

Федеральное агентство по образованию  
ГОУВПО  
Санкт – Петербургский государственный политехнический  
университет.

Инженерно – строительный факультет.

Кафедра “Технология, организация и экономика  
строительства”.

**Телешев В.И.**

**«Производство бетонных работ»  
Специальность 270104**

методические указания  
к курсовому проекту

Санкт – Петербург  
2006

## Содержание.

### Введение. Задание.

Глава 1. Исходные данные. Объемы работ. Требования к бетону сооружения.

1.1 Исходные данные.

1.2 Этапы возведения сооружений и объем работ.

1.2.1 Этапы возведения сооружения.

1.2.2 Объемы работ по этапам.

1.3 Зональное распределение марок бетона.

Глава 2. Технологические мероприятия по обеспечению трещиностойкости и монолитности бетонного сооружения.

2.1 Выбор способа разрезки сооружения на блоки бетонирования.

2.2 Определение величины необходимого снижения максимальной температуры в блоке по условиям его трещиностойкости.

2.2.1 Общие положения.

2.2.2 Определение  $\Delta T_{\text{б}}^{\text{тех}}$  для конкретных условий.

2.2.3 Назначение технологических мероприятий по снижению температуры в блоке.

2.3 Определение необходимого повышения температуры в зимний период.

2.3.1. Общие положения.

2.3.2. Определение необходимой температуры бетонной смеси на выходе из бетонного завода.

2.3.3. Определение необходимого подогрева составляющих бетонной смеси.

2.4. Требования к опалубке.

2.4.1. Общие требования.

2.4.2. Определение теплозащитных свойств опалубки.

2.5. Омоноличивание временных швов.

2.6. Мероприятия по обеспечению требуемого температурного режима.

Глава 3. Календарный график производства бетонных работ.

3.1. Объемы работ и сроки.

3.2. Определение расчетных среднемесячной и максимальной интенсивности.

Глава 4. Бетонное хозяйство.

4.1. Определение мощности бетонного завода, его марки и требуемого оборудования.

4.2. Определение типа и емкости складов заполнителей.

4.3. Определение типа и емкости склада цемента.

4.4. Общий состав бетонного хозяйства.

Глава 5. Арматурные и опалубочные работы.

5.1. Арматурные работы.

5.2. Опалубочные работы.

Глава 6. Транспорт и укладка бетонной смеси.

6.1. Выбор основной схемы транспортировки и укладки бетонной смеси.

6.1.1. Общая схема транспорта.

6.1.2. Общая схема укладки бетонной смеси в верховой столб.

6.1.3. Общая схема укладки укатанного бетона.

6.2. Определение производительности кранов и их количества.

6.2.1. Определение производительности крана на укладке бетона.

6.2.2. Определение комплексной производительности кранов.

6.2.3. Определение количества кранов.

6.3. Определение типа транспортных средств и их количество.

6.4. Комплексная механизация работ в блоке.

7. Экономика бетонных работ.

7.1. Локальный сметный расчет на бетонные работы

7.2. Экономические показатели.

8. Литература.

## **Введение. Задание.**

Данный курсовой проект выполняется студентами специальности 270104 «гидротехническое строительство» по дисциплине «Производство гидротехнических работ»

Выполнению этого проекта предшествует чтение лекций по данной дисциплине.

Электронная версия пособия включает 3 файла:

1. Основная записка с расчетами.

2 Приложение №1- Чертежи.

3 Приложение №2- Сметный расчет

Исходное задание к курсовому проекту приведено ниже.

В подготовке электронной версии принимали участие студенты 5-го курса Прямицкий А. и Рябинцев А.

**ГОУ ВПО  
Санкт –петербургский государственный  
политехнический  
Университет**

**ИСФ  
Кафедра технологии ,организации и экономики строительства**

**ЗАДАНИЕ  
к курсовому проекту «ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ»**

Студенту .....группы .....

Составить проект производства бетонных работ  
По сооружению чертеж №.....

.....

**Исходные данные**

- 1) Район строительства .....
- 2)Продолжительность бетонных работ.....
- 3) Учесть дополнительные объемы бетона.....
- 4).....

Руководитель.....

Задание выдано «        »        »        200 года .....

Проект принят...»        «..... 200 года.....

## **Последовательность проектирования и содержание пояснительной записки:**

- 1) Исходные данные. Объемы работ .Требования к бетону сооружения и технологии его приготовления.
  - 1.1 Исходные данные.
  - 1.2 Этапы возведения сооружений и объемы работ.
  - 1.3 зональное распределение марок бетона.
  
- 2) Технологические мероприятия по обеспечению трещиностойкости и монолитности бетонного сооружения
  - 2.1 Выбор способа разрезки сооружения на блоки
  - 2.2 Определение величины необходимого снижения температуры в блоке по условиям его трещиностойкости.
  - 2.3 Определение повышения температуры в зимний период.
  - 2.4 Требования к опалубке.
  - 2.5 Мероприятия по обеспечению температурного режима.
  
- 3) Календарный график производства бетонных работ.
  - 3.1 Сроки ведения работ и их интенсивности..
  - 3.2 Определение расчетной и максимальной интенсивностей.
  
- 4)Бетонное хозяйство
  - 4.1 Определение мощности бетонного завода
  - 4.2 Определение типа и мощности других предприятий
  
- 5) Арматурные и опалубочные работы
  - 5.1 Применяемые типы армирования Мощность завода.
  - 5.2 Применяемые типы опалубки.Мощность цеха.
  
- 6) Транспорт и укладка бетонной смеси.
  - 6.1 Выбор основной транспортной схемы
  - 6.2 Определение производительности кранов .
  - 6.3 определение производительности бетоновозов
  - 6.4 Комплексная механизация работ в блоке.
  
- 7) Экономика бетонных работ.
  - 7.1 Локальный сметный расчет на бетонные работы.
  - 7.2 Экономические показатели.

### **Графическая часть**

выполняется на форматках и листе ватмана в составе::

1. Разрезы по сооружениям.
2. Схемы разбивки на блоки,
3. Схемы опалубливания, армирования.
4. Расчетные схемы и графики результатов расчетов
5. Схемы расстановки кранов
- 6 Схемы механизации работ в блоках.
- 7 Бетонное хозяйство
- 8 .Некоторые детали

## **Глава 1. Исходные данные. Объемы работ. Требования к бетону сооружения.**

### **1.1 Исходные данные.**

В соответствии с заданием имеем следующие исходные данные:

1. Плотина гравитационного типа.
2. Район строительства – Дальний Восток (Буря).
3. Параметры отдельных элементов плотины:  
(таблица из задания)

Н <sub>пл.</sub>	$\Delta H_{\text{ср}} = \text{ФПУ-УМО}$	УНБ	Ширина секции	Количество секций		
				Глухая	Водосливная	Станционная
125	26	14	15	10	6	4

4. Разрез по створу и профили отдельных элементов представлены на рисунках 1.1, 1.2, .

### **1.2 Этапы возведения сооружений и объем работ.**

#### **1.2.1 Этапы возведения сооружений.**

При возведении сооружений для четкости планирования и составления календарного плана рекомендуется выделить этапы строительства, в которых будут рассматриваться конкретные задачи. Для речных гидротехнических сооружений выделяют минимум пять этапов [1].

I этап – возведение сооружений необходимых для перекрытия русла;

II этап – перекрытие русла, открытие котлована второй очереди;

III этап – возведение сооружений по всему напорному фронту до отметок, необходимых для начала наполнения водохранилища;

IV этап – наполнение водохранилища до пусковых отметок и пуск первой очереди сооружения;

V этап – возведение сооружения до проектных отметок и пуск всех агрегатов;

Схемы этапов для нашей русловой компоновки даны на рисунке 1.3.

#### **1.2.2 Объемы работ по этапам.**

С точки зрения производства бетонных работ и расстановки кранов (краны на основании) и в последующих (краны на сооружениях) основное влияние на эти решения оказывают I и II-V этапы.

Поэтому объемы работ определяем с такой разбивкой для I и II-V этапов.

На рисунке 1.1 показана разбивка на эти этапы, а в таблице 1.2 приведен расчет объемов работ.

Подсчет объемов бетона:

Таблица 1.2:

Этапы	Схемы этапов	№ элемента	площадь м <sup>2</sup>	Длина элемента м	Объем эл-та м <sup>3</sup>	Общий объем тыс м <sup>3</sup>	Примечания	
I Этап	<p>Водосливная секция 10-15</p>	F <sub>1</sub>	$(74 + 87.5) \cdot 20 / 2 = 1610$	90	$1610 \cdot 90 = 145000$	145 - 35 = 110		
		F <sub>2</sub>	$6 \cdot 12 = 72$	$6 \cdot 87.5 = 465$	$72 \cdot 465 = 35000$			
	<p>Глухие</p>	F <sub>3</sub>	1610	15	$1/3(1610 \cdot 15) = 8000$	8		
Всего I этап:							=120	

Этапы	Схемы этапов	№ элемента	площадь м <sup>2</sup>	Длина элемента м	Объем эл-та м <sup>3</sup>	Общий объем тыс м <sup>3</sup>	Примечания
II-V Этапы	<p>Водосл секции 10-15</p>	F <sub>4</sub>	$0.5 \cdot 74 \cdot 105 = 3900$	$15 \cdot 6 = 90$	$3900 \cdot 90 = 350000$	350 - 3,1 \cdot 1,8 = 349 = 350	
		F <sub>5</sub>	$-0.5 \cdot 10 \cdot 7 = 35$	90	$-35 \cdot 90 = -3150$		
		F <sub>6</sub>	$10 \cdot 10 = 100$	$3 \cdot 6 = 18$	1800		
	<p>Станц секции 6-9</p>	F <sub>7</sub>	$0.5 \cdot 87.5 \cdot 125 = 5500$	72	$5500 \cdot 72 = 395000$	3,95 - 3,6 = 399 = 400	
	F <sub>8</sub>	$0.5 \cdot 10 \cdot 10 = 50$	72	$50 \cdot 72 = 3600$	=400		
	<p>Глухие секции 1-5, 16-19</p>	F <sub>9</sub>	$0.5 \cdot 87.5 \cdot 125 = 5500$	180	$1/3 \cdot 5500 \cdot 180 = 330$	330 - 9 = 340	
	F <sub>9</sub>	$0.5 \cdot 10 \cdot 10 = 50$	180	$50 \cdot 180 = 9000$			
Всего II-V этапы:			$350 + 400 + 340 =$			1090	
Всего по сооружению:			$120 + 1090 =$			1210	

### 1.3 Зональное распределение марок бетона.

Для экономии цемента целесообразно марки бетона назначать в соответствии с основными требованиями к маркам в различных частях сооружения.

Общая схема зональности дана на рисунке 1.4 [5].

....

Требования к бетонам в различных частях сооружения устанавливаются нормативными документами [2,3,4]

Основные положения из них изложены в [5], поэтому мы и будем пользоваться этим источником:

- для назначения марки по водонепроницаемости  $W$  – таблица 1.1.

- для назначения марки по морозостойкости  $F$  - таблица 1.2.

Климатические условия определяются по СНиП 2.01.01.82 – строительная климатология и геофизика или по данным приложения [5,6].

Для нашего конкретного случая исходными данными являются:

- температура воды  $t_{\text{воды}} - + 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

- градиент напора  $J=100/8=12$ ;

- температура января  $t_{\text{января}} \text{ среднемесячная}$  – ниже  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  – особо суровые условия;

- число циклов замораживания и оттаивания –  $n_{\text{ц}}=150$ .

В соответствии с этими данными:

$W=6$ ;

$Мрз=500$ ;

$W=6$  по прочности соответствует  $M-200$ (или  $B15$ );

$Мрз 500$  по прочности соответствует  $M-500$ (или  $B30$ ).

Таким образом устанавливаем следующие марки:

- для зоны 1-  $M150$   $Мрз 100$  ( $W4$ );

- для зоны 2-  $M500$   $Мрз 500$  ( $W12$ );

- для зоны 3-  $M200$   $W 6$  ( $Мрз 150$ );

- для зоны 4-  $M150$  ( $W 4$ ,  $Мрз 100$ );

- для зоны 5-  $M500$   $Мрз 500$  ( $W$ ).

Зональное распределение представлено на рисунке 1.4.

## **Глава 2. Технологические мероприятия по обеспечению трещиностойкости и прочности бетонного сооружения.**

### **2.1 Выбор способа разрезки сооружения на блоки бетонирования.**

Существуют 4 основных способа разрезки сооружений на блоки бетонирования:

- 1) ярусная в перевязку;
- 2) столбчатая с разновидностями:
  - с притычными межстолбчатыми блоками;
  - с объемными межстолбчатыми блоками;
- 3) секционная с разновидностями (с длинными блоками):
  - с многослойными длинными блоками;
  - с однослойными длинными блоками из обычного бетона;
  - с однослойными длинными блоками из укатанного бетона;
- 4) секционная.

Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, и соответственно области применения [5].

В нашем случае имеем следующие исходные данные для выбора способа разрезки:

- а) основание скальное;
- б) высота плотины – 125 метров;
- в) климатические условия [6]:
  - температура  $t_{\text{среднегодовая}} - -4,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;
  - средняя температура января –  $-30,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;
  - средняя температура июля –  $+18,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Таким образом – условия особо суровые.

Для этих условий возможно применение столбчатой разрезки с объемными межстолбчатыми швами или смешанной разрезки, столбчатой на напорной грани в сочетании с секционной разрезкой, однослойной из укатанного бетона. В соответствии с последними тенденциями по совершенствованию технологий бетонных работ принимаем второй вариант – с применением укатанного бетона.

В напорном столбе применяется обычный бетон; размеры блока:

- в плане приняты: 15\*14 м;
- по высоте: 1,5 – 3,0 м – в основании;  
3,0 – 6,0 м в переходной зоне;  
6,0 и более – выше.

Обычный бетон применяется и с низовой стороны; размеры блоков:

- в плане: 15\*4 м;
- по высоте: кратно слоям укатанного бетона.

В средней части используем однослойные блоки из укатанного бетона.

Толщина слоя:  $H_{\text{сл}}=H_{\text{бл}}=30\text{см}$ .

Между первым столбом и укатанным бетоном возможно применить объемный межстолбчатый шов или притычный шов с цементацией при отрицательных температурах в соседних блоках.

Учитывая последние тенденции, принимаем второй вариант, но с устройством бетонного шва на участке 8-10 м при выходе на низовую грань.

Соответствующая схема разрезки дана на рисунке 2.1.

## 2.2 Определение величины необходимого снижения максимальной температуры в блоке по условиям его трещиностойкости.

### 2.2.1 Общие положения.

Температура в блоке в связи с экзотермическими процессами и влиянием наружного воздуха постоянно меняется в период строительства. Возникают перепады температур, которые могут вызвать трещинообразование. Для избежания трещинообразования максимальная температура в блоке не должна превышать допустимых.

Для блоков в основании допустимая максимальная температура в блоке приближенно определяется по ф.2.10 [5]:

$$[T_{\text{б}}^{\text{max}}] = T_{\text{б}}^{\text{ср}}_{\text{экспл}} + [\Delta T_{\text{б}}^{\text{max}}],$$

где  $T_{\text{б}}^{\text{ср}}_{\text{экспл}}$  – средняя температура в блоке в период эксплуатации;

$[\Delta T_{\text{б}}^{\text{max}}]$  – допустимый перепад температур в блоке в период строительства.

В свою очередь

$$[\Delta T_{\text{б}}^{\text{max}}] = \frac{\varepsilon_{\text{пр}}}{\alpha * k_{\text{з}} * k_{\text{р}} * k_{\text{пр}}} = k_{\text{перех}} \quad (\text{ф. 2.6, 2.7})$$

где  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – предельная растяжимость бетона;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения;

$k_{\text{з}}$  – коэффициент заземления (средний);

$k_{\text{р}}$  – коэффициент релаксации (средний);

$k_{\text{перех}}$  – переходный коэффициент от средней температуры в блоке в период экзотермии к максимальной (1,3-1,5).

Возможную максимальную температуру в блоке в период экзотермии  $T_{\text{б}}^{\text{max}}$  можно определить приближенно, приняв процесс в адиабатических условиях.

Тогда:

$$T_{\text{б}}^{\text{a max}} = T_{\text{б нач}} + \Delta T_{\text{б}}^{\text{a}};$$

Где  $T_{\text{б нач}}$  – начальная температура в блоке;

$\Delta T_{\text{б}}^{\text{a}}$  – подъем температуры в процессе экзотермии в адиабатических условиях, равный:

$$\Delta T_{\text{б}}^{\text{a}} = \frac{Ц * q}{c * \gamma};$$

где  $Ц$  – расход цемента;

$q$  – удельное тепловыделение цемента;

$c$  – удельная теплоемкость свежееуложенного бетона, ккал/кг<sup>0</sup>С;

$\gamma$  – плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>.

Зная  $T_{б.э.}^{amax}$  и  $[T_6^{max}]$  можно определить величину необходимого снижения температуры в блоке за счет различных технологических мероприятий:

$$\Delta T_6^{техн} = T_{б.э.}^{amax} - [T_6^{max}].$$

Общая расчетная схема представлена на рисунке 2.2.

### 2.2.2 Определение $\Delta T_6^{техн}$ для конкретных условий.

Размер блока: 15\*14 м;

высота:  $H_{бл} = 3$  м;

марка бетона: М – 250 -  $E = 2,65 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>;

основание - гранит  $E = 200 \cdot 10^3$  кг/см<sup>2</sup>;

вычисления выполним в порядке перечисленных выше формул:

$$[\Delta T_6^{сп}] = \frac{\varepsilon_{пр}}{\alpha * k_3 * k_p * k_{mp}}$$

1) Предельная растяжимость -  $\varepsilon_{пр}$ .

$\varepsilon_{пр} = \varphi(M, \text{состава, однородности, возраста})$ .

По нормативам [2] рекомендовано для марки 250  $\varepsilon_{пр} = 0,8 \cdot 10^{-4}$  [5].

Для повышения однородности бетона предусматриваем фракционирование 5÷20, 20÷40, 40÷80, 80÷120.

2) Коэффициент линейного расширения -  $\alpha$ .

$\alpha = \varphi(\alpha\text{-заполнителя, состава бетона})$ .

Для однородного состава он стабилен и колеблется в пределах  $0,75 \div 1,1 \cdot 10^{-5}$  в зависимости от  $\alpha$ -заполнителей, для гранитного заполнителя и тщательно подобранного состава бетона примем  $\alpha = 0,75$

3) Коэффициент заземления -  $k_3$ .

$k_3 = \varphi(H_{бл}/l_{бл}; E_{бет}/E_{осн})$ .

В нашем случае:  $H_{бл}/l_{бл} = 3/15 = 0,2$ ;

$$E_{бет}/E_{осн} = 2,65 \cdot 10^5 / 2 \cdot 10^5.$$

По графикам для определения  $k_3$  [5] находим  $k_3 = 0,6$ .

4) коэффициент релаксации  $k_p$

$$k_p = \varphi(\tau_0, \tau_k, \Delta t).$$

$\tau_0$  – возраст бетона к началу охлаждения.

В нашем случае начало бетонирования – июнь, а охлаждение начнется в ноябре, следовательно возраст  $\tau_0 = 6$  месяцев = 180 дней.

$\tau_k$  - возраст бетона к моменту остывания бетонной кладки до средней эксплуатационной (до температуры омоноличивания).

В нашем случае для охлаждения бетона требуется зимний период и омоноличивание в апреле, тогда  $\tau_k = 10$  месяцев = 300 дней.

Продолжительность остывания блока:

$$\Delta t_k = \tau_k - \tau_0 = 10 - 6 = 4 \text{ месяца} = 120 \text{ дней.}$$

По графику для определения  $k_p$  [6](рисунок 5):  $k_p=0,8$ .

5) Допустимый максимальный перепад:

$$[\Delta T_6^{\max}] = \frac{\varepsilon n p}{\alpha * k_s * k_p * k_{mp}} = \frac{0.8 * 100000}{0.75 * 10000 * 0.6 * 0.8} = 22^\circ.$$

Допустимый средний перепад с учетом естественного остывания блока:

$$[\Delta T_6^{\text{cp}}] = [\Delta T_6^{\max}] * k_{\text{перех}} = 22 * 1,3 = 29^\circ.$$

Рассмотрим, как влияют сроки бетонирования на изменение  $K_p$ , а следовательно на допустимый перепад. Так если блок будет забетонирован в сентябре, тогда

$$\begin{aligned} \tau_0 &= 1 \text{ месяц} = 30 \text{ дней;} \\ \tau_k &= 6 \text{ месяцев} = 180 \text{ дней;} \\ \Delta t_k &= 4 \text{ месяца} = 120 \text{ дней;} \\ k_p &= 0,5. \end{aligned}$$

При бетонировании блока в начале зимнего периода охлаждение начинается после периода экзотермического разогрева:

$$\begin{aligned} \tau_0 &= 7-14 \text{ дней;} \\ \tau_k &= 4 \text{ месяца} = 120 \text{ дней;} \\ \Delta t_k &= 3,5 \text{ месяца} = 100-105 \text{ дней;} \\ k_p &= 0,2-0,4. \end{aligned}$$

Поскольку  $k_p$  при сокращении срока до начала остывания уменьшается, то согласно формуле 2.6 допустимый перепад температур увеличивается, значит для более неблагоприятных блоков их следует бетонировать ближе к зиме.

Вывод: блоки в основании, забетонированные в осенний период, более трещиностойкие, чем блоки, забетонированные в весенне-летний период.

б) Максимальная допустимая температура в блоке.

$$[T_6^{\max}] = [T_6^{\text{cp}}_{\text{экспл}}] + [\Delta T_6^{\max}]$$

$$[T_6^{\text{cp}}_{\text{экспл}}] \approx [T_{\text{ср год}}]$$

Для нашего случая:

$$T_{\text{ср год}} = \varphi(T_{\text{ср водоохр}}; T_{\text{ср год воздуха}})$$

$$T_{\text{ср водоохр}} = 4^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ср год воздуха}} = -4,1^\circ\text{C (Зея)} [6].$$

$$\text{Тогда } [T_6^{\text{cp}}_{\text{экспл}}] = (T_{\text{ср вод}} + T_{\text{ср год воздуха}}) / 2 = (+4 - 4,1) / 2 = 0,2^\circ.$$

$$\text{Тогда } [T_6^{\max}] = 0 + 22 = 22^\circ.$$

7. Возможная максимальная температура в блоке в период экзотермии (в условиях адиабатического процесса).

$$\Delta T_{6 \text{ э}}^a = \frac{C * q}{c * \gamma};$$

где Ц – расход цемента. Для М-250 Ц=200-250, примем Ц=240 – таблица 9. [6];

q – удельное тепловыделение цемента. Для этой зоны примем портландцемент 300 с тепловыделением при t=20°C q=70 ккал/кг (приложение 2[6]);

c – удельная теплоемкость бетона, 0,20 ккал/кг°C (приложение 3[6]);

γ - плотность бетонной смеси, 2400 кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta T_{б.э}^a = \frac{240 * 70}{0.2 * 2400} = 35 \text{ } ^\circ\text{C};$$

8) Возможная максимальная температура в блоке в период экзотермии.

$$T_{б.э}^a = T_{б.нач.} + \Delta T_{б.э}^a = 18 + 35 = 53 \text{ } ^\circ\text{C},$$

T<sub>б.нач.</sub> - начальная температура бетонной смеси при укладке в блок, принимаем равной средней температуре воздуха в июле месяце- 18°C.

9) Величина необходимого снижения температуры в боке.

$$\Delta T_{бет}^{техн.} = T_{б.э}^a - [T_{б.ср.дн}] = 53 - 29 = 24 \text{ } ^\circ\text{C},$$

Результаты расчетов п.2.2 приведены на рисунке 2.3.

### 2.2.3 Назначение технологических мероприятий по снижению температуры в блоке.

Для назначения воспользуемся рекомендациями табл.3.1-3.3 [5].

Мероприятия	Возможное снижение температуры бетонной смеси, °C
Охлаждение воды	3
Затенение складов заполнителя	4
Трубное охлаждение, 1,5x3,0	20
Σ27°C	

## 2.3 Определение необходимого повышения температуры в зимний период.

### 2.3.1. Общие положения.

В зимний период приготовление бетона имеет свои особенности. Кроме обеспечения условий предотвращения трещинообразования, требуется обеспечить условие набора прочности. Это условие требует, чтобы бетонная смесь не замерзла до набора определенной прочности (40-50% от необходимой прочности), а для этого смесь должна иметь положительную температуру в течение всего этого периода. Температура бетонной смеси при его приготовлении зависит от температуры ее составляющих. Поскольку заполнители хранятся обычно на открытом воздухе (зимой будет иметь место промерзание), то есть требуется их подогрев. Величина подъема температуры определяется расчетом в зависимости от необходимой температуры на выходе из бетонного завода.

### 2.3.2. Определение необходимой температуры бетонной смеси на выходе из бетонного завода.

Эту температуру можно определить по ф.12[6]

$$T_{\text{б.с.зав.}}^{\text{треб.}} = T_{\text{б.нач.}} + \Delta T_{\text{б.с}}^{\text{укл.}} + \Delta T_{\text{б.с}}^{\text{трансп.}},$$

где  $T_{\text{б.нач.}}$  - начальная температура бетона в блоке при перекрытии уложенного слоя;

$\Delta T_{\text{б.с}}^{\text{укл.}}$  и  $\Delta T_{\text{б.с}}^{\text{тр.}}$  - снижение температуры (тепловые потери) бетонной смеси соответственно при укладке и транспортировании;

$T_{\text{б.нач.}}$  устанавливается из общих требований к температурному режиму бетона. По условиям экзотермического разогрева эта температура должна быть как можно ниже и устанавливается на уровне минимально-возможной по условию набора прочности и отсутствия раннего замораживания. Обычно для массивных блоков с высокой экзотермией она поддерживается в пределах  $3-5^{\circ}\text{C}$ . Такая же температура поддерживается в шатре и тепляках.

$\Delta T_{\text{б.с}}^{\text{укл.}}$  и  $\Delta T_{\text{б.с}}^{\text{тр.}}$  - зависят от условий укладки и транспортирования и определяются соответствующими расчетами.

В курсовом проекте эти потери принимаем по аналогам в пределах  $0,5-1,0$ ;  $T_{\text{б.с}}^{\text{нач.}}$ , в зависимости от дальности.

В нашем случае для особо сурового климата принимаем:

$$T_{\text{б.нач.}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{б.с}}^{\text{укл.}} + \Delta T_{\text{б.с}}^{\text{трансп.}} = 0,5 T_{\text{нач}}$$

$$\text{Тогда } \Delta T_{\text{б.с.зав.}}^{\text{треб.}} = 5 + 0,5 * 5 = 7,5^{\circ}\text{C}.$$

### 2.3.3. Определение необходимого подогрева составляющих бетонной смеси ( $T_{б.с}$ ).

$T_{б.с}$  зависит от температуры составляющих смеси и определяется по законам теплового баланса. Для приближенных расчетов температуру бетонной смеси можно определить по следующей формуле:

$$T_{б.с} = 0,25T_{п} + 0,55T_{к.з} + 0,1T_{в} + 0,1T_{ц}, \quad (16)$$

где  $T_{п}$ ,  $T_{к.з}$ ,  $T_{в}$ ,  $T_{ц}$  - расчетные температуры песка, крупного заполнителя, цемента и воды, зависящие от климатических условий.

Этой же формулой можно пользоваться для определения величины изменения температуры бетонной смеси при изменении температуры составляющих

$$\Delta T_{б.с} = 0,25\Delta T_{п} + 0,55\Delta T_{к.з} + 0,1\Delta T_{в} + 0,1\Delta T_{ц} \quad (17)$$

Требуемый подогрев/охлаждение/ составляющих бетонной смеси  $\Delta T_{б.с}^{треб.}$  можно определить из условия:

$$\Delta T_{б.с}^{треб.} = T_{б.с.зав}^{треб.} - T_{б.с}^{естеств.}, \quad (18)$$

где  $T_{б.с}^{естеств.}$  - естественная (условная) температура бетонной смеси определенная по ф.16, при условии отсутствия какого-либо подогрева составляющих.

Климатические условия нашего района определяем по приложению 1 [6]:

$$t_{ср.год} = -4^{\circ}\text{C};$$

$$t_{ср.января} = -30,14^{\circ}\text{C};$$

$$t_{ср.июля} = +18,64^{\circ}\text{C}.$$

Продолжительность морозного периода с  $t \leq 0^{\circ}\text{C}$  - 190 дней.

Так как заполнители находятся в штабелях, принимаем их среднюю температуру равной  $0,5t_{ср.января} = 0,5 * (-30) = -15^{\circ}\text{C}$ .

Температура воды в скважине  $+4^{\circ}\text{C}$ ; температуру цемента будем поддерживать положительной  $+4^{\circ}\text{C}$ .

При подогреве составляющих максимально-допустимые параметры могут быть не более [8 стр.55]: для воды  $+85^{\circ}\text{C}$ ;

крупного заполнителя  $+50^{\circ}\text{C}$ ;

для песка  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Примем следующую последовательность подогрева:

вода

крупный заполнитель

мелкий заполнитель

Тогда  $T_{б.с}^{естеств.}$  по ф.17 будет:

$$T_{б.с}^{естеств.} = 0,25 * (-15) + 0,55 * (-15) + 0,1 * 4 + 0,1 * 4 = -3,75 + (-8,2) + 0,4 + 0,4 = -11^{\circ}\text{C}$$

Необходимое повышение температуры составляющих по ф.18 составит

$$\Delta T_{сост}^{треб.} = 10 - (-11) = 21^{\circ}\text{C}.$$

Примем подогрев воды до  $+85^{\circ}\text{C}$  и определим необходимый подогрев крупного заполнителя:

$$\Delta T_{сост}^{треб.} = 0,1\Delta T_{в} + 0,55\Delta T_{к.з.};$$

$$0,55\Delta T_{к.з} = \Delta T_{сост}^{треб} - 0,1\Delta T_{в} = 21 - 0,1 * 85 = 21 - 8,5 = 11,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{к.з} = 11,5 / 0,55 = 22^{\circ}\text{C}$$

Поскольку  $\Delta T_{к.з} = 22^{\circ}\text{C}$  меньше допустимого ( $\Delta T_{к.з} = 50^{\circ}\text{C}$ ), то подогрев песка не требуется.

Подогрев воды будем осуществлять в электро-бойлерных установках.

Подогрев крупного заполнителя осуществляется в воздушных установках [8].

## 2.4. Требования к опалубке.

### 2.4.1. Общие требования.

С точки зрения обеспечения трещиностойкости блоков бетонирования требования к опалубке сводятся к тому, чтобы обеспечивать нужный температурный режим и выдерживать требование о допустимых перепадах температур между центром блока и наружными гранями.

В соответствии с нормативными документами [8, стр.45], разность температур между ядром и боковыми поверхностями массива (в конкретной зоне) допускается не более  $16-18^{\circ}\text{C}$ , а в свободной не более  $20-25^{\circ}\text{C}$ . Для обеспечения этих условий и недопущения промерзания бетона в зимний период требуется применять утепленную опалубку.

Теплозащитные свойства опалубки характеризуются коэффициентом теплопередачи, который в основном зависит от температуры наружного воздуха [6,8].

В нашем случае при температуре января  $< -30^{\circ}\text{C}$  он равен  $0,60 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{г} \cdot \text{град}$ .

### 2.4.2. Определение теплозащитных свойств опалубки.

Коэффициент теплопередачи опалубки определяется по формуле 19 [6]:

$$k = 1 / (1/\alpha + \sum \epsilon_i \cdot h_i / \lambda_i),$$

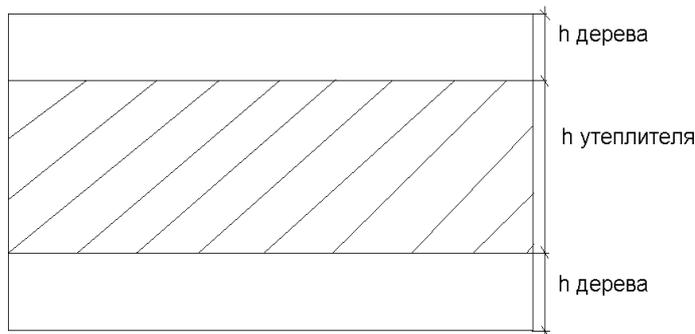
где  $h_i$  - толщина каждого слоя ограждения, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности материала каждого слоя ограждения,  $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;

$\alpha$  - коэффициент теплопередачи у наружной поверхности ограждения,  $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;

$\epsilon_i$  - толщина каждого слоя опалубки.

Примем теплую опалубку следующей конструкции:



и определим для наших условий толщину утеплителя  $h_{\text{утепл.}}$ . В качестве утеплителя примем поропласт ФРП-1(ПСБ)  $\lambda=0,03$ ; для дерева  $\lambda_{\text{дерев.}}=0,15$ (приложение 3 [6]).

$$K^{\text{треб}} = 1/(1/\alpha) + h_{\text{дерев.}}/\lambda_{\text{дерев.}} + h_{\text{ут.}}/\lambda_{\text{ут.}}$$

$$h_{\text{ут.}}/\lambda_{\text{ут.}} = K^{\text{треб}} - (1/(1/\alpha) + h_{\text{дерев.}}/\lambda_{\text{дерев.}}) = 60 - (1/(1/15 + 0,05/0,15)) = 2,2$$

Откуда  $h_{\text{ут.}} = 2,2 * \lambda_{\text{ут.}} = 2,2 * 0,03 = 0,066 = 7\text{см.}$

## 2.5. Омоноличивание временных швов.

Столбчатая разрезка требует омоноличивания межстолбчатых швов путем цементации или бетонирования объемных швов.

При ярусной разрезке цементация швов не требуется, но необходимо выдерживать соответствующие требования к "перехлысту" блоков и очередности их бетонирования внутри секции, для максимально возможного сокращения раскрытия швов.

В параграфе 2.1 нами обосновано применения столбчатой разрезки с приточными швами, для которых требуется цементация.

Определим некоторые параметры:

1) Величина раскрытия шва. Определяем по ф.6.1.:

$$\delta = \Delta L_1 + \Delta L_2 = \alpha * L_1/2(T_{1 \text{ нач}} - T_{1 \text{ кон}}) + \alpha * L_2/2(T_{2 \text{ нач}} - T_{2 \text{ кон}}),$$

где  $L_1$  и  $L_2$ - длина блоков в столбах 1 и 2;

$T_{1 \text{ нач}}$  и  $T_{2 \text{ нач}}$  - начальные средние температуры в столбах соответствующие началу момента раскрытия шва;

$T_{1 \text{ кон}}$  и  $T_{2 \text{ кон}}$  - средние температуры в столбах соответствующие началу цементации (омоноличиванию) шва.

В нашем случае:

$$L_1 = 15\text{м}, L_2 = 13\text{м.}$$

Поскольку точного графика изменения температуры в блоках у нас не имеется, условно примем (по аналогам), что

$$T_{1 \text{ нач}} = 0,8 * [T_{\text{б макс.}}];$$

$$T_{2 \text{ нач}} = [T_{\text{б макс.}}]$$

$$T_{2 \text{ кон}} = T_{1 \text{ кон}} = T_{\text{ср.год.}}$$

Тогда при  $\alpha = 1 * 10^{-5} [T_{\text{макс.}}] = 29^\circ\text{C}$ :

$$\delta = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 1500 / 2 \cdot (0,8 \cdot 29 - 0) + 1 \cdot 10^{-5} \cdot 1300 / 2 \cdot (29 - 0) = 1 \cdot 10^{-5} \cdot (750 \cdot 23 + 650 \cdot 29) = 1 \cdot 10^{-5} \cdot (17400 + 18800) = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 36200 = 0,36 \text{ см.} = 3,6 \text{ мм}$$

Раскрытие достаточно хорошее для качественного проведения цементации, поэтому размеры карты принимаем по аналогам:

высота карты – 15-20м;

площадь карты – 200-300м<sup>2</sup>;

количество выпусков на 1 м<sup>2</sup> – 4 шт.

Схема разбивки на карты дана на рис.2.4.

## **2.6. Мероприятия по обеспечению требуемого температурного режима.**

В результате расчетов установили:

1. Температуру бетонной смеси в летний период (для блоков в контактной зоне) необходимо снизить на 24°С.

2. Температуру бетонной смеси в зимний период необходимо подогреть до 7,5°С. Для чего необходимо подогревать воду до 83°С и крупный заполнитель до 22°С.

3. В зимний период необходимо применять теплую опалубку с коэффициентом теплопередачи равным 0,60 ккал/м<sup>2</sup>·ч·град.

4. Для обеспечения монолитности плотины необходимо проведение цементации межстолбчатого шва 1-2.

Необходимые мероприятия для выполнения этих требований изложены в соответствующих пунктах записки.

## **Глава 3. Календарный график производства бетонных работ.**

### **3.1. Объемы работ и сроки.**

Общий объем работ по плотине определенный в п1.2.2(табл1.2) – 1210м<sup>3</sup>, в том числе: 1 этап – 120 тыс.м<sup>3</sup>  
2 этап – 1090 тыс.м<sup>3</sup>

Срок основного периода строительства бетонных работ – 4 года. Кроме того, заданием предусмотрены дополнительные объемы работ по смежным сооружениям - 200 тыс.м<sup>3</sup>

Таким образом, общий объем бетонных работ по гидроузлу составит:  
1210 + 200 = 1410 тыс.м<sup>3</sup>

Среднегодовая и среднемесячная интенсивность ведения бетонных работ по гидроузлу:

$$J_{\text{год}}^{\text{ср}} = 1410/4 = 350 \text{ тыс м}^3/\text{год}$$

$$J_{\text{мес}}^{\text{ср}} = 350/12 = 29 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц};$$

По плотине:

$$J_{\text{ср}}^{\text{год плотин}} = 1210/4 = 302 \text{ тыс.м}^3$$

$$J_{\text{ср}}^{\text{мес}} = 302/12 = 25 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц};$$

В связи со сложными климатическими условиями, коэффициент годовой неравномерности принимаем 1,3.

Тогда по гидроузлу:

$$J_{\text{год}}^{\text{макс г/у}} = 350 * 1,3 = 455 \text{ тыс.м}^3$$

$$J_{\text{ср}}^{\text{мес}} = 455/12 = 37,9 \text{ тыс.м}^3$$

По плотине:

$$J_{\text{год}}^{\text{макс плот}} = 302 * 1,3 = 390 \text{ тыс.м}^3$$

$$J_{\text{ср}}^{\text{мес}} = 390/12 = 32,5 \text{ тыс.м}^3$$

### 3.2. Определение расчетных среднемесячной и максимальной интенсивности.

При определении расчетных интенсивностей принимается средняя интенсивность теплого периода года с наибольшими объемами.

$$J_{\text{тепл пер.}}^{\text{ср расч}} = 1/12 J_{\text{год}}^{\text{макс}} * K_{\text{нер сез}},$$

где  $K_{\text{нер сез}}$  – коэффициент неравномерности (сезонный), для наших суровых условий принимаем равным 1,20.

Продолжительность теплого периода – 6 месяцев.

Для плотины:

$$J_{\text{тепл пер.}}^{\text{ср расч}} = (390 * 12) / 12 = 39 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц}.$$

Для гидроузла в целом:

$$J_{\text{тепл пер.}}^{\text{ср расч}} = 455 * 1,2 / 12 = 45,5 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц};$$

$$J_{\text{тепл пер.}}^{\text{пик}} = 45,5 * 1,1 = 50 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц}.$$

Примерный календарный график бетонных работ приведен на рисунке 3.1.

## Глава 4. Бетонное хозяйство.

### 4.1. Определение мощности бетонного завода.

Мощность бетонного завода рассчитывается по интенсивности бетонных работ в расчетный период. За расчетный период, согласно рекомендациям, принимается теплый период года с максимальным объемом бетонных работ.

В целом по строительству (с учетом дополнительных объемов) она составляет 45,5 тыс. м<sup>3</sup>/месяц (см. п3.2).

Необходимая часовая производительность завода  $\Pi_3$  (см.[9] стр.19):

$$\Pi_3 \geq J_{\text{мес}}^{\text{расч}} * q_{\text{см}} / T_{\text{ч}},$$

где  $T_{\text{ч}}$  – число расчетных часов работы бетонного завода в месяц при нормальном режиме работы (фонд рабочих часов в месяц), определяемое по годовому режиму работы оборудования бетонного завода.

По расчетам института «Гидропроект»  $T_{\text{ч}}$  колеблется в пределах 440-380 ч/мес. в зависимости от климатической зоны.

Для данной зоны принимается 380 ч/мес

$q_{\text{см}}$  – расход бетонной смеси на 1 м<sup>3</sup> бетона, по нормативам равный 1,02  
Тогда  $\Pi_3 \geq 45,5 * 1,02 / 380 = 120 \text{ м}^3/\text{час}$ .

В связи с большим объемом работ и необходимости применения крупных заполнителей до 120 мм принимаем для бетонных заводов смесители типа БГЦ – 7 с емкостью бетоносмесителя по загрузке 2400л. ([9] стр.7).

Определим его производительность ([9] стр.12):

$$\Pi_{\text{б}}^3 = q_3 * n_{\text{ц}} * k_3 * k_{\text{в}} = 2400 * 0,7 * 16 * 0,9 = 24000 \text{ л/час} = 24 \text{ м}^3/\text{час}.$$

$$n_{\text{ц}} = 3600 / t_{\text{ц}} = 3600 / 220 = 16 \text{ ц}$$

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{загр}} + t_{\text{перемеш}} + t_{\text{в}} + t_{\text{возвр}} = 15 + 150 + 40 + 15 = 220 \text{ с}.$$

Необходимое количество бетоносмесителей равно:

$$N_{\text{б/см}} = \Pi_3 / \Pi_{\text{бсм}} = 120 / 24 = 5 \text{ б/см}.$$

Учитывая то, что в настоящее время выпускаются готовые секции бетонных заводов, то принимаем 2 секции по 2 бетоносмесителя, общей мощностью  $24 \times 4 = 96 \text{ м}^3/\text{час}$ . Недостающую производительность компенсируем бетонным заводом непрерывного действия. Согласно [10] стр.19, выбираем бетоносмесительную установку СБ – 75А с производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{час}$  с количеством фракций 4.

Таким образом, принимаем:

1. Бетонный завод циклического действия:

$$\Pi_{3 \text{ цикл}} = 96 \text{ м}^3/\text{час}$$

2. Бетонный завод (установку) непрерывного действия:

$$\Pi_{3 \text{ непр}} = 30 \text{ м}^3/\text{час}$$

Суммарная мощность:

$$\Pi_3 = 96 + 30 = 126 \text{ м}^3/\text{час}$$

Проверим мощность бетонного завода на пиковую потребность.

Пиковая потребность (см. п3.2.) составляет 50 тыс.м<sup>3</sup>/месяц. Эта потребность может быть удовлетворена за счет специального ежедневного режима работы бетонного завода на этот период или дополнительных источников. Число рабочих часов [9] для таких условий составляет  $T_{\text{ч}}^{\text{макс}} = 577 \text{ ч}$ .

Тогда максимальная месячная производительность может составлять

$$\Pi_{3 \text{ мес}}^{\text{макс}} = \Pi_3 * T_{\text{ч}}^{\text{макс}} = 126 * 577 = 72,7 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц}$$

Что больше  $J_{\text{пик.мес}} = 50 \text{ тыс.м}^3/\text{месяц}$  (п3.2.) значит, никаких дополнительных источников не требуется.

### 4.3. Определение типа и емкости складов заполнителей.

Объем склада заполнителей определяется по ф12.7[9]:

$$V_z = J_{\text{мес}} * q_z * T_{\text{заполн}}$$

где  $q_z$  – удельный расход заполнителей на  $1 \text{ м}^3$  бетона;

$J_{\text{мес}}$  – расчетная месячная интенсивность бетонных работ

$T_{\text{заполн}}$  – нормативный запас материалов в долях от месячной потребности.

Для песка  $q_{\text{п}} = 0,45 \text{ м}^3/1\text{м}^3 \text{ бет}$ , для крупного заполнителя-  $q=0,09$  Для наших условий при доставке материалов транспортом принимаем  $T_{\text{зап}} = 0,15$ .

Тогда объемы складов:

$$V_{\text{кр.зап.}} = 45500 * 0,9 * 0,15 = 6140 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{п.}} = 45500 * 0,45 * 0,15 = 3080,0 \text{ м}^3$$

Для таких объемов принимаем штабельные эстакадные склады.

### 4.4. Определение типа и емкости склада цемента.

Наиболее современным типом складов цемента являются силосные склады. Такой тип и принимаем.

Общая емкость складов:

$$V_{\text{ц}} = J_{\text{мес}} * q_{\text{ц}} * T_{\text{зап}} * k_{\text{н}}$$

где  $q_{\text{ц}} = 0,3 \text{ т/м}^3$  – в среднем для строительства;

$T_{\text{зап}} = 0,3 \text{ мес}$  – при доставке ж/д транспортом;

$k_{\text{н}} = 1,3$  – коэффициент неравномерности поставок;

тогда  $V_{\text{ц}} = 45500 * 0,3 * 0,3 * 1,3 = 5320 \text{ т}$ .

Количество отдельных емкостей должно быть на 1 больше чем типов цемента.

Для наших марок бетона потребуется три типа цемента:

портландцемент М400 и М600

шлакопортландцемент М300 (малотермичный)

Поэтому необходимо иметь 4 емкости силосных складов.

### 4.5. Общий состав бетонного хозяйства.

В соответствии с вышеизложенным в состав бетонного хозяйства входят:

1. Бетонный завод циклического действия:

$$P_{\text{з цикл}} = 96 \text{ м}^3/\text{час};$$

2. Бетонный завод непрерывного действия:

$$P_{\text{з непр}} = 30 \text{ м}^3/\text{час};$$

3. Штабельный эстакадный склад крупных заполнителей:

$$V_{\text{кр.зап.}} = 6140 \text{ м}^3;$$

4. Штабельный эстакадный склад песка:

$$V_{п.} = 45500 * 0,45 * 0,15 = 3080 \text{ м}^3;$$

5. Установка для охлаждения/подогрева/ воды  
электробойлеры;

6. Установка для подогрева крупного заполнителя;

7. Гравие-сортировочный завод;

8. Установка для приготовления добавок;

9. Установка контрольного грохочения;

10. Прочие: компрессорная, бадъемочная, бетонная лаборатория,  
бытовые помещения.

Общая схема бетонного хозяйства дана па рис 4.1.

## **Глава 5. Арматурные и опалубочные работы.**

### **5.1. Арматурные работы.**

В связи с разнообразием элементов конструкции плотины применяются практически все виды армирования:

армосетки и армопакеты

армофермы и армокаркасы

Принципиальная схема армирования водосливной плотины приведена на рис.5.1.

Армосетки и армопакеты применены по контуру плотины на верховой и низовой грани, армофермы и армокаркасы – в наиболее армированных частях – в бычках.

Удельный расход арматуры на 1 п.м. примем по аналогам –  $10 \text{ кг/м}^3$   
[11].

В соответствии с этим общий расход арматуры по плотине составит:

$$V_{арм} = V_{общ.бет.} * q = 1210 * 10^3 * 10 = 12100 * 10^3 \text{ кг} = 12100 \text{ т.}$$

Распределение по видам конструкций принимаем:

60% - сетки и пакеты;

40% - армофермы и армокаркасы.

Общая сменная производительность арматурной мастерской (завода)  
равна:

$$П_{см} = J^p * q_a * k_{нер} / n * 1000 \text{ ([11] стр.36)}$$

$J_p$  – расчетная интенсивность бетонных работ в месяц,  $J_p = 45500 \text{ м}^3/\text{мес.}$ ;

$q_a$  – удельный расход арматуры на  $1 \text{ м}^3$  бетона,  $q_a = 10 \text{ кг/м}^3$ ;

$n$  – количество смен в месяц,  $n = T_{ч.мес}^p / T_{ч.см}^p = 380 / 8 * 0,9 = 54$  смены

$T_{ч.мес}^p = 380$  – смотри п.4.1 – расчетное число рабочих часов в месяц (по аналогии с бетонным заводом).

$$П_{см} = 45500 * 10 * 1,2 / 54 * 1000 = 10,1 \text{ т/смену.}$$

## 5.2. Опалубочные работы.

На строительстве плотины предусматривается применение наиболее современных типов опалубки:

- для напорной грани – консольная опалубка;
- для боковых граней – железобетонная или щитовая;
- для водосливной грани – адсорбирующая и вакуумная опалубка;
- для бычков – плиты оболочки и армо-плиты;
- для перекрытий – сборные балки и плиты.

Общая схема расположения типов опалубки дана на рисунке 5.2

Средний расход опалубки для блока (15х15)м, высотой 6м, принимаем равным 0,3 (следует из расчета:  $k_{оп} = F_{оп} / F_{бл} = 15 \times 4 \times 6 / 15 \times 15 \times 6 = 0,26$ ).

Общая среднемесячная потребность в расчетный период составит:

$$F_i = I^p \cdot q_{оп} \cdot k_i$$

$$I^p = 45500 \text{ м}^3/\text{мес};$$

$q_{оп} = 0,3$  – удельный расход опалубки на 1 м<sup>3</sup> бетона;

$k_i$  – доля опалубливаемой площадки;

$$k_{конс} = 20\% \quad F_k = 45500 \cdot 0,3 \cdot 0,2 = 2740,0 \text{ м}^2$$

$$k_{щит} = 55\% \quad F_{щ} = 45500 \cdot 0,3 \cdot 0,55 = 7360 \text{ м}^2$$

$$k_{адсорб} = 15\% \quad F_{ад} = 45500 \cdot 0,3 \cdot 0,15 = 2030 \text{ м}^2$$

$$k_{плит об} = 10\% \quad F_{об} = 45500 \cdot 0,3 \cdot 0,1 = 1200 \text{ м}^2$$

Общая площадь опалубливаемой поверхности

$$F_i = 45500 \cdot 0,3 = 13650 \text{ м}^2/\text{мес}.$$

Производительность отдельных цехов по изготовлению опалубки определяется по формуле 10.2 [11]

$$P_i = \frac{F_i}{Q_i} \cdot k_{нсп};$$

Так для щитовой опалубки:

$$P_{щ} = \frac{F_{щ}}{Q} \cdot k_{нсп} = \frac{7360}{4} \cdot 1,2 = 2200 \text{ м}^2 / \text{мес}$$

$Q_i$ - оборачиваемость опалубки, для щитовой примем  $Q_i=4$ .

## Глава 6. Транспорт и укладка.

### 6.1. Выбор основной схемы транспортировки и укладки бетонной смеси.

#### 6.1.1. Общая схема транспорта.

##### Исходные условия

1. Расстояние от бетонного завода до плотины- 3км
- 2.Высота плотины – 125м.

3. Разрезка на блоки бетонирования – смешанная: столбчатая со стороны напорной грани и секционная с укладкой укатанного бетона в центральной части (п.2.1.).

4. На участке водосливной части плотины на первом этапе принимается столбчатая разрезка из-за расположения донных отверстий.

#### Выбор схемы

Для данных условий наиболее рациональной считаем следующую схему: горизонтальный транспорт – автобетоновозами; вертикальный – кранами: башенными и кабель-краном.

На 1 этапе башенные краны располагаем на основании.

На 2-3 этапах – на эстакадах.

На 4-5 этапах – на блоках.

Кабель-кран монтируется на 1-2 этапах и вступает в работу на 3 этапе.

Общая схема возведения водосливной плотины на 1 этапе дана на рис.6.1, на 2-3 этапах – на рис. 6.1, 6.2.

Общая схема возведения сооружения на 4-5 этапах с помощью кабель-крана дана на рис.6.3.

В качестве башенного крана выбираем кран КБГС – 450, как кран с небольшой высотой подъема ([9] табл.13.11.), со следующими параметрами:

- вылет крюка – 40м;

- грузоподъемность – 10т;

- максимальная высота подъема – 45 м;

Для данного крана выбираем бадью емкостью 3,2м<sup>3</sup>, общая масса бадьи вместе с бетоном (9-10,5)т ([9] табл.13.13).

Кабель-кран выбираем с наибольшей грузоподъемностью – 25т.

#### **6.1.2. Общая схема укладки бетонной смеси в верховой столб.**

В верховом столбе применяется обычный вибрируемый бетон, поэтому схема укладки следующая:

- укладка последовательными горизонтальными слоями;

- подача кранами в бадьях

- разравнивание и уплотнение – малогабаритными тракторами с навешанным оборудованием или манипуляторами с навешанными пакетами вибраторов.

В соответствии с этим выбираем оборудование по табл.5.5. [10]:

1. Манипулятор М 50 с 4-мя вибраторами ИВ-90 или ИВ-34, с характеристиками: производительность – 70 м<sup>3</sup>/час.

2. Ручные вибраторы – ИВ-59 (табл.5.2. [10])

производительность – 12-16 м<sup>3</sup>/час;

длина рабочей части – 520 мм;

масса – 22 кг.

### 6.1.3. Общая схема укладки укатанного бетона.

Принимаем следующую схему:

- подача бетонной смеси в блоки – башенными кранами и кабель-кранами в специальные бункера на поверхности блоков;
- транспорт внутри блоков – малогабаритными самосвалами;
- разравнивание – бульдозером;
- уплотнение – катками слоями до 30-50см. (рис 6.4)

В соответствии с этим выбираем оборудование по [10] табл. 5.6: с характеристиками:

тип – самоходный виброкаток – В - 200

толщина слоя – 0,3-0,75м

масса – 7 т

производительность – 200-300 м<sup>3</sup>/час.

## 6.2. Определение производительности кранов.

### 6.2.1. Определение производительности крана КБГС-450 на укладке бетона.

Исходные данные:

#### 1. Характеристики крана:

Вылет крюка: 6-40м;

Высота подъема: 45м;

Грузоподъемность: 2.5-10 т;

Скорость подъема: 25,35,60 м/мин;

Скорость посадки: 25,35,60 м/мин;

Скорость передвижной тележки – 30 м\мин ;

Частота вращения – 0,4 об/мин;

Высота бады (в разгрузочном положении) – 3,5м;

Масса с бетоном – 10т.

#### 2. Расчетная схема.

Поскольку размеры сооружения больше характеристик крана по вылету и высоте подъема, то принимается условие, что кран используется на весь диапазон характеристик, а для расчета выбираем средние. Расчетная схема приведена на рис 6.5 для подачи бетонной смеси в блок с верховой эстакады в верховой столб.

Производительность крана:

$$\Pi^9 = \Pi^T * K_B = Q_{кр} * n_{ц} * k_3 * k_B \quad (13.5, 13.6 [9])$$

$$Q_{кр} = 10т; \quad n_{ц} = 3600/t_{ц}; \quad k_3 = 10/10 = 1; \quad k_B = 0;$$

$$t_{ц} = T_{подачи} + T_{возвр.} + T_{ман.} = t_3 + (t_{пд} + t_{пв} + t_{г} + t_o) * k_c + t_m + \Sigma t_{возвед.}$$

$$t_3 = 1 \text{ мин.};$$

$$t_{пд} = H_{пд} * K / V_{пд} = 22,5 * 1,05 / 25 = 0,95;$$

$$t_{пв} = \alpha/360 * V_{пв} = 90/360 * 0,4 = 0,62 \text{ мин.};$$

$$t_T = 0 \text{ – передвижение тележки совмещается с поворотом};$$

$$t_o = H_o/V_o = 22,5 * 1,05/25 = 0,95;$$

$$k_c = 1 \text{ – совмещение учтено } t_T = 0$$

$$t_m = 0,5 \text{ мин.};$$

$$T_{подачи} = t_3 + t_{пд} + t_{пв} + t_T + T_o = 1 + 0,95 + 0,62 + 0 + 0,95 = 3,52 \text{ мин.};$$

$$T_{возвр} = T_{подачи} * K_{уск} = 3,52 * 0,72 = 2,53;$$

$$K_{уск} = 25/35 = 0,72;$$

$$T_{ман.} = 0,5 \text{ мин.};$$

$$t_{ц} = 3,50 + 2,5 + 0,5 = 6,5 \text{ мин.};$$

$$n_{ц} = 3600/6,5 * 60 = 9,2 \approx 9 \text{ ц/ч};$$

$$\Pi^9 = \Pi^T * K_B;$$

$$\Pi^T = Q_{кр} * n_{ц} * k_3 = 10 * 1 * 9 = 90 \text{ т/час} = 3,2 * 9 = 28,8 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$\Pi^9 = 28,8 * 0,85 = 24,5 \approx 25 \text{ м}^3/\text{час}$$

Сменная производительность:

$$\Pi_{см} = \Pi_{ц}^9 * T_{ч}^{см} = 25 * 8 = 200 \text{ м}^3/\text{см};$$

$$T_{ч}^{см} = 52 \text{ – расчетное число смен работы кранов в месяц (табл. 13.15).}$$

Число часов работы в смену – 8.

Месячная производительность:

$$\Pi_{мес} = \Pi_{см} * T^{см} = 200 * 52 = 10400 \text{ м}^3/\text{мес.};$$

### 6.2.2 Комплексная производительность крана.

Комплексная производительность крана – это производительность с учетом использования данного крана на других вспомогательных работах. Для этого определяются производительности крана отдельно по каждому виду работ и потребность в машино-сменах на расчетный объем бетонных работ, и в итоге – средняя производительность по всему комплексу работ с учетом доли каждого вида.

Для детального расчета комплексной производительности п.13.6, [9], требуются исходные данные по элементам опалубки и арматурных конструкций, их весам и т.д.

В курсовом проекте определить эти данные очень затруднительно, поэтому комплексную производительность определим по данным практики:

$$\Pi_{мес.кр.} = \Pi_{мес.бет.} * K_{сниж},$$

$K_{сниж}$  – коэффициент снижения производительности крана по опыту.  $K_{сниж} \approx 0,5-0,9$  – в зависимости от объемов других работ. Для наших средних условий примем  $K_{сниж} = 0,7$ .

$$\text{Тогда: } \Pi_{мес.кр.} = 10400 * 0,7 \approx 7000 \text{ м}^3/\text{мес.}$$

### 6.2.3 Определение количества кранов.

Исходные данные:

1. Расчетная месячная производительность всех кранов на плотине – 39 тыс.м<sup>3</sup>,

2. Производительность (комплексная) крана КБГС–450 – 7тыс.м<sup>3</sup>/мес.;

3. Производительность (комплексная) кабель-крана (по аналогам) – 15 тыс.м<sup>3</sup>/мес., грузоподъемность – 25т.

Принимая 1 кабель-кран, определим количество башенных кранов:

$$N = Q_{\text{бет.}} / \Pi_{\text{бет.}} = (39-15)/7 = 24/7 = 3,4 \text{ крана.}$$

Принимаем 4 крана КБГС–450.

#### 6.2.4 Определение типа и количества бетоновозов.

Исходные данные:

1. Дальность транспортировки – 3 км.;
2.  $\Pi_{\text{мес.}}^{\text{расч.}} = 39 \text{ тыс. м}^3$ ;
3. Емкость бадьи – 3,2 м<sup>3</sup>;
4. Дорога грунтовая;
5. Скорость с грузом – 15 км/час, (п.13.2, [9]);
6. Скорость порожняя – 20 км/час.

При емкости бадьи при загрузке 3,2 м<sup>3</sup> принимаем автобетоновоз АБ-2, с грузоподъемностью 8,0 т (13.1, [9]),  $Q_T = 3,2 \text{ м}^3$ .

Производительность определяем, как для машин циклического действия:

$$\begin{aligned} \Pi^T &= n_{\text{ц.}} * K_3 * Q_T \\ Q_T &= 3,2 \text{ м}^3; \\ K_3 &= 1; \\ n_{\text{ц.}} &= 60/t_{\text{ц.}}, \end{aligned}$$

где  $t_{\text{ц.}} = t_m + t_3 + t_{\text{п.}} + t_p + t_{\text{п.}} + t_{\text{ук.}} + t_{\text{ож.}}$  (п.13.16, [9]),

$$t_m = 1 \text{ мин.};$$

$$t_3 = 3 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{п.}} = L/V_{\text{гр}} = 3,0/15 = 0,2 \text{ час.} = 12 \text{ мин.};$$

$$t_p = 3 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{п.}} = L/V_{\text{пор}} = 3/20 = 0,15 \text{ час.} = 9 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{ук.}} = 5 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{ож.}} = 2 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{ц.}} = 1+3+12+3+9+5+2 = 34 \text{ мин.}$$

$$n_{\text{ц.}} = 60/34 = 2$$

$$\Pi_{\text{ч.}}^T = 3,2 * 2 = 6,4 \text{ м}^3/\text{час.}$$

$$\Pi^{\text{мес.}} = \Pi_{\text{ч.}}^T * K_B * T_{\text{см.}} * n_{\text{см.}} = 6,4 * 0,9 * 8 * 500 = 2300,0 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$n_{\text{см.}} = 50, \text{ (табл.13.19, [9])}.$$

Количество автобетоновозов будет:

$$N = \Pi_{\text{мес.}}^{\text{расч.}} * K_n / \Pi^{\text{мес.}} = 39000 * 1,2 / 2300,0 = 20,3.$$

Принимаем количество бетоновозов равное 20.

#### 6.3 Комплексная механизация работ в блоке (верховой столб).

Исходные условия:

1. Площадь блока – (15x15)м = 225м.;

2. Толщина слоя бетона – 0,5м.;
3. Производительность крана на укладке бетона - 25 м<sup>3</sup>/час.

Средства механизации:

Кран КБГС-450 – 1, П = 25 м<sup>3</sup>/час.

Бадья – 3,2 м<sup>3</sup>.

Манипулятор – М 50 – 1, П = 70 м<sup>3</sup>/час.

Ручные вибраторы ИВ-59 – 2, П = 12 м<sup>3</sup>/час.

Автобетоновозы, П = 6,4 м<sup>3</sup>/час.

Проверка площади блока:

$$F_{\text{бл}}^{\text{доп}} = \Pi_{\text{кр.}} (\tau_{\text{схв}} - \tau_{\text{трансп}}) * n * N / h_{\text{слоя}} = 25 * (3,0 - 0,5) * 1 * 1 / 0,5 = 125 \text{ м}^2.$$

$$\tau_{\text{схв}} = 3,0 \text{ час.}$$

$$\tau_{\text{трансп}} = 34 \text{ мин} \approx 0,5 \text{ часа.}$$

Наш блок 15x15 = 225 м<sup>2</sup>, что больше  $F_{\text{бл}}^{\text{доп}} = 125 \text{ м}^2$ , что не удовлетворяет требованиям.

Для увеличения допустимой площади блока примем схему укладки – ступенчатую с 2-мя ступенями, тогда:

$$F_{\text{бл}}^{\text{доп}} = 25 * (3,0 - 0,5) * 2 / 0,5 = 250 \text{ м}^2, \text{ что больше } F_{\text{бл}} = 225 \text{ м}^2.$$

Количество автобетоновозов на блок:

$$N = \Pi_{\text{бет}} / \Pi_{\text{а/б}} = 25 / 6,4 = 4 \text{ автобетоновоза.}$$

## 7. Экономика бетонных работ.

### 7.1 Локальный сметный расчет на бетонные работы.

Стоимость отдельных элементов бетонных работ определяем по сборникам федеральных единичных расценок (ФЕР).

Исходные условия:

1. Укладка бетона, включая транспорт и изготовление- 1210 тыс. м<sup>3</sup>;
2. Изготовление и монтаж сборного железобетона- 12,1 тыс. м<sup>3</sup>;
3. Установка и разборка опалубки (условно крупнощитовой), включая транспорт и изготовление- 363 тыс. м<sup>2</sup>;
4. Установка армосеток и армопакетов, включая транспорт и изготовление- 12,1 тыс. т;
5. Монтаж системы охлаждения, включая изготовление- 10 тыс. пог. м;
6. Омоноличивание (цементация) швов- 30 тыс. м<sup>2</sup>.

Сметный расчет дан в приложении.

### 7.2 Экономические показатели.

#### 7.2.1 Стоимость 1 м<sup>3</sup> бетонных работ (в деле).

Общая стоимость бетонных работ по локальному сметному расчету составляет 5 млрд 19 млн. 322 тыс руб.

Объем бетона 1210 тыс м<sup>3</sup>.

Следовательно стоимость 1 м<sup>3</sup> бетонных работ составляет:

$$5019322 / 1210 = 4148 \text{ руб.}$$

#### 7.2.2 Трудозатраты на 1 м<sup>3</sup> составляют:

$$1761158 / 1210 = 4,7 \text{ чел/ч.}$$

## Литература.

1. Телешев В.И. Организация, планирование и управление гидротехническим строительством (учебник для ВУЗов) М.: стройиздат, 1989. – 416 с.
2. СНиП 2.06.08-87 – Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
3. ГОСТ 26663-85 – Бетон тяжелый, технические условия.
4. СНиП 2.01.01-82 – Строительная климатология.
5. Телешев В.И. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Часть I: Теоретические основы требований к технологии бетонных работ (учебное пособие). СПбГТУ, 1992. 108 с.
6. Телешев В.И. Расчет допустимого температурного режима бетонной кладки из условия обеспечения ее трещиностойкости (методические указания) ЛПИ. 1985. 37 с.
7. Телешев В.И. Конструктивно-технологические мероприятия по обеспечению трещиностойкости и монолитности массивных бетонных гидротехнических сооружений (учебное пособие) ЛПИ, 1983. 80 с.
8. Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений ВСН81-83 Минэнерго-СССР.
9. Телешев В.И., Галузин В.М., Совенард Ю.К. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Часть III: Приготовление, транспорт и укладка бетонной смеси (учебное пособие). СПбГТУ, 1993. 80 с.
10. Галузин В.М., Комаринский М.В., Телешев В.И. – Выбор машин и оборудования для производства бетонных работ (учебное пособие) СПбГТУ, 1995. 80 с.
11. Телешев В.И., Астахова К.Н., Леонов В.А., - Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Часть II: Вспомогательные работы (учебное пособие) СПбГТУ, 1992. 60 с.
12. Производство гидротехнических работ (учебник) под общей редакцией Чуракова А.И.- М. стройиздат, 1985 -623 с.
13. Судаков В.Б., Толкачев Л.А. – Современные методы бетонирования высоких плотин (учебное пособие) М. энергоатомиздат, 1988. 256 с.
14. Телешев В.И., Воробьев Б.В., Белоликов В.Т., ., Астахова К.Н. Стоимость строительства гидротехнических сооружений (учебное пособие) – Л., ЛПИ, 1986. 84 с.
15. СНиП IV.06.08-87 – Сборники единых районных единичных расценок на строительные работы –сборник 37 - Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.