



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Технология строительного производства»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практической работе по дисциплине  
«Спецкурс для объектов профессиональной  
деятельности по кафедре ТСП»  
обучающихся по направлению подготовки  
08.03.01 «Строительство»

Автор  
к.т.н. Г.В. Несветаев



Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

Методические указания к контрольной работе по дисциплине «Спецкурс для объектов профессиональной деятельности по кафедре ТСП». Содержат описание структуры технологической карты на бетонирование фундаментов в зимних условиях в тепляках и пример уравнения теплового баланса. Предназначены для студентов бакалавриата очной и заочной формы обучения, изучающих спецкурс по кафедре «Технология строительного производства».

### Автор

д.т.н. Г.В. Несветаев

## Оглавление

Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Состав и содержание проекта .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Оформление проекта .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Рекомендуемая литература .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Область применения проекта производства работ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1. Технология и организация выполнения работ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2. Требования к качеству и приемке работ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3. Техника безопасности, охрана труда, экологическая и пожарная безопасность .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
4. Потребность в ресурсах .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. Техничко-экономические показатели .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение 1 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение 2 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение 3 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение 4 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Приложение 5 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Цель контрольной работы:

- изучение структуры технологических карт на производство монолитных железобетонных работ;
- формирование навыков создания базы данных, необходимой для разработки техно-логической карты;
- формирования навыков выполнения расчетов, необходимых для разработки техно-логической карты;
- изучение особенностей разработки технологической карты на производство монолитных железобетонных работ в зимних условиях;
- формирование навыков выполнения расчетов энергобаланса по этапам производства работ.

Все расчеты выполняются применительно к разработке технологической карты на бетонирование фундаментов для здания, по которому в дальнейшем выполняется выпускная квалификационная работа. Задание выдается индивидуально, согласно теме ВКР.

На практических занятиях применительно к своему объекту выполняются необходимые расчеты и заполняются табл. 1 – 7, составляется уравнение теплового баланса и на основе его решения для каждого этапа выдерживания твердеющего бетона определяется требуемое количество теплогенераторов для бетонирования фундаментов в зимних условиях в тепляках.

При технологическом проектировании производства строительных работ одним из основных документов является технологическая карта (ТК), которая разрабатывается на отдельные виды работ, например, разработка грунта экскаватором, так и на комплекс работ, например, бетонирование несущих конструкций типового этажа.

ТК содержит следующие основные разделы:

- область применения;
- описание технологического процесса;
- требования к качеству работ;
- потребность в материально-технических ресурсах;
- техника безопасности и охрана труда;
- технико-экономические показатели.

Все работы, предусмотренные ТК, разделяют на:

- подготовительные;
- основные;
- заключительные.

## **1. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ.**

В разделе «Подготовительные работы» сообщается, какие проектные, технологические и разрешительные документы необходимы для выполнения работ, как должна быть произведена комплектация строительных материалов и изделий, как выбраны строительные машины, технологическое оборудование и оснастка, как организуются строительная площадка и рабочие места (планировка, защита деревьев и кустарников, устройство транс-портных путей и стоянок, водоснабжения и канализации, энерго-снабжения, установка осветительной аппаратуры, противопожарных средств, предупредительных знаков и щитов ограждений и т.п.).

Раздел «Подготовительные работы» содержит:

- схему организации рабочей зоны строительной площадки с указанием зоны складирования материалов и конструкций; проходов и проездов; размещения машин, механизмов, лесов, подмостей; опасной зоны вокруг зданий и сооружений; размещения санитарно-бытовых помещений;
- схемы расстановки машин, механизмов и оборудования с привязкой их к осям здания или сооружения с указанием опасных зон, способов их ограждения.

В раздел «Подготовительные работы» могут быть включены:

- схемы транспортирования, складирования и хранения материалов и изделий;
- требования к геодезическому обеспечению строительства, в том числе вынесенные в натуру реперные осевые знаки и высотные отметки;
- данные об условиях производства работ: под открытым небом, под навесом или пленочным укрытием, в теплом помещении;
- требования к температуре и влажности поверхностей, при которых возможно производство работ, например отделочных устройств полов, а также приборы и инструменты, необходимые для замера этих параметров.

В схемы транспортирования, складирования и хранения материалов и изделий

следует включать:

- требования к условиям перевозки и таре, перечень рекомендуемых транспортных средств и тары с указанием их основных характеристик и количества перевозимых материалов и конструкций;
- требования к организации площадки складирования, ее размерам, типу покрытия, уклонам и к температурно-влажностному режиму хранения материалов;
- схемы складирования сборных конструкций и полуфабрикатов, порядка их загрузки и разгрузки;
- схемы складирования материалов, требующих защиты от переувлажнения или сухости.

В разделе «Основные работы» указывается, как технологии строительных работ подразделяются на технологические процессы, а процессы - на операции, производится их описание. Описание технологического процесса должно содержать:

- указания по организации рабочих мест, включающие схемы размещения рабочих и средств механизации;
- мероприятия по обеспечению устойчивости конструкций и частей зданий (сооружения) в процессе возведения (разборки);
- условия, обеспечивающие требуемую точность монтажных работ;
- перечень строительных (технологических) процессов, последовательность и способы выполнения технологических операций;
- порядок совмещения технологических процессов и операций во времени и в пространстве с учетом безопасности работ;
- схемы строповки, установки, выверки, временного и постоянного закрепления сборных конструкций с указанием марок используемых устройств, их основных характеристик, очередности выполнения операций;
- схемы выполнения строительных (технологических) процессов устройства отдельных конструкций здания (полы, отделка, кровля и т.п.).

Схемы механизации работ разрабатывают для технологических процессов, в которых используется большое количество взаимоувязанных машин и механизмов. Схемы содержат:

- состав машин;

- условия и графики совместной или разновременной работы машин;
- показатели производительности машин на укрупненный измеритель конечной продукции или на весь объем работ.

## 2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Основные данные о технологическом процессе приводятся в таблице 1.

Таблица 1

**Технологический процесс**

Наименование и последовательность технологических операций	Объем работ, м <sup>2</sup> , м <sup>3</sup> , кг и т.п.	Наименование машин, оборудования, инструмента, затраты времени, маш.-ч	Наименование строительных материалов и деталей, потребность, кг, м, м <sup>3</sup> и т.п.	Наименование рабочих, затраты труда, чел.-ч

В раздел «Основные работы» при описании технологического процесса включаются:

- требования к качеству предшествующего технологического процесса (операций), например к качеству кирпичной кладки для производства штукатурных работ с указанием допускаемых отклонений и замером фактических отклонений;
- технологические схемы процесса (операций);
- схемы механизации работ (расстановки на объекте машин, технологического оборудования и оснастки).

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТ

В разделе приводятся контролируемые параметры технологического процесса и операций (операции контроля), размещение мест контроля, исполнители, объемы и содержание операций контроля, методика и схемы измерений, правила документирования результатов контроля и принятия решений об исключении дефектной продукции из технологического процесса. Применяемые методики и средства измерений должны обеспечивать достоверность результатов, что гарантируется выполнением правил и соблюдением норм стандартов Государственной системы измерений (ГСИ).

Контроль качества, предусматриваемый в технологической карте, состоит из:

- входного контроля проектной и технологической документации;
- входного контроля применяемых строительных материалов, изделий и

конструкций;

- операционного контроля технологического процесса;
- приемочного контроля качества работ, смонтированных конструкций и оборудования, построенных зданий и сооружений;
- оформления результатов контроля качества и приемки работ.

Основные данные и параметры, необходимые для контроля, приводятся в таблицах; для операционного контроля технологического процесса, например, составляется таблица 2.

Таблица 2

### Операционный контроль технологического процесса

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
---	--	---	--

Входной контроль проектной и технологической документации предусматривает проверку ее легитимности, комплектности и полноты, наличия исходных данных для выполнения строительного (технологического) процесса, перечня работ, конструкций и оборудования, показателей их качества.

В технологической карте следует предусматривать методы контроля, средства, схемы, правила выполнения измерений и испытаний, правила обработки результатов измерений и испытаний и их оценки, установленные стандартами, техническими условиями.

В разделе следует привести схемы входного контроля применяемых строительных материалов, изделий и конструкций; операционного контроля технологического процесса; приемочного контроля качества работ, смонтированных конструкций и оборудования, построенных зданий и сооружений. Основное назначение таких схем - показать прорабу и рабочим места контроля качества.

В разделе могут быть приведены формы актов на скрытые работы и промежуточную приемку ответственных конструкций, а также на сдачу-приемку законченных работ и объектов.



#### 4. ПОТРЕБНОСТЬ В МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ

В этот раздел карты включаются:

- перечень машин и технологического оборудования;
- перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений;
- перечень материалов и изделий.

Машины и технологическое оборудование, требующиеся для выполнения строительных процессов и операций, выбираются с учетом отечественного и зарубежного опыта, сравнения вариантов механизации строительных (технологических) процессов. Машины и технологическое оборудование должны обеспечить плановые сроки и нормативные показатели качества работ.

В перечне, заносимом в таблицу 3, указывают основные технические характеристики, типы, марки, назначение и количество машин и оборудования для выполнения техно-логического процесса (операции) на звено или бригаду.

Таблица 3

**Машины и технологическое оборудование**

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование машины, технологического оборудования, тип, марка	Основная техническая характеристика, параметр	Количество

Перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений составляется аналогично перечню машин и технологического оборудования.

В перечне, заносимом в таблицу 4, указывают основные технические характеристики, типы, марки, назначение и количество технологической оснастки, инструмента, инвентаря для выполнения технологического процесса (операции) на звено или бригаду.

Пример подбора монтажного крана приведен в Приложении 3.

Таблица 4

**Технологическая оснастка, инструмент, инвентарь и приспособления**

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений, тип, марка	Основная техническая характеристика, параметр	Количество
---	--	---	------------

Потребность в материалах и изделиях для выполнения технологического процесса и его операций в предусмотренных объемах определяется по рабочей документации с учетом

действующих норм расхода материалов в строительстве (в том числе ведомственных и местных норм).

Результаты расчета потребности в материалах и изделиях приводятся в таблице

Таблица 5

**Материалы и изделия**

Наименование технологического процесса и его операций, объем работ	Наименование материалов изделий, марка, ГОСТ, ТУ	Единица измерения	Норма расхода на единицу измерения	Потребность на объем работ
--	--	-------------------	------------------------------------	----------------------------

При разработке технологической карты для конкретного объекта и строительной организации (фирмы) в первую очередь используются имеющиеся в наличии машины и оборудование, технологическая оснастка, инструмент, инвентарь и приспособления, если их технические характеристики удовлетворяют требованиям строительного (технологического) процесса и нормативных документов.

## 5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

Раздел должен содержать правила, решения и мероприятия, способствующие соблюдению минимально необходимых требований Технических регламентов в строительстве, предусматривающих биологическую, механическую, пожарную, промышленную, химическую, электрическую безопасность, а также электромагнитную совмести-

мость в части безопасности работы и оборудования.

Правила, решения и мероприятия по п. 5.6.1 принимаются в целях защиты жизни и здоровья людей, имущества физических и юридических лиц, охраны окружающей среды, жизни животных и растений.

Раздел в целом базируется на требованиях нормативных документов по безопасности труда и должен содержать:

- перечень опасных производственных факторов, связанных с технологией и условиями производства работ, и зоны действия опасных производственных факторов;
- решения по охране труда и технике безопасности, принятые для данного строительного (технологического) процесса, приемы безопасной работы;
- мероприятия по обеспечению устойчивости отдельных конструкций и всего здания в процессе его возведения или разборки;
- схемы производства работ с указанием опасных зон, устройств и конструкций ограждений, предупреждающих надписей и знаков, способов освещения рабочих мест;
- правила безопасной эксплуатации машин, оборудования и их установки на рабочих местах;
- правила безопасной эксплуатации технологической оснастки, приспособлений, грузозахватных устройств;
- правила безопасного выполнения сварочных работ и работ, связанных с использованием открытого пламени;
- указания по применению индивидуальных и коллективных средств защиты при выполнении строительных (технологических) процессов;
- мероприятия по предупреждению поражения электротоком;
- мероприятия по ограничению опасных зон вблизи мест перемещения грузов кранами.

Раздел по охране окружающей среды должен базироваться на требованиях нормативных документов и содержать:

- мероприятия по снятию и сохранению культурного слоя почвы;
- мероприятия по экологически безопасной эксплуатации машин и механизмов.

МОВ;

- мероприятия по обеспечению сохранности зеленых насаждений;
- экологические требования к производству работ, ограничивающие уровень пыли, шума и вредных выбросов;
- мероприятия по сбору, удалению или переработке строительных отходов, возникающих в процессе работ при новом строительстве, реконструкции или разборке ветхих зданий;
- требование к оснащению строительной площадки устройствами для мытья колес строительных машин.

Раздел по пожарной безопасности должен базироваться на требованиях нормативных документов и содержать:

- решения по количеству въездов на строительную площадку, наличию проездов требуемой ширины, их количеству и расстояний между ними;
- мероприятия по эвакуации рабочих с лесов и высотных сооружений;
- решения по складированию горючих материалов;
- порядок выполнения работ с горючими материалами, выдачи нарядов-допусков на производство работ;
- порядок использования электрических калориферов, газовых горелок, воздухонагревателей;
- правила выполнения пожароопасных работ (окрасочных, с клеями, мастиками, битумами, полимерными и другими горючими материалами, огневых, газосварочных и паяльных);
- оснащение рабочих мест (рабочей зоны) средствами пожаротушения: бочки с водой, ведра, емкости с песком, огнетушители;
- схемы эвакуации работающих в случае возникновения пожара;
- схемы опасных зон с установкой защитных и сигнальных ограждений; индивидуальных и коллективных средств защиты.

Раздел должен содержать ссылки на нормативные документы по безопасности труда, в том числе на основные: СНиП 12-03-2001; СНиП 12-04-2002; ГОСТ 12.4.011-89; ГОСТ 12.1.013-78; ГОСТ 12.1.019-79; ГОСТ 12.1.030-81\*; ГОСТ 12.1.004-91\*; ГОСТ 12.4.026-76\*; ГОСТ 23407-78; ГОСТ 12.1.046-85; ГОСТ 12.3.033-84.

6. Техничко-экономические показатели

В разделе приводятся:

- продолжительность выполнения работ;
- затраты труда и машинного времени;
- калькуляция затрат труда и машинного времени;
- график производства работ;
- сметные расчеты затрат.

Продолжительность выполнения работ и нормативные затраты труда и машинного времени определяются на технологический процесс, на объект, на конструктивный элемент или часть здания (сооружения) на основе калькуляций затрат труда и машинного времени, а также графика производства работ.

Продолжительность выполнения технологических процессов, затрат труда и машинного времени может определяться по данным строительной организации (фирмы) при условии, что эти процессы выполняются постоянным коллективом при соблюдении нормативных требований качества.

Калькуляция затрат труда и машинного времени производится по таблице 6.

Таблица 6

**Калькуляция затрат труда и машинного времени**

Наименование технологического процесса и его операций	Объем работ	Норма времени рабочих, чел.-ч.	Норма времени машин, маш.-ч.	Затраты труда рабочих, чел.-ч.	Затраты времени машин, маш.-ч.
---	-------------	--------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

В калькуляцию кроме основных включаются вспомогательные процессы, например разгрузка, раскладка и складирование строительных конструкций и материалов в рабочей зоне, организация рабочих мест с установкой и закреплением средств подшивания, приготовление и подача растворов и другие виды работ.

Нормы времени рабочих и машин могут быть разработаны специализированной организацией (нормативной станцией), имеющей соответствующую лицензию, по данным хронометражных наблюдений на строительных объектах организации, для которой разрабатывается технологическая карта, или объектах-аналогах других организаций.

Затраты труда и времени машины определяются произведением объемов работ (по процессу или операции) и соответствующих норм времени.

График производства работ составляется на отдельном листе по данным таблицы 7.

Таблица 7

**Продолжительность технологического процесса**

Наименование технологического процесса и его операций	Затраты труда рабочих, чел.-ч	Затраты времени машин, маш.-ч	Состав звена(бригады), чел.	Продолжительность технологического процесса, ч, смены
---	-------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	---

Продолжительность технологического процесса и его операций определяется в часах (сменах) путем деления затрат труда рабочих на количество рабочих в звене (бригаде) или устанавливается по времени работы машины, если она является ведущей в данном технологическом процессе.

Технико-экономические показатели технологической карты могут быть дополнены другими сметными расчетами для данной строительной организации, например заработной платы рабочих, затрат на машины, на оборудование и оснастку, на строительные материалы.

В разделе «Заключительные работы» приводятся работы, которые выполняются после основных работ: демонтаж технологического оборудования, уборка и восстановление обустройства территории (посадка деревьев и кустарников), снятие предупредительных знаков и щитов, ограждений и т.п.

## 7. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

В качестве метода зимнего бетонирования принимается бетонирование в тепляках. Для определения энергозатрат на реализацию метода выполняется расчет теплового баланса для следующих этапов:

- отогрев замороженного основания, в т.ч. арматурных конструкций и опалубки;
- нагрев свежесушеного бетона до температуры изотермического выдерживания;
- изометрическое выдерживание твердеющего бетона;
- регулируемое остывание бетона.

Для каждого из указанных 4 этапов определяются следующие параметры:

- требуемое количество тепловой энергии,  $Q$ , кДж;
- продолжительность этапа,  $\Delta\tau$ , час;
- требуемая мощность теплового воздействия,  $P$ , кВт.

### ЭТАП 1.

Отогрев замороженного основания, в т.ч. арматурных конструкций и опалубки.

На первом этапе затраты тепловой энергии расходуются на:

- отогрев замороженного основания на глубину промерзания  $Q_{11}$ ;
- отогрев бетонной подготовки  $Q_{12}$ ;
- отогрев арматурных конструкций  $Q_{13}$ ;
- отогрев опалубки  $Q_{14}$ ;
- потери тепла в окружающую среду  $Q_{15}$ .

Глубину промерзания основания принимают по Приложению 1. Толщину бетонной подготовки включают в глубину промерзания.

Энергозатраты на отогрев арматурных конструкций определяют по формуле:

$$Q_{13} = C_3 \cdot m_3 \cdot \Delta T, (1)$$

$C_3$  – удельная теплоемкость арматурной стали, кДж/(кг·°С);

$m_3$  – масса арматурной стали, принимается по рабочим чертежам, при отсутствии данных – 70 кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta T = T_k - T_n$  – разность между конечной и начальной температурой,  $T_k$  принимается 5°С,  $T_n$  – средняя температура января региона строительства, принимается по СП 121.13330.

Энергозатраты на отопление опалубки определяют по формуле:

$$Q_{14} = C_4 \cdot m_4 \cdot \Delta T, (2)$$

$C_4$  – удельная теплоемкость материала опалубки, кДж/(кг·°С);

$m_4$  – масса опалубки, принимается по ППР, при отсутствии данных – 40 кг/м<sup>2</sup>. Энергозатраты

на отопление бетонной подготовки определяют по формуле:

$$Q_{12} = C_2 \cdot m_2 \cdot \Delta T + C_{2л} \cdot m_{2л} \cdot \Delta T_2 + C_{2в} \cdot m_{2в} \cdot \Delta T_2 + Q_L + C_{22в} \cdot m_{22в} \cdot \Delta T_3, (3)$$

$C_2$  – удельная теплоемкость минеральной составляющей бетонной подготовки, кДж/(кг·°С);

$m_2$  – масса минеральной составляющей бетонной подготовки, принимается 2200 кг/м<sup>3</sup>, толщина бетонной подготовки принимается по рабочим чертежам, при отсутствии данных – 200 мм;

$\Delta T$  – по ф.(1);

$C_{2л}$  – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·°С);

$m_{2л}$  – масса льда, принимается 50 кг/м<sup>3</sup> бетона;

$C_{2в}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$m_{2в}$  – масса воды, принимается 50 кг/м<sup>3</sup> бетона;

$$\Delta T_2 = 0 - T_n, T_n - \text{по ф. (1)};$$

$m_{22в}$  – масса воды после таяния льда, принимается 100 кг/м<sup>3</sup> бетона;  $C_{2в}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$m_{2в}$  – масса воды, принимается 50 кг/м<sup>3</sup> бетона;

$$\Delta T_3 = T_k - 0, T_k - \text{по ф. (1)};$$



$Q_L = q_L \cdot m_L$  – энергозатраты на таяние льда, где  $q_L$  – удельная теплота плавления льда, кДж/кг;

Энергозатраты на отогрев замороженного основания  $Q_{11}$  определяют по формулам, аналогичным ф.(1) – ф.(3). Данные о водонасыщенности грунта принимают по данным геологических изысканий, либо по справочным данным.

Энергозатраты на потери в окружающую среду определяют по формуле:

$$Q_5 = q_5 \cdot A \cdot \Delta T \cdot \Delta t = Q_{51} \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где

- тепловой поток  $q_5$  через 1 м<sup>2</sup> тента тепляка при перепаде температур 1°С определяют по формуле (Вт/м<sup>2</sup>·°С):

$$q_5 = \frac{1}{R_0}, \quad (4)$$

- термическое сопротивление тента определяют по формуле (м<sup>2</sup> ·°С/Вт):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (5)$$

где  $\alpha_B = 9,5 + 0,07\Delta T$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности тента,

$\Delta T = T_{\text{воз}} - T_H$ ,  $T_{\text{воз}}$  – температура воздуха внутри тепляка, на стадии отогрева принимается 25°С,  $T_H$  – температура поверхности тента, принять равной температуре наружного воздуха;

$\alpha_H = 5,6 + 4v$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции. ( $v$  – скорость ветра, м/с, принять по данным СП 121.13330).

Величиной  $\delta/\lambda$  пренебрега-

ем;  $A$  – площадь тепляка

(м<sup>2</sup>);

$\Delta t$  – продолжительность первого этапа, (ч);

$\Delta T = 25 - T_H$ , °С.

Продолжительность отогрева замороженного основания определяют по формуле:



где  $A_o$  – площадь поверхности отогреваемого основания,  $m^2$ ;

$$\Delta r_l = \frac{Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14}}{\alpha \cdot A_o \cdot \Delta T_o} \quad (6)$$



$\Delta T_o$  – разность температуры теплоносителя и основания, температуру основания принять равной среднему арифметическому значения  $\Delta T$  в ф.(1);

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи теплоносителя основанию,  $\alpha = 9,4 + 3,7 \cdot v$ , где  $v$  – скорость воздуха внутри тепляка, принять 3 – 4 м/с.

Общие энергозатраты на первом этапе определяются по формуле



:

$$Q_I = Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15}. \quad (7)$$

обходимая мощность теплогенераторов на первом этапе определяется по формуле:

$$P_I = \frac{Q_I}{0,8 \cdot \Delta t_c} \quad (8)$$

## ЭТАП 2.

Нагрев свежесушеного бетона до температуры изотермического выдерживания. На втором этапе затраты тепловой энергии расходуются на:

- нагрев основания и бетонной подготовки  $Q_{21}$ ;
- нагрев свежесушеного бетона  $Q_{22}$ ;
- нагрев арматурных конструкций  $Q_{23}$ ;
- нагрев опалубки  $Q_{24}$ ;
- потери тепла в окружающую среду  $Q_{25}$ .

Продолжительность второго этапа определяется из следующих соображений:

- скорость подъема температуры свежесушеного бетона не должна превышать  $5^\circ\text{C}/\text{ч}$ ;
- необходимое количество тепла для нагрева свежесушеного бетона должно быть передано теплоносителем за время второго этапа:

$$\Delta t_I = \frac{Q_{22}}{\alpha \cdot A_c \cdot \Delta T_c} \quad (9)$$

Температуру воздуха внутри тепляка на стадии изотермического выдерживания рекомендуется принять в пределах  $35 - 40^\circ\text{C}$ .

Перед началом нагрева свежесушеного бетона необходимо защитить его от испарения воды.

Выделением тепла твердеющим бетоном на стадии нагрева до температуры изотермического выдерживания пренебрегаем.

Энергозатраты на потери тепла в окружающую среду, нагрев арматурных конструкций и опалубки, нагрев основания и бетонной подготовки рассчитывают аналогично первому этапу.

Энергозатраты на нагрев свежесушеного бетона определяют по формуле:

$$Q_{22} = C_m \cdot m_m \cdot \Delta T_c + C_{2B} \cdot m_B \cdot \Delta T_c, \quad (10)$$

где  $C_m$  – удельная теплоемкость минеральной составляющей свежесушеного бетона,  $\text{кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$m_m$  – масса минеральной составляющей свежесушеного бетона, принимается  $2250 \text{ кг/м}^3$ ;  $m_B$  – масса воды в составе свежесушеного бетона, принимается  $170 \text{ кг/м}^3$ ;

$$\Delta T_c = T_n - 5.$$

Общие энергозатраты на втором этапе определяются по формуле:

$$Q_{II} = Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25}. \quad (11)$$

Необходимая мощность теплогенераторов на втором этапе определяется по формуле:

$$P_{II} \quad (12) = \frac{Q_{II}}{0,8 \cdot \Delta c_2}.$$

### ЭТАП 3.

Изотермическое выдерживание бетона.

На третьем этапе затраты тепловой энергии расходуются на:

- потери тепла в окружающую среду  $Q_{35}$ .

Экзотермией бетона на третьем этапе пренебрегаем. Продолжительность третьего этапа определяется из условия, что степень зрелости бетона обеспечит требуемую прочность к моменту окончания прогрева. Пример расчета продолжительности изотермического выдерживания приведен в Приложении 1.

Необходимая мощность теплогенераторов на третьем этапе определяется по формуле:

$$P_{III} \quad (13) = \frac{Q_{III}}{0,8 \cdot \Delta c_3}.$$

### ЭТАП 4.

Регулируемое остывание бетона.

На четвертом этапе затраты тепловой энергии расходуются на:

- потери тепла в окружающую среду  $Q_{45}$ .



Экзотермией бетона на четверто этапе пренебрегаем. Продолжительность четвертого этапа определяется из условия, что степень зрелости бетона обеспечит требуемую прочность к моменту окончания прогрева. Пример расчета продолжительности регулируемого остывания приведен в Приложении 1.

Необходимая мощность теплогенераторов на четвертом этапе определяется по формуле:

$$P_{IV} = \frac{Q_{IV}}{0,8 \cdot \Delta t_4} \quad (14)$$

Подбор теплогенераторов производится по максимальной требуемой мощности по указанным выше этапам.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

"Определение степени зрелости бетона и задание графика выдерживания"

Время изотермического прогрева и остывания определяются исходя из требований достижения бетоном к концу выдерживания требуемой прочности.

Общее количество градусо/часов определяется по формуле: (прогрев, выдерживание, остывание) определяется по формуле:

$$\frac{R}{R} 21,5 \cdot L_n (\text{ЗБ}) - 107, \% \quad (28)$$

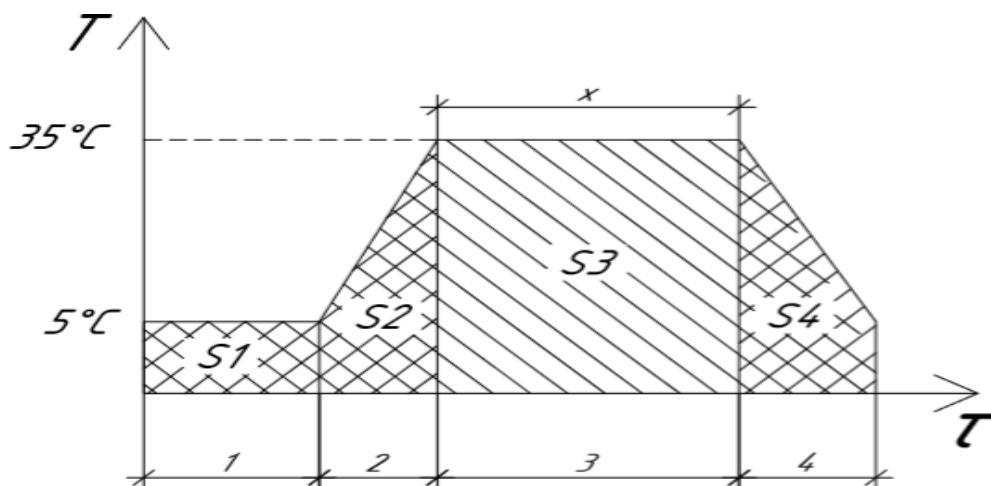
$$L_n(\text{ЗБ}) = \frac{30+107}{21,5} \approx 7$$

ЗБ = e<sup>7</sup> – зрелость бетона Принимаем

прочность бетона 30 %R – принимаемая

прочность бетона R – прочность

бетона 28 сут.



1 – Предварительное выдерживание (принимаем 1,5 час ) 2 –

Подъем температуры (3°C в час, т.е 10 часов)

3 – Изотермическое выдерживание

4 – Регулируемое остывание (4°C в час, т.е 7,5 часов до  $t_{\text{пер}} = 5^\circ\text{C}$ )





$$S1+S2+S3+S4 = 3Б$$

$$S3 = 3Б - S1 - S2 - S4 = e^7 - 7,5 - 200 - 150 = 739,13$$

$$x = S3/t = 739,13/35 = \mathbf{22 \text{ ч}}$$

Следовательно общая продолжительность выдерживания равна:

$$1,5ч + 10ч + 22ч + 7,5ч = \mathbf{41ч}$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

"Подсчет количества теплоты для подбора теплогенераторов"

Уравнение энергобаланса:  $\sum Q_з = \sum Q_п$

$Q_з$ - затраты количества тепла на обогрев;

$Q_п$ - количество теплоты от источников поступления тепла

### УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОБАЛАНСА ДЛЯ ПЕРВОГО ЭТАПА:

#### 1. Отогрев основания

$\Delta T = 5 - T_{ср} = 5 - (-8) = 13^\circ\text{C}$ , где  $T_{ср}$ - среднесуточная температура С-

удельная теплоемкость (кДж/(кг °С))

$C_1 = 0,85$  кДж/(кг °С) – для грунта

$C_2 = 0,85$  кДж/(кг °С) – для подготовки под фундаменты

$C_л = 2,1$  кДж/(кг °С) – для льда

$C_в = 4,19$  кДж/(кг °С) – для воды

$\lambda = 330$  (кДж/кг) – удельная теплота плавления льда

$m_1, m_2$  - масса грунта, подготовки;  $m = V \cdot \rho$  (кг)

$m_л = m_в = 0,15m_1 + 0,05m_2$

$m_л = m_в = 100155,66$  кг +  $1278,72$  кг =  $101434,38$  кг

$\rho$  – плотность (для грунта- $1500$  кг/м<sup>3</sup>, для подготовки - $1850$  кг/м<sup>3</sup>)

$Q_{11} = C_1 \cdot m_1 \cdot \Delta T + C_2 \cdot m_2 \cdot \Delta T$

$Q_{11}$  (до начала таяния льда) =  $0,85$  кДж/(кг °С) · ( $0,3\text{м} \cdot 162,34\text{м} \cdot 9,14\text{м} \cdot 1500$  кг/м<sup>3</sup>) ·  $13^\circ\text{C}$   
+  $0,82$  кДж/(кг °С) · ( $0,2\text{м} \cdot 1,6\text{м} \cdot 1,6\text{м} \cdot 1850$  кг/м<sup>3</sup>) ·  $13^\circ\text{C} \cdot 27\text{шт}$

= 7660730,96 кДж

$Q_{12}$  (таяние льда) =  $C_л \cdot m_л \cdot \Delta T + m_л \cdot \lambda$

$Q_{12} = 101434,38$  кг<sup>2</sup> · ( $2,1$  кДж/(кг °С) ·  $8^\circ\text{C} + 330$  кДж/кг) = 35177442,92 кДж

$Q_{13}$  (подогрев грунта и воды) =  $C_в \cdot m_в \cdot \Delta T$

$Q_{13} = 4,19$  кДж/(кг °С) ·  $101434,38$  ·  $5^\circ\text{C} = \underline{2125050,26}$  кДж

$$Q_1 = Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} = \mathbf{44963224,14 \text{ кДж}}$$

## 2. Отогрев опалубки

$C_3 = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$  – для опалубки

$S_{\text{оп}} = 174,96 \text{ м}^2$  – площадь всей опалубки

$$m_3 = 50 \text{ кг} \cdot 174,96 \text{ м}^2 = 8748 \text{ кг}$$

$$Q_2 = C_3 \cdot m_3 \cdot \Delta T$$

$$Q_2 = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 8748 \text{ кг} \cdot 13^\circ\text{C} = \mathbf{55724,76 \text{ кДж}}$$

## 3. Отогрев арматурных конструкций

$$Q_3 = C_4 \cdot m_4 \cdot \Delta T$$

$C_4 = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$  – для арматуры

$$m_3 = 75 \text{ кг} \cdot 47,75 \text{ м}^3 = 3581,25 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 3581,25 \text{ кг} \cdot 13^\circ\text{C} = \mathbf{22812,56 \text{ кДж}}$$

## 4. Потери в окружающую среду

$R = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \delta + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\lambda}$  ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ) – термическое сопротивление ограждающей конструкции



$\alpha_{в} = 9,5 + 0,07\Delta T$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции.

$$\alpha_{в} = 9,5 + 0,07 \cdot 17 = 11,31$$

$\alpha_{н} = 5,6 + 4v$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции. ( $v$  – скорость ветра )

$$\alpha_{н} = 5,6 + 4 \cdot 3 = 17,6$$

$\lambda = 0,17$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) – коэффициент теплопроводности брезента

$\delta = 0,006$  (мм) – толщина полога

$$R_0 = 1/11,31 + 0,006/0,17 + 1/17,6 = 0,22$$

$$Q_0 = 1/R_0 = 1/0,22 = 4,55 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$Q_{05} = Q_0 \cdot A \cdot \tau \cdot \Delta T$$

$$Q_5 = \alpha \cdot \tau \cdot A \cdot \Delta T_1$$

$\Delta T_1 = T_{\text{внутр}} - 4\text{°C}$ , где  $T_{\text{внутр}}$  - температура внутри тепляка (  $25\text{°C}$  )

$$\Delta T_1 = 25\text{°C} - 4\text{°C} = 21\text{°C}$$

$A$  – площадь тепляка ( $\text{м}^2$ )

$\tau$  – продолжительность процесса (ч)

$$Q_{05} = 4,55 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 1339,06 \text{ м}^2 \cdot 108 \text{ ч} \cdot 33\text{°C} = \mathbf{21714464,77 \text{ кДж}}$$

$$Q_5 = 17,6 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 108 \text{ ч} \cdot 1339,06 \text{ м}^2 \cdot 29\text{°C} = \mathbf{73813272,19 \text{ кДж}}$$

5. Определение продолжительности отогре-

$$t_{\tau} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\alpha \cdot A \cdot \Delta T_2}$$

$$\alpha = 9,5 + 0,07 \cdot \Delta T_2 = 9,5 + 0,07 \cdot 33 = 11,81$$

$$\Delta T_2 = \frac{25\text{°C} - (-8\text{°C}) + 25\text{°C} - 5\text{°C}}{2} = 26,5 \text{ °C}$$

$$t_{\tau} = \frac{44963224,14 \text{ кДж} + 55724,76 \text{ кДж} + 22812,56 \text{ кДж}}{11,81 \cdot 902,75 \text{ м}^2 \cdot 26,5 \text{ °C}} \approx 108 \text{ ч}$$

### УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОБАЛАНСА ДЛЯ ВТОРОГО ЭТАПА:

Нагрев свежесушеного бетона

$$Q_{II} = Q_7 + Q_8 + Q_9$$

$Q_7$  – потери в окружающую среду

$Q_8$  - теплоотдача в основание и грунт

$Q_9$  – нагрев воздуха в тепляке ( с учетом трехкратного обмена в сутки )

$$Q_7 = Q_{оп} + Q_{арм} + Q_{заполн} + Q_{воды} + Q_{основ} + Q_{с\text{ поверхности}}$$

$$Q_{оп} = C_{оп} \cdot m_{оп} \cdot \Delta T$$

$$C_{оп} = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$$

$$m_{оп} = 8748 \text{ кг}$$

$$\Delta T = 35^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

$$Q_{оп} = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 8748 \text{ кг} \cdot 30^\circ\text{C} = \underline{128595,6 \text{ кДж}}$$

$$Q_{арм} = C_{арм} \cdot m_{арм} \cdot \Delta T$$

$$C_{арм} = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$$

$$m_{арм} = 3581,25 \text{ кг}$$

$$Q_{арм} = 0,49 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 3581,25 \text{ кг} \cdot 30^\circ\text{C} = \underline{51570 \text{ кДж}}$$

$$Q_{заполн} = C_{заполн} \cdot m_{заполн} \cdot \Delta T$$

$$C_{заполн} = 0,85 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$$

$$m_{заполн} = m_{смеси} - m_{воды} = 114600 \text{ кг} - 8117,5 \text{ кг} = \underline{106482,5 \text{ кг}}$$

$$m_{смеси} = 47,75 \text{ м}^3 \cdot 2400 \text{ кг}/\text{м}^3 = 114600 \text{ кг}$$

$$m_{воды} = 47,75 \text{ м}^3 \cdot 170 \text{ кг}/\text{м}^3 = 8117,5 \text{ кг}$$

$$Q_{заполн} = 0,85 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 106482,5 \text{ кг} \cdot 30^\circ\text{C} = \underline{2715303,75 \text{ кДж}}$$

$$Q_{воды} = C_{воды} \cdot m_{воды} \cdot \Delta T$$

$$C_{воды} = 4,18 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{воды}} = 4,18 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot 8117,5 \text{ кг} \cdot 30^\circ\text{C} = \underline{1017934,5 \text{ кДж}}$$

$$Q_{\text{основ}} = C_{\text{подг}} \cdot m_{\text{подг}} \cdot \Delta T + C_{\text{грунта}} \cdot m_{\text{грунта}} \cdot \Delta T \text{ (аналогично п.1)}$$

$$Q_{\text{основ}} = 0,82 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot (0,2\text{м} \cdot 1,6\text{м} \cdot 1,6 \text{ м} \cdot 1850 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot 30^\circ\text{C} \cdot 27\text{шт} + 0,85 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \cdot (0,3\text{м} \cdot 162,34\text{м} \cdot 9,14\text{м} \cdot 1500 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot 30^\circ\text{C} = 6501012,48 \text{ кДж} + 17026462,71 \text{ кДж} = \underline{23527475,19 \text{ кДж}}$$

$$Q_{\text{с поверхности}} = Q_0 \cdot A \cdot r \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{с поверхности}} = 4,55 \text{ (Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 1339,06\text{м}^2 \cdot 10\text{ч} \cdot 31^\circ\text{C} = 1888744,13 \text{ кДж}$$

$$Q_7 = 128595,6 \text{ кДж} + 51570 \text{ кДж} + 106482,5 \text{ кДж} + 2715303,75 \text{ кДж} + 1017934,5 \text{ кДж} + 23527475,19 \text{ кДж} = \underline{27547361,54 \text{ кДж}}$$

$$Q_8 = \alpha \cdot \tau \cdot A \cdot \Delta T_3$$

A – площадь грунта (828,163м<sup>2</sup>)

$\alpha = 9,5 + 0,07 \cdot \Delta T_3 = 9,5 + 0,07 \cdot 36,5 = 12,055 \text{ (Вт}/\text{мм } ^\circ\text{C})$  – коэффициент теплопередачи отвоздуха

$$\Delta T_3 = \frac{35^\circ\text{C} - (-8^\circ\text{C}) + 35^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}}{2} = 36,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_8 = 12,055 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 10 \text{ ч} \cdot 828,163 \text{ м}^2 \cdot 36,5 \text{ °C} = \underline{3643979,31 \text{ кДж}}$$

$$Q_9 = C_{\text{воздуха}} \cdot m_{\text{воздуха}} \cdot \Delta T_4 \cdot 3$$

$$C_{\text{воздуха}} = 1,01 \text{ кДж/(кг °C)}$$

$$m_{\text{воздуха}} = V_{\text{воздуха}} \cdot \rho_{\text{воздуха}} = 2262,24 \text{ м}^3 \cdot 1,225 \text{ кг/м}^3 = 2771,24 \text{ кг}$$

$$\Delta T_4 = 35 \text{ °C} - 15 \text{ °C} = 20 \text{ °C}$$

$$Q_9 = 1,01 \text{ кДж/(кг °C)} \cdot 2771,24 \text{ кг} \cdot 20 \text{ °C} \cdot 3 = \underline{167937,14 \text{ кДж}}$$

$$Q_{II} = 27547361,54 \text{ кДж} + 3643979,31 \text{ кДж} + 167937,14 \text{ кДж} = \mathbf{31359277,99 \text{ кДж}}$$

### УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОБАЛАНСА ДЛЯ ТРЕТЬЕГО ЭТАПА:

Изотермическое выдерживание

$$Q_{III} = Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} - Q_{b1}$$

$Q_{10}$  – потери в окружающую среду

$Q_{11}$  - теплоотдача в основание и грунт (пренебрегаем )

$Q_{12}$  – нагрев воздуха в тепляке (с учетом трехкратного обмена в сутки )

$Q_{b1}$  – тепловыделение твердеющего бетона

$$Q_{10} = Q_0 \cdot A \cdot r \cdot \Delta T$$

$$Q_{10} = 4,55 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 1339,06 \text{ м}^2 \cdot 22 \text{ ч} \cdot 42 \text{ °C} = \underline{5629676,05 \text{ кДж}}$$

$$Q_{12} = C_{\text{воздуха}} \cdot m_{\text{воздуха}} \cdot \Delta T_5 \cdot 3$$

$$\Delta T_5 = 35 \text{ °C} - (-8 \text{ °C}) = 42 \text{ °C}$$

$$Q_{12} = 1,01 \text{ кДж/(кг °C)} \cdot 2771,24 \text{ кг} \cdot 42 \text{ °C} \cdot 3 = \underline{394652,29 \text{ кДж}}$$

$$Q_{b1} = Q_{\text{цемента}} \cdot m_{\text{цемента}} V_{\text{бетона}} \cdot 0,3 = 250 \cdot 350 \cdot 47,75 \cdot 0,3 = \underline{1253437,5 \text{ кДж}}$$

$$Q_{III} = 5629676,05 \text{ кДж} + 394652,29 \text{ кДж} - 1253437,5 \text{ кДж} = \mathbf{4770890,84 \text{ кДж}}$$

### УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОБАЛАНСА ДЛЯ ЧЕТВЕРТОГО ЭТАПА:

$$Q_{IV} = Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} - Q_{b2}$$

$Q_{13}$  – потери в окружающую среду

$Q_{14}$  - теплоотдача в основание и грунт (пренебрегаем)

$Q_{15}$  – нагрев воздуха в тепляке (с учетом троекратного обмена в сутки)

$Q_{b2}$  – тепловыделение твердеющего бетона

$$Q_{13} = Q_0 \cdot A \cdot r \cdot \Delta T$$

$$Q_{13} = 4,55 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 1339,06 \text{ м}^2 \cdot 7,5 \text{ ч} \cdot 20 \text{ °C} = \underline{913908,45 \text{ кДж}}$$

$$Q_{12} = C_{\text{воздуха}} \cdot m_{\text{воздуха}} \cdot \Delta T_6 \cdot 3$$

$$\Delta T_5 = 35 \text{ °C} - 5 \text{ °C} = 30 \text{ °C}$$

$$Q_{15} = 1,01 \text{ кДж/(кг °C)} \cdot 2771,24 \text{ кг} \cdot 20 \text{ °C} \cdot 3 = \underline{167937,15 \text{ кДж}}$$

$$Q_{b2} = Q_{\text{цемента}} \cdot m_{\text{цемента}} V_{\text{бетона}} \cdot 0,2 = 250 \cdot 350 \cdot 47,75 \cdot 0,2 = \underline{835625 \text{ кДж}}$$

$$Q_{IV} = 913908,45 \text{ кДж} + 167937,15 \text{ кДж} - 835625 \text{ кДж} = \underline{246220,6 \text{ кДж}}$$

### ПОДБОР ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

$$\frac{Q_1}{0,8 \cdot c_1} = \frac{45041761,46}{0,8 \cdot 108} = 521316,68 \text{ кДж/ч} \rightarrow 144,1 \text{ кВт}$$

$$\frac{Q_2}{0,8 \cdot c_2} = \frac{31359277,99}{0,8 \cdot 10} = 3919909,75 \text{ кДж/ч} \rightarrow 1088,86 \text{ кВт}$$

$$\frac{Q_3}{0,8 \cdot c_3} = \frac{4770890,84}{0,8 \cdot 22} = 271073,34 \text{ кДж/ч} \rightarrow 75 \text{ кВт}$$





$$\frac{Q_4}{0.8 \cdot c_4} = \frac{246220,6}{0.8 \cdot 7,5} = 41036,77 \text{ кДж/ч} \rightarrow 12 \text{ кВт}$$

Максимальные затраты на 2-ом участке

Принимаем 7 теплогенераторов:

Master BV685E мощностью 220 кВт (по паспорту)(220

кВт\*0,8)\*7=1232 кВт > 1088,86 кВт

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Подбор монтажного крана по требуемым параметрам

Подбор крана осуществляется по основным техническим параметрам:

1) грузоподъемность:

$$Q=q_r+q_{гп}+q_g$$

где,  $q_r$  –максимальная масса поднимаемой конструкции (Щит опалубки 1,2 x 1,1 м);

$q_{гп}$  –масса грузозахватного приспособления (1,06т. траверса ПИ Промстальконструкция)  $q_g$  –  
масса дополнительных устройств (0.1 т);

$$Q=0,6 + 1,06 + 0,1=1,76 \text{ т};$$

2) Высота подъема крюка:

$$H=h_0+h_б+h_k+h_c;$$

где  $h_0$  – высота опоры, на которую устанавливается конструкция от уровня стоянки крана (1м)

$h_б$ - запас по высоте, принимаемый по технике безопасности (1м)  $h_k$ -

длина по высоте предметного груза (0,3м)

$h_c$  –расчетная высота строповки (2 м)

$$H=1+ 1 + 0,3 + 2=4,3\text{м};$$

3) вылет крюка

$$L_{кр.тр} = (a+d)( H+h_n+h_m)/( h_n+h_c) + C$$

$a$  – расстояние от центра строповки монтируемого элемента до края поднимаемого груза, м;  $d$  – монтажный запас(0,5);

$h_n$  – высота полиспаста(2м);

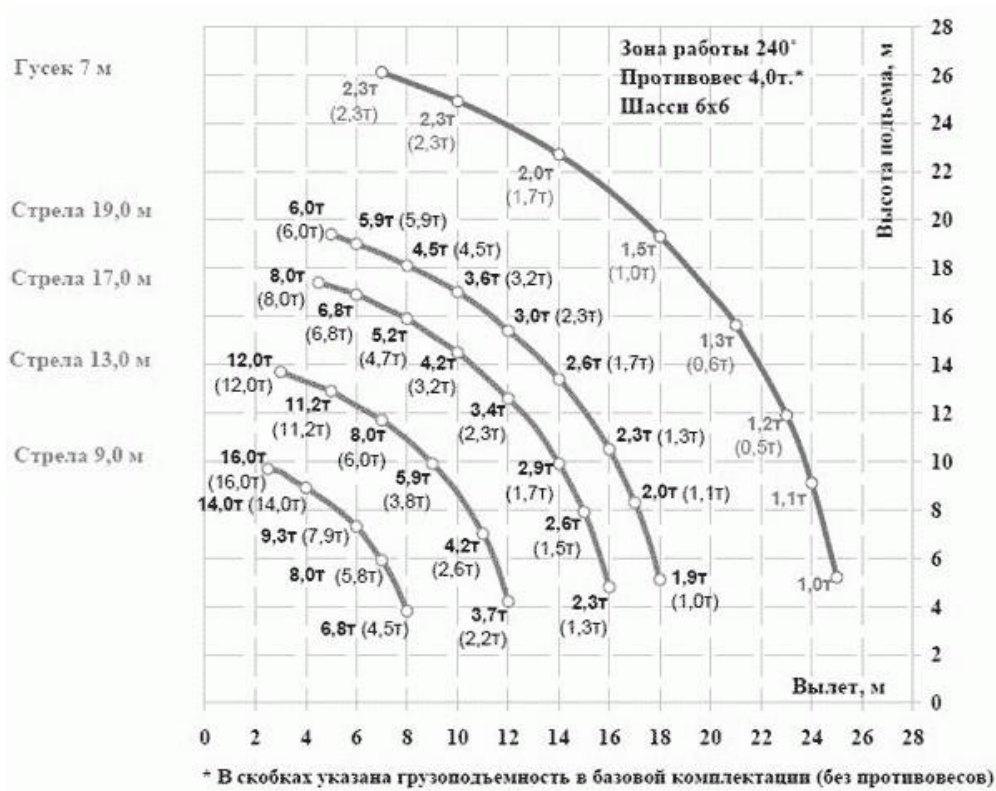
$h_m$  – высота шарнира стрелы(1,5м);

$C$  – расстояние от вертикальной оси поворота крана до шарнира стрел ( 2м);  $L_{кр.тр}$   
= 9 м

Исходя из полученных параметров, принимаем кран КС-45734-19 с параметрами:

- грузоподъемность – 8 т
- высота подъема крюка – 17 м

- вылет крюка – 16 м



Радиус опасной зоны:

$L_{o.p.} = l_{max} + 0.1m + l_{отл} + l_{max.гр}$  где,  $l_{max}$

– максимальный вылет стрелы, 0,1 м –  
 монтажный запас ,

$l_{отл}$  – минимальное расстояние отлета( РД-11-06-2007) ,

$l_{max.гр}$  – максимальный габарит груза.

$$L_{o.p.} = 16 + 0,1 + 5,5 + 1,2 = 22,8 \text{ м}$$

#### Список используемых источников

1. СП 70.13330.2017 НЕСУЩИЕ И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Дата введения 2013-07-01
2. СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1).
3. СП 49.13330.2010 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. Дата введения в действие: 24.12.2010
4. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
5. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 25573-82\* Стропы грузовые канатные для строительства, технические условия.
7. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
8. ОСТ 17-830-80 Щетки и кисти технические. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2)..
9. Учебное пособие «Технология и качество бетонных работ» Несветаев Г.В., Духанин П.В., Жильникова Т.Н.; РнД, 2018г
10. Нормативные показатели расхода материалов. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Сборник 6. Госстрой России. 1993.
11. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е1. Внутривозрастные транспортные работы.
12. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения