text{обор}} &= \frac{K_i A_i n_i (\Phi_{п} + \Phi_{и} + \Phi_{\text{ост}})}{n_{\text{э.см}} \Pi_{\text{см}} \cdot 8} + \frac{0,08 K_i}{n_{\text{э.см}} \Pi_{\text{см}}} + \frac{9 n_{\text{пер}}}{n_{\text{э.см}} \Pi_{\text{см}}} = \\ &= \frac{2400 \cdot 0,064 \cdot 1 \cdot (7 + 5 + 33)}{372 \cdot 40 \cdot 8} + \frac{0,08 \cdot 2400 \cdot 1}{372 \cdot 40} + \frac{9 \cdot 1}{372 \cdot 40} = 0,0716 \text{ р./м}^3. \end{aligned}$$

Удельные капитальные затраты составят $K_{\text{зр.оп}} = 2400/372 \cdot 40 = 0,161 \text{ р./м}^3$.

6 Стоимость электроэнергии

$$C_{\text{эн}} = \frac{C_i P_i n_i \cdot (\Phi_{п} + \Phi_{и})}{n_{\text{э.см}} \Pi_{\text{см}} \cdot 8} + CW = \frac{26,6 \cdot 63 \cdot 1 \cdot (7 + 5)}{372 \cdot 40 \cdot 8} + 0,0064 \cdot 22,40 = 0,312 \text{ р./м}^3.$$

7. Затраты по контролю качества

$$\begin{aligned} Z_k &= K_{\text{нр}} \cdot \left[P' \cdot \left(\frac{\Phi_{п}}{2} + \frac{\Phi_{и} + \Phi_{\text{ост}}}{4} \right) \cdot \frac{q}{V} + P'' \cdot \frac{q}{V} \right] = \\ &= 1,18 \cdot \left[0,049 \cdot \left(\frac{7}{2} + \frac{16 + 30}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,0125 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,439 \text{ р./м}^3; \\ T_k &= K_{\text{нр}} \cdot \left[H'_{\text{вр}} \cdot \left(\frac{\Phi_{п}}{2} + \frac{\Phi_{и} + \Phi_{\text{ост}}}{4} \right) \cdot \frac{q}{V} + H''_{\text{вр}} \cdot \frac{q}{V} \right] = \\ &= 1,18 \cdot \left[0,0125 \cdot \left(\frac{7}{2} + \frac{16 + 30}{4} \right) \cdot \frac{4}{6,8} + 0,005 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,134 \text{ чел. - дн./м}^3. \end{aligned}$$

8 Затраты на обслуживание установок прогрева

$$\begin{aligned} Z_{\text{обс}} &= K_{\text{нр}} Z'_{\text{об}} n / \Pi_{\text{см}} = 1,18 \cdot 10,056 \cdot 1/40 = 0,2967 \text{ р./м}^3; \\ T_{\text{обс}} &= K_{\text{нр}} T'_{\text{об}} n / \Pi_{\text{см}} = 1,18 \cdot 2 \cdot 1/40 = 0,059 \text{ чел. - дн./м}^3, \end{aligned}$$

где $Z'_{\text{об}}$ и $T'_{\text{об}}$ – соответственно заработная плата и трудоемкость обслуживания установки прогрева за смену (таблица Б.4).

9. Стоимость дополнительных материалов для греющей опалубки

$$C_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{гр.оп}} F_{\text{оп}}}{n_3 M} - \frac{C_{\text{ст}} F_{\text{оп}}}{n_{\text{л}} V} = \frac{41,27 \cdot 12,8}{100 \cdot 6,8} - \frac{30 \cdot 12,8}{100 \cdot 6,8} = 0,212 \text{ р./м}^3,$$

где $C_{\text{гр.оп}}$ – стоимость греющей опалубки, $C_{\text{гр.оп}} = 41,27 \text{ р./м}^2$;

$C_{\text{ст}}$ – стоимость стальной опалубки (расчет ЦНИИОМТП), $C_{\text{ст}} = 30 \text{ р./м}^2$;

$n_3, n_{\text{л}}$ – соответственно оборачиваемость опалубки зимой и летом.

Дополнительные затраты

$$C'_{\text{мат}} = C_{\text{ут}} + C_{\text{обор}} + C_{\text{оп}} = 0,147 + 0,0716 + 0,212 = 0,431 \text{ р./м}^3;$$

$$C''_{\text{мат}} = C_{\text{п.в.з}} + C_{\text{эн}} = 0,086 + 0,312 = 0,398 \text{ р./м}^3;$$

$$Z_{\text{гр.оп}} = Z_i + Z_{\text{п.в.з}} + Z_{\text{ут}} + Z_{\text{обс}} + Z_k = 0,246 + 0,021 + 0,037 + 0,382 + 0,297 = 0,983 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{гр.оп}} = T_i + T_{\text{п.в.з}} + T_{\text{ут}} + T_k + T_{\text{обс}} = 0,054 + 0,012 + 0,0045 + 0,134 + 0,059 = 0,264 \text{ чел. - дн./м}^3.$$

$$\text{Общая стоимость работ } C_{\text{гр.оп}} = 1,09 \cdot 0,431 + 0,398 + 1,15 \cdot 0,983 = 2,00 \text{ р./м}^3.$$

$$\text{Приведенные затраты } \Pi_{\text{гр.оп}} = C_{\text{гр.оп}} + 0,15 K_{\text{гр.оп}} = 2,00 + 0,15 \cdot 0,161 = 2,02 \text{ р./м}^3.$$

2.5 Расчет технико-экономических показателей бетонирования с применением противоморозных добавок

1 Принимая $t_{cm} = 5^\circ\text{C}$, аналогично изложенному ранее находим $t_{\sigma,н} = 5(1 - 0,1535) - 15 - 0,1535 = 1,93$ (принимаем $t_{\sigma,н} = 2^\circ\text{C}$).

2 Расчетную конечную температуру для комплексной добавки (5 % ХК + 3,5 % ХН) принимаем равной -15°C .

3 Средняя температура за период остывания конструкции

$$t_{\sigma,ср} = t_{\sigma,к} + \frac{t_{\sigma,н} - t_{\sigma,к}}{1,03 + 0,181 M_n + 0,006 \cdot (t_{\sigma,н} - t_{\sigma,к})} =$$

$$= -15 + \frac{2 + 15}{1,03 + 0,181 \cdot 3,72 + 0,006 \cdot (2 + 15)} = -5,6^\circ\text{C}$$

(принимаем $t_{ср} = -6^\circ\text{C}$).

4 Время набора прочности равной 30 % $f_{c,cube}^G$ от при средней температуре твердения $t_{ср} = -6^\circ\text{C}$, составляет 7 сут.

5 В связи с тем, что при использовании данного метода опалубку предполагается не утеплять, затраты по утеплению равны нулю: $Z_{ут} = 0$; $T_{ут} = 0$; $C_{ут} = 0$.

6 Аналогично п. 6 для электронагрева определим затраты по установке опалубки, армированию и укладке бетона:

$$Z_i = 0,246 \text{ р./м}^3; T_i = 0,055 \text{ чел. - дн./м}^3.$$

7 Затраты на подогрев воды и заполнителей (таблица Б.5):

$$Z_{п.в.з} = 1,18 \cdot 0,031 = 0,037 \text{ руб / м}^3;$$

$$T_{п.в.з} = 1,18 \cdot 0,01 = 0,012 \text{ чел. - дн./м}^3;$$

$$C_{п.в.з} = 0,086 \text{ р./м}^3;$$

8 Затраты по контролю качества:

$$Z_k = K_{нр} \cdot \left[P' \cdot \frac{\Phi_{\text{ост}}}{8} \cdot \frac{q}{V} + P'' \cdot \frac{q}{V} \right] =$$

$$= 1,18 \cdot \left[0,049 \cdot \frac{7 \cdot 24}{8} \cdot \frac{4}{6,8} + 0,0125 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,72 \text{ р./м}^3;$$

$$T_k = K_{нр} \cdot \left[H'_{вр} \cdot \frac{\Phi_{\text{ост}}}{8} \cdot \frac{q}{V} + H''_{вр} \cdot \frac{q}{V} \right] =$$

$$= 1,18 \cdot \left[0,0125 \cdot \frac{7 \cdot 24}{8} \cdot \frac{4}{6,8} + 0,005 \cdot \frac{4}{6,8} \right] = 0,185 \text{ чел. - дн./м}^3.$$

9 Затраты, связанные с внесением противоморозных добавок:

приготовление бетона с противоморозными добавками $Z_{пхд} = 0,155 \text{ руб/м}^3$ (таблица Б.4); $T_{пхд} = 0,022 \text{ чел.-дн./м}^3$ (таблица Б.4);

$$C_{пхд} = Q_{хк} Q_{ц} C_{хк} + Q_{хн} Q_{ц} C_{хн} = 0,05 \cdot 360 \cdot 0,06 + 0,035 \cdot 360 \cdot 0,05 = 1,71 \text{ р./м}^3,$$

где $Q_{хк}$, $Q_{хн}$ — количество добавок соответственно ХК и ХН в долях от массы цемента;

$Q_{ц}$ — расход цемента на 1 м^3 бетона;

$C_{\text{ХК}}$, $C_{\text{ХН}}$ — стоимость 1 кг добавок ХК и ХН в расчете на сухое вещество (таблица Б.11).

Дополнительные затраты:

$$C'_{\text{мат}} = C_{\text{х.д}} = 0,171 \text{ р./м}^3;$$

$$C''_{\text{мат}} = C_{\text{п.в.з}} = 0,086 \text{ р./м}^3;$$

$$Z_{\text{х.д}} = Z_i + Z_{\text{п.в.з}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{пхд}} = 0,246 + 0,037 + 0,72 + 0,155 = 1,158 \text{ р./м}^3;$$

$$T_{\text{х.д}} = T_i + T_{\text{п.в.з}} + T_{\text{к}} + T_{\text{пхд}} = 0,054 + 0,012 + 0,72 + 0,022 = 0,808 \text{ чел. - дн./м}^3.$$

Так как в данном методе отсутствует процесс, использующий оборудование, то

$$C_{\text{х.д}} = П_{\text{х.д}} = 1,09C'_{\text{мат}} + C''_{\text{мат}} + 1,15 \cdot Z = 1,09 \cdot 0,171 + 0,086 + 1,15 \cdot 1,158 = 3,28 \text{ р./м}^3.$$

Сравним результаты расчетов (таблица 1).

Как видно из таблицы, наиболее дешевый способ термоса. Его и следует принять в данном случае в производстве. По трудоемкости более выгодный способ с применением греющих опалубок.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели разных способов производства работ

Способ бетонирования	С, р./м ³	Т, чел.-дн./м ³	П, р./м ³
Термоса	1,927	0,315	1,927
Электронагрев	2,74	0,314	2,75

Способ бетонирования	С, р./м ³	Т, чел.-дн./м ³	П, р./м ³
Греющая опалубка	2,00	0,264	2,02
Противоморозные добавки	3,28	0,808	3,28

Список литературы

- 1 **Кузнецов, Ю.П.** Проектирование железобетонных работ. –Киев, Вища школа, 1986. -279 с.
- 2 **ТКП 45-1.03-40-2006** Безопасность труда в строительстве. Общие требования. – Минск, М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 42 с.
- 3 **ТКП 45-1.03-44-2006** Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. – Минск, М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 33 с. 4 **ТКП 45-5.03-21-2006** Бетонные работы при отрицательных температурах воздуха. Правила производства. – Минск, М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2006. – 103 с.
- 4 **ТКП 45-5.03-23-2006** Опалубочные системы. Правила устройства. – Минск, М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2006. – 62 с.
- 5 **ЕНиР сборник Е4** Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1. –М.:Стройиздат, 1987. – 66 с.

Приложение А

(справочное)

Таблица А.1 – Предварительный выбор способа выдерживания бетона

Вид конструкций	Минимальная температура воздуха, °С, до	Способ выдерживания
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3 м ⁻¹	-15 -25	Термос Термос с применением ускорителей твердения бетона Термос с применением противоморозных добавок
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т. п. с модулем поверхности от 3 до 6 м ⁻¹	-15 -25	Термос, в том числе с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения Обогрев в греющей опалубке Предварительный разогрев бетонной смеси Периферийный электропрогрев
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены и перекрытия с модулем поверхности от 6 до 10 м ⁻¹	-15	Обогрев в греющей опалубке, греющими проводами с применением ускорителей твердения Предварительный разогрев бетонной смеси, индукционный обогрев и инфракрасный нагрев
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены и перекрытия с модулем поверхности от 6 до 10 м ⁻¹	-25	Обогрев в греющей опалубке, греющими проводами и термоактивными гибкими покрытиями (ТАГП) с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности от 10 до 20 м ⁻¹	-25	Обогрев в греющей опалубке, греющими проводами и термоактивными гибкими покрытиями (ТАГП) с применением противоморозных добавок и ускорителей твердения
<p><i>Примечание</i> — Противоморозные добавки, как правило, следует применять в комплексе с пластифицирующими добавками.</p>		

Таблица А.2 – Значение $\Delta t_{тр}$ для различных способов транспортирования

Наименование и условия выполнения операций	Δt_i , °C/(°C·мин), °C/(°C·м) (поз. 3), °C/(°C·м ²) (поз. 5)
Транспортирование смеси: самосвалами вместимостью, м ³ : до 2 “ 3,2 автобетоновозом с теплоизоляцией кузова (до 3,2 м ³) автобадьевоном (до 1,6 м ³) автобетоносмесителями вместимостью, м ³ : до 2,5 “ 3,5 “ 5 более 5 то же, в зимнем исполнении	0,003 0,0025 0,00022 0,0009 0,0024 0,0019 0,0014 0,001 0,0004

Приложение Б

(справочное)

Таблица Б.1 - Коэффициенты теплопередачи опалубок и укрытий неопалубленной поверхности бетона различной конструкции

Тип опалубки	Материал слоев опалубки	Толщина слоя, мм	Коэффициент K_T , Вт/(м ² ·°С) при скорости ветра, м/с		
			0	5	15
1	2	3	4	5	6
I	Опалубочная система				
I.I	Опалубка перекрытия с палубой из фанеры $\delta = 21$ мм	21	3,64	4,77	4,99
I.II	Опалубка МОДОСТР-КОМБИ с палубой из фанеры $\delta = 12$ мм	12	5,2	6,6	6,77
I.III	Веерная опалубка колонн системы «МОДОСТР» с палубой из фанеры $\delta = 21$ мм	21	3,64	4,69	4,87
I.IV	Стеновая опалубка КАСКАД системы «МОДОСТР» с палубой из фанеры $\delta = 15$ мм	15	5,3	6,63	6,89
II	Доска	25	2,44	5,2	5,98
	Доска	40	2,03	3,6	3,94
III	Доска	25			
	Пенопласт	30	0,67	0,8	0,82
	Фанера	4			
IV	Доска	25			
	Минеральная вата	50	0,87	1,07	1,1
	Фанера	4			
V	Металл	3			
	Минеральная вата	55	1,02	1,27	1,33
	Фанера	4			
VI*	Фанера	10			
	Асбест	4			
	Фанера	10	2,44	5,1	5,8
VII	Толь, полиэтиленовая пленка	—	0,74	0,89	0,9
	Опилки	100	0,74	0,89	0,9

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6
VIII	Толь, полиэтиленовая пленка	—	1,26	1,77	1,87
	Шлак	150	1,26	1,77	1,87
IX	Толь, полиэтиленовая пленка	—	1,01	1,31	1,37
	Минеральная вата	50	1,01	1,31	1,37
* Применяется с сетчатым нагревателем, расположенным между слоями асбеста					
<i>Примечание</i> — Промежуточные значения K_T определяют интерполяцией					

Таблица Б.2 – Нарастание прочности бетона класса $C^{12/15}-C^{20/25}$ на портландцементе марки 400 (% от $f_{c,cube}^G$)

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °C					
	0	5	10	20	30	40
1	5	9	12	23	35	45
2	12	19	25	40	55	65
3	18	27	37	50	65	77
5	28	38	50	65	80	90
7	35	48	58	75	90	100
14	50	62	72	90	100	—
28	65	77	85	100	—	—

Продолжение таблицы Б.2 - Нарастание прочности бетона класса $C^{25/30}$ на портландцементе марки 500 (% от $f_{c,cube}^G$)

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °C					
	0	5	10	20	30	40
1	8	12	18	28	40	55
2	16	22	32	50	63	75
3	22	32	45	60	74	85
5	32	45	58	74	85	96
7	40	55	66	82	92	100
14	57	70	80	92	100	—
28	70	80	90	100	—	—

Таблица Б.3 – Усредненные поправочные коэффициенты к нормам времени и расценкам на строительно-монтажные и ремонтно-строительные работы, выполняемые в зимних условиях

Температурная зона	Месяц	Поправочный коэффициент	Температурная зона	Месяц	Поправочный коэффициент
I	Январь, февраль	1,05	IV	Декабрь, март	1,1
	Декабрь	1,06		Январь, февраль	1,16
II	Январь, февраль	1,08	V	Ноябрь	1,1
	Март	1,05		Декабрь, март	1,12
	Ноябрь	1,06	VI	Январь, февраль	1,18
Декабрь, март	1,08	Октябрь, апрель		1,07	
Январь, февраль	1,13	Ноябрь, март		1,17	
III	Ноябрь	1,08	Декабрь, январь, февраль	1,25	
	Декабрь, март	1,13			
IV	Январь, февраль	1,13			
	Ноябрь	1,08			

Таблица Б.4 – Затраты заработной платы и труда при различных процессах в зимнее время года

Процесс	Единица величины	Заработная плата, руб.	Трудоёмкость, чел.-дн.
Установка и разборка опалубки деревянной стальной фанерной	М ³	0,359	0,081
		0,339	0,075
		0,512	0,113
Подогрев воды и заполнителей	м ³	0,031	0,01
Замер температуры	1 раз	0,049	0,0125
Изготовление и установка пробки	1 шт.	0,0125	0,005
Установка и разборка утепления горизонтальной поверхности вертикальной поверхности	м ³	0,019	0,005
		0,060	0,014
Изготовление и нашивка полосовых электродов	1 м ² опалубки	0,144	0,038
Обслуживание установок прогрева	см	10,056	2
Приготовление бетона с противоморозными добавками	м ³	0,155	0,022
Изготовление электродов диаметром 6-8 мм, полоса 30 х 2 диаметром 10-12 мм, полоса 30 х 3	шт.	0,0052- 0,0083	0,0012- 0,0019
		0,011	0,0025
Установка стержневых электродов (независимо от сечения электродов)	шт.	0,01	0,003
Срезка электродов 6-8 10-12	шт.	0,0016- 0,003	0,0005- 0,0009
		0,0038	0,0011

Таблица Б.5 – Затраты на подогрев воды и заполнителей при разных температурах наружного воздуха

Температура бетонной смеси при выходе из смесителя, °С	Затрата на подогрев воды и заполнителей, р./м ³ , при температуре, °С							
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5
5	0,15	0,135	0,128	0,108	0,064	0,058	0,053	0,046
10	0,174	0,160	0,145	0,131	0,116	0,109	0,071	0,065
15	0,198	0,184	0,69	0,155	0,140	0,133	0,121	0,199
20	0,222	0,208	0,193	0,179	0,164	0,157	0,0150	0,143
25	0,247	0,232	0,218	0,203	0,188	0,181	0,174	0,167
30	0,271	0,256	0,242	0,228	0,213	0,203	0,198	0,191
35	0,294	0,280	0,266	0,251	0,237	0,225	0,218	0,213

Таблица Б.6 – Теплофизическая характеристика строительных и теплоизоляционных материалов

Материал	Объемная масса в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С)	Расчетная величина коэффициента теплопроводности Вт/(м·°С)	Удельная теплоемкость в сухом состоянии, кДж/(кг·°С)	Стоимость р./м ³	Оборачиваемость утепления
Железобетон	2500	1,68	2,03	0,84	-	-
Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	1,56	1,86	0,84	-	-
Шлакобетон на топливных (котельных) шлаках и бетон на аглопорите	1800	0,7	0,93	0,84	-	-
	800	0,23	0,35	0,84	-	-
Шлакобетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,58	0,81	0,84	-	-
	1000	0,29	0,41	0,84	-	-
Керамзитобетон	1600	0,52	0,75	0,84	-	-
	600	0,16	0,23	0,84	-	-
Шлак	600	0,14	0,29	-	7	-
	800	0,17	0,34	-	7,5	-
Вата минеральная	100	0,04	0,49	0,76	9,3	-
	150	0,05	0,06	0,76	-	-
Вата минеральная	100	0,04	0,49	0,76	9,3	-
	150	0,05	0,06	0,76	-	-
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом связующем на битумном связующем То же »	100	0,046	0,052	0,76	24,3	5(10)
	200	0,058	0,067	0,92	31	5(10)
	300	0,069	0,081	0,92	29,5	5(10)
	100	0,046	0,062	0,92	15	5(10)
Плиты минераловатные прошивные То же	100	0,044	0,048	0,76	33,9	5(10)
	200	0,053	0,06	0,76	32,2	5(10)
Маты минераловатные рулонированные на синтетическом связующем То же	50	0,039	0,046	0,75	-	-
	75	0,043	0,049	0,76	-	-
Маты полосы из стеклянного волокна	175	0,049	0,056	0,84	-	-
Хвойные породы дерева поперек волокон	550	0,093	0,17	2,52	30-40	-
Лиственные породы дерева поперек волокон	700	0,104	0,23	2,52	-	-
Фанера клееная	600	0,116	0,17	2,52	178	-
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные То же » »	1000	0,15	0,29	2,1	-	-
	600	0,104	0,16	2,1	-	-
	400	0,081	0,14	2,1	-	-
	200	0,058	0,08	2,1	-	-

Окончание таблицы Б.6

Материал	Объемная масса в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м·°С)	Расчетная величина коэффициента теплопроводности Вт/(м·°С)	Удельная теплоемкость в сухом состоянии, кДж/(кг·°С)	Стоимость р./м ³	Оборачиваемость утепления
Опилки	250	0,069	0,24	-	2,91	2
Оргалит	300	0,064	0,16	-	-	-
Пенопласт плиточный	200	0,049	0,147	-	-	-
То же	100	0,041	0,043	1,34	41,2	10(20)
»	150	0,046	0,049	1,34	52,1	10(20)
Мипора	15	0,041	0,052	1,34	-	-
Картон строительный многослойный "Эпсонит"	650	0,12	0,17	1,34	-	-
Рубероид, пергамин, толь кровельные	600	0,17	0,17	1,47	0,12	2(5)
Сталь	7600	52	-	0,48	-	-
Снег рыхлый, сухой	300	0,29	-	2,1	-	-
Примечания – Стоимость рубероида, пергамина, толя, р./м ² . Оборачиваемость, приведенная в скобках, дана для утеплителя, закрепленного в опалубочных щитах						

Таблица Б.7 – Тепловыделение цемента (Э) различных видов и марок в зависимости от температуры и времени твердения

Бетон	Возраст, сут	Прочность бетона, % от проектной, для средней температуры твердения, °С					
		0	5	10	20	30	40
1	2	3	4	5	6	7	8
С ¹² / ₁₅ –С ²⁰ / ₂₅ на ПЦ 400	1	5	9	12	23	35	45
	2	12	19	25	40	55	65
	3	18	27	37	50	65	77
	5	28	38	50	65	80	90
	7	35	48	58	75	90	100
	14	50	62	72	90	100	—
	28	65	77	85	100	—	—
С ²⁵ / ₃₀ на ПЦ 500	1	8	12	18	28	40	55
	2	16	22	32	50	63	75
	3	22	32	45	60	74	85
	5	32	45	58	74	85	96
	7	40	55	66	82	92	100
	14	57	70	80	92	100	—
	28	70	80	90	100	—	—
С ³⁰ / ₃₇ , С ³⁵ / ₄₅ на ПЦ 600	1	8	13	21	32	45	59
	2	17	25	36	52	65	75
	3	23	35	45	62	75	85
	5	34	47	58	75	83	90
	7	42	57	68	85	90	100
	14	58	73	82	95	100	—
	28	71	83	92	100	—	—

Окончание таблицы Б.7

1	2	3	4	5	6	7	8
С ¹² / ₁₅ –С ²⁰ / ₂₅ на ШПЦ 400	1	3	6	10	16	30	40
	2	8	12	18	30	40	60
	3	13	18	25	40	55	70
	5	20	27	35	55	65	85
	7	25	34	43	65	70	100
	14	35	50	60	80	96	—
	28	45	65	80	100	—	—
Керамзитобетон С ¹² / ₁₅ на ПЦ 400	1	3	5	10	25	50	61
	2	9	14	24	50	63	75
	3	18	23	37	63	73	85
	7	35	48	58	80	91	97
	28	65	79	63	100	—	—

Таблица Б.8 – Техническая характеристика трехфазных силовых трансформаторов, используемых для электрообработки бетона

Марка	Мощность, кВ·А	Стоимость, р.
ТМ 63/6 ТМ 63/10	63	305
ТМ 100/6 ТМ 100/10	100	415
ТМ 160/6 ТМ 160/10	160	560
ТМ 250/6 ТМ 250/10	250	750
ТМ 400/6 ТМ 400/10	400	1080
ТМ 630/6 ТМ 630/10	630	1600
ТМ 1000/6 ТМ 1000/10	1000	2100

Таблица Б.9 – Количество смен работы трансформаторов в году

Температурные зоны (по ВНДЭС)	Число дней зимнего периода в году		Число смен работы в зимний период
	календарных	рабочих	
I	84	61	183
II	120	83	249
III	146	101	303
IV	164	114	342
V	190	124	372
VI-VII	219	127	381
VIII-X	237	134	402

Таблица Б.10 – Тарифы на электроэнергию, р. (основная) и дополнительная оплата

Энергоснабжающая организация	Двухставочные тарифы для промышленных и приравненных к ним потребителей			Одноставочные тарифы C_4, P_1 , за 1 кВт·ч	Температурные зоны по ЕНиР (общая часть)
	Основная плата, р. а 1 кВт·А оплачиваемой мощности C_1	Дополнительная плата, Р., за 1 кВт·ч на стороне напряжения			
		первичного C_2	вторичного C_3		
Министров БР	33,7	0,0092	0,0095	0,025	2-3

Таблица Б.11 – Примерная стоимость 1 т химдобавок в расчете на сухое вещество

Химическая добавка	Условное обозначение	Стоимость, руб./т
Хлорид кальция	ХК	26-76
Нитрат кальция	НК	60-70
Нитрит- нитрат кальция	ННК	60-70
Нитрит- нитрат- хлорид кальция	ННХК	60-65
Нитрат кальция с мочевиной	НКМ	80
Нитрит натрия	НН	100-150
Поташ	П	110-170
Сульфитно-дрожжевая бражка	СДБ	45-65
Суперпластификатор	С-3	280
Синтетическая поверхностно-активная добавка	СПД	220
Кремнийорганическая жидкость	ГКЖ-94	4800

Таблица Б.12 – Нарастание прочности легкого бетона на портландцементе марки 400

Возраст бетона, сут.	Средняя температура бетона в конструкции, °С											
	0		5		10		20		30		40	
	К.Б.	А.Б.	К.Б.	А.Б.	К.Б.	А.Б.	К.Б.	А.Б.	К.Б.	А.Б.	К.Б.	А.Б.
1	2	3	5	6	10	10	25	24	50	48	61	61
2	9	11	14	13	24	26	50	50	63	65	75	76
3	18	20	23	24	37	40	63	62	73	75	85	86
7	35	37	48	45	58	53	80	80	91	91	97	97
28	65	67	79	73	83	82	100	100	-	-	-	-

Таблица Б.13 – Требуемая удельная тепловая мощность в период подъема температуры бетона в деревянной опалубке толщиной 25 мм

Температура наружного воздуха, °С	Скорость подъема температуры бетона, °С/ч	Мощность, кВт/м ³ , при модуле поверхности														
		4			6			10			15			20		
		Температура изометрического прогрева, °С														
		40	60	80	40	60	80	40	60	80	40	60	80	40	60	80
0	5	3,6	3,98	4,4	3,98	4,61	5,23	4,82	5,86	6,9	5,86	7,43	8,99	6,91	8,99	11,08
	10	7,1	7,52	7,94	7,52	8,16	8,77	8,36	9,4	10,45	9,4	10,97	12,53	10,45	12,53	14,62
	15	10,63	11,05	11,47	11,05	11,68	12,3	11,89	12,93	13,98	12,93	14,5	16,06	13,98	16,06	18,15
	20	14,17	14,59	15	14,59	15,22	15,83	15,43	16,47	17,52	16,47	18,04	19,6	17,52	19,6	21,69
-10	5	3,77	4,17	4,61	4,3	4,93	5,55	5,34	6,38	7,43	6,64	8,21	9,77	7,95	10,04	12,12
	10	7,32	7,74	8,16	7,85	8,48	9,1	8,89	9,93	10,48	10,19	11,76	13,32	11,5	13,59	15,67
	15	10,84	11,26	11,68	11,57	12	12,62	12,41	13,45	14,5	13,71	15,28	16,84	15,02	17,11	19,19
	20	14,38	14,8	15,22	14,91	15,54	16,16	15,95	16,99	17,74	17,25	18,82	20,38	18,58	20,65	22,73
-20	5	3,98	4,4	4,82	4,61	5,23	5,84	5,84	6,91	7,95	7,43	8,99	10,56	8,99	11,08	13,17
	10	7,52	7,94	8,36	8,16	8,78	9,41	9,41	10,46	11,5	10,98	12,56	14,1	12,56	14,63	16,72
	15	11,05	11,47	11,89	11,68	12,3	12,93	12,93	13,98	15,02	15,5	16,06	17,73	16,06	18,15	20,24
	20	14,59	15	15,43	15,22	15,84	16,47	16,47	17,52	18,56	18,04	19,6	21,17	19,6	21,69	23,78
-30	5	4,19	4,61	5,03	4,93	5,55	6,17	6,38	7,43	8,47	7,21	9,77	11,34	10,04	12,12	14,21
	10	7,73	8,16	8,58	8,48	9,1	9,72	9,93	10,98	12,02	11,76	13,32	14,89	14,59	15,67	17,76
	15	11,26	11,68	12,1	12	12,62	13,24	13,45	14,5	15,54	15,28	16,84	18,41	17,11	19,19	20,28
	20	14,8	15,21	15,67	15,57	15,16	16,78	16,99	18,04	18,82	18,82	20,38	21,95	20,65	22,73	24,84
-40	5	4,4	4,81	5,23	5,23	5,86	6,49	6,91	7,95	8,99	8,99	10,56	12,13	11,08	13,17	15,26
	10	7,94	8,37	8,78	8,78	9,41	10,04	10,46	11,5	12,54	12,54	14,11	15,68	14,63	16,72	18,81
	15	11,47	11,89	12,3	12,3	12,93	13,56	13,98	15,02	16,06	16,06	17,63	19,2	18,15	20,24	22,33
	20	15	15,43	15,84	15,84	16,37	17,1	17,52	18,56	19,6	19,6	21,17	22,74	21,69	23,78	25,84

Приложение В
(информационное)

Таблица В.1 – Варианты заданий для самостоятельного решения

Но мер ва- риа нта	Размеры двухступенчатого фундамента		Класс бетона	Марка цемента	Расход цемента, кг/м ³	$t_{нв},$ °С	Скорость ветра, м/с	%, $f_{c,cube}^G$
	нижней ступени	верхней ступени						
1	3000×3000×600	1800×1800×1200	C ¹² / ₁₅	400	350	-15	5	50
2	2700×2700×600	1500×1500×1200	C ¹² / ₁₅	400	300	-10	5	50
3	2400×2400×600	1200×1200×1200	C ¹² / ₁₅	400	320	-5	5	50
4	2100×2100×600	900×900×1200	C ¹² / ₁₅	400	360	-12	5	50
5	3300×3300×600	2100×2100×1200	C ¹² / ₁₅	400	310	-17	5	50
6	3000×3000×450	1800×1800×1500	C ¹² / ₁₅	400	350	-18	7	60
7	2700×2700×450	1500×1500×1500	C ¹² / ₁₅	400	300	-20	7	60
8	2400×2400×450	1200×1200×1500	C ¹² / ₁₅	400	320	-22	7	60
9	2100×2100×450	900×900×1500	C ¹² / ₁₅	400	360	-24	7	60
10	3300×3300×450	2100×2100×1500	C ¹² / ₁₅	400	310	-25	7	60
11	3000×3000×450	2100×2100×1800	C ²⁰ / ₂₅	400	350	-20	5	40
12	2700×2700×450	1800×1800×1800	C ²⁰ / ₂₅	400	300	-10	5	40
13	2400×2400×450	1500×1500×1800	C ²⁰ / ₂₅	400	320	-12	5	40
14	2100×2100×450	1200×1200×1800	C ²⁰ / ₂₅	400	360	-15	5	40
15	3300×3300×450	2400×2400×1800	C ²⁰ / ₂₅	400	310	-17	5	40
16	3600×3600×450	2700×2700×1800	C ²⁵ / ₃₀	500	350	-20	10	50
17	3000×3000×600	2100×2100×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	300	-22	10	50
18	2700×2700×600	1800×1800×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	320	-23	10	50
19	2400×2400×600	1500×1500×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	360	-12	10	50
20	2100×2100×600	1200×1200×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	310	-10	10	50
21	3300×3300×600	2400×2400×1200	C ²⁰ / ₂₅	400	350	-10	5	60
22	3600×3600×600	2700×2700×1200	C ²⁰ / ₂₅	400	300	-12	5	60
23	4200×4200×600	2400×2400×1500	C ²⁰ / ₂₅	400	320	-8	5	60
24	3000×3000×450	1800×1800×1500	C ²⁰ / ₂₅	400	360	-8	5	60
25	2700×2700×450	1500×1500×1500	C ²⁰ / ₂₅	400	310	-12	5	60
26	2400×2400×450	1200×1200×1500	C ²⁰ / ₂₅	400	350	-15	7	40
27	2100×2100×450	900×900×1500	C ²⁵ / ₃₀	500	300	-16	7	40
28	2400×2400×450	1500×1500×1800	C ²⁵ / ₃₀	500	320	-17	7	40
29	2400×2400×600	1500×1500×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	360	-15	5	40
30	2100×2100×600	1200×1200×1200	C ²⁵ / ₃₀	500	310	-10	5	40