некоммерческое партнерство
саморегулируемая организация
СОЮЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ
Урала и Сибири

ОДОБРЕНО
Комитетом по разработке стандартов и правил
некоммерческого партнерства
«Саморегулируемая организация
Союз строительных компаний Урала и Сибири»
Протокол № 20 от 18 июля 2013г.

СТАНДАРТ

СТ – НП СРО ССК – 04 – 2013

ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОЙ КОНТРОЛЬ БЕТОНА

ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

ВПЕРВЫЕ

Дата введения в действие: «____» _____ 2013 г.

gost.e-ecolog.ru

Челябинск, 2013

некоммерческое партнерство
саморегулируемая организация
СОЮЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ
Урала и Сибири

454092, Россия, г. Челябинск, ул. Елькина, 84, т. (351)280-41-14

Одобрено Комитетом по разработке стандартов и
правил некоммерческого партнерства
«Саморегулируемая организация
Союз строительных компаний Урала и Сибири»
Протокол № 20 от 18 июля 2013г.

СТАНДАРТ

СТ – НП СРО ССК – 04 – 2013

ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОЙ КОНТРОЛЬ БЕТОНА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

ВПЕРВЫЕ

Дата введения в действие: «___» _____ 2013 г.

Челябинск, 2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ 3
1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 4
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 4
3. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 5
4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 6
5. КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА 7
6. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА 9
7. КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В БЕТОНЕ 12
8. РАСПОЛОЖЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА 14
9. КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОЙ КОНТРОЛЬ БЕТОНА 15
10. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОГО КОНТРОЛЯ БЕТОНА 17
11. ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ 18
Приложение А Примеры расчета прочности бетона, выдерживаемого по определенному температурному режиму 19
Приложение Б Возможности ПО «Снежный барс v. 2.11» 21
Приложение В Форма листа температурно-прочностного контроля 24

АННОТАЦИЯ

Настоящий стандарт направлен на реализацию в некоммерческом партнерстве «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири» Градостроительного кодекса Российской Федерации, Федеральных законов Российской Федерации от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», постановления Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 года № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства», приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 года № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства» и иных законодательных и нормативных правовых актов, действующих в области градостроительной деятельности.

Стандарт разработан в дополнение к ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» и СТ – НП СРО ССК – 03 – 2013 «Правила контроля и оценки прочности бетона монолитных конструкций». В основу стандарта положены результаты научных исследований, выполненных на кафедре «Технология строительного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), накопленный опыт отечественного и зарубежного строительства в области зимнего бетонирования. Требования настоящего стандарта до введения его в действие прошли апробацию в строительных организациях Челябинской области.

Авторский коллектив: доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный строитель России ***Головнев Станислав Георгиевич***, кандидат технических наук, доцент ***Пикус Григорий Александрович***, аспирант ***Мозгалёв Кирилл Михайлович*** (кафедра «Технология строительного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)), почетный строитель России ***Абаимов Александр Иванович*** (управление регионального государственного строительного надзора Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области).

Стандарт рекомендован к практическому применению Комитетом по разработке стандартов и правил НП СРО «ССК УрСиб», протокол № 20 от 18.07.2013г.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Стандарт устанавливает общие требования к контролю прочности бетона монолитных конструкций, возводимых в зимний период. Зимним периодом, в соответствии с СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87», считается период, когда среднесуточная температура наружного воздуха ниже +5°С, а минимальная суточная температура ниже 0°С.

1.2. Настоящий стандарт распространяется на все виды бетонных и железобетонных конструкций, применяемых в гражданском и промышленном строительстве, изготовляемых на строительной площадке из тяжелых бетонов и ненапрягаемой арматуры.

1.3. Требования данного стандарта обязательны для применения во всех организациях некоммерческого партнерства «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири».

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы следующие нормативные ссылки:

2.1. ГОСТ 17624-87 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности».

2.2. ГОСТ 22690-88 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».

2.3. ГОСТ 26663-91 «Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия».

2.4. ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности».

2.5. ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».

2.6. СП 70.13330.2011 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87».

2.7. СТ – НП СРО ССК – 03 – 2013 «Правила контроля и оценки прочности бетона монолитных конструкций».

2.8. СТ – НП СРО ССК – 05 – 2013 «Организация и осуществление строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».

Примечание. При пользовании настоящим стандартом необходимо проверить действие нормативных ссылок в информационной системе общего пользования – на официальных сайтах национального органа Российской Федерации по стандартизации и некоммерческого партнерства «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири» в сети Интернет или по ежегодно издаваемым информационным указателям, опубликованным по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться новым (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем стандарте применяются следующие термины и определения:

3.1. **Класс бетона по прочности в проектном возрасте**: значение класса бетона, указанное в паспорте на бетонную смесь.

3.2. **Коэффициент вариации прочности бетона**: характеристика однородности бетона.

3.3. **Критическая прочность**: прочность бетона, после достижения которой замораживание уже не вносит необратимых нарушений в структуру бетона, а бетон в нормальных условиях набирает нормируемую прочность.

3.4. **Промежуточная прочность**: прочность бетона на определенном этапе выдерживания бетона.

3.5. **Прочность при поэтапном загружении**: прочность бетона, определяемая с учетом допустимой интенсивности загружения конструкций при их выдерживании.

3.6. **Распалубочная прочность**: прочность бетона, при которой осуществляется снятие опалубки с поверхностей конструкции.

3.7. **Текущая прочность**: прочность бетона на данный момент времени.

3.8. **Требуемая прочность бетона**: среднее значение прочности бетона в проектном возрасте (при твердении бетона в течение 28 суток в нормальных условиях при температуре 20 (± 3) °С и относительной влажности 95 (±5) %), указываемое в документе о качестве бетонной смеси по ГОСТ 7473, соответствующее нормируемой прочности бетона при ее фактической однородности.

3.9. **Фактический класс бетона по прочности**: значение класса бетона по прочности монолитных конструкций, рассчитанное по результатам определения текущей прочности бетона и ее однородности.

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения и обозначения:

$B_ф$ – фактический класс бетона по прочности, МПа.

R_{si} – прочность бетона на i-ом этапе загружения.

σ_{si} – напряжения в бетоне, возникающие от действия внешних нагрузок на i-ом этапе загружения.

η_{si} – допустимый коэффициент интенсивности загружения на i-ом этапе.

$R_{ср}$ – средняя прочность бетона.

S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона.

V – коэффициент вариации прочности бетона в партии, %.

R_i – текущая прочность бетона в i-ой температурной точке.

m – количество значений текущей прочности.

t_i – средняя температура i-го этапа, °С.

τ_i – продолжительность i-го этапа, ч.

$ЗР_б$ – зрелость бетона, численно равная сумма градусо-часов всех этапов выдерживания бетона до данного момента времени.

$\tau_{экв}$ – продолжительность выдерживания бетона по текущему температурному режиму, эквивалентная времени его выдерживания при 20 °С, ч.

A – коэффициент начальной прочности бетона.

B – коэффициент темпа твердения.

n – показатель степени.

R_3 – трехсуточная прочность бетона при твердении в нормальных условиях при температуре 20 (± 3) °С и относительной влажности 95 (±5) %.

R_{28} – требуемая прочность бетона (при твердении бетона в течение 28 суток в нормальных условиях при температуре 20 (± 3) °С и относительной влажности 95 (±5) %), указываемое в документе о качестве бетонной смеси по ГОСТ 7473.

σ_{ti} – температурные напряжения в бетоне в текущий момент времени.
R_{bti} – расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение по II группе предельных состояний.
$M_П$ – модуль поверхности конструкции, численно равный отношению суммы площадей охлаждаемых поверхностей к объему конструкции.
ГОСТ – государственный стандарт.
ПО – программное обеспечение.
СНиП – строительные нормы и правила.
СП – свод правил.
СТ – НП СРО ССК – стандарт некоммерческого партнерства «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири».

4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. При выборе методов зимнего бетонирования необходимо исключить преждевременное замораживание бетонной смеси и бетона, обеспечить заданные темпы укладки бетонной смеси и получение нормируемых значений прочности бетона при сокращении времени твердения, а также создать условия, исключающие образование трещин в конструкции из-за температурных перепадов по сечению конструкции.

4.2. Организация и осуществление работ по температурно-прочностному контролю бетона возлагается на организацию, выполняющую бетонные работы. Обязанности по контролю температуры бетона, анализу результатов контроля температуры, контролю прочности бетона, обеспечению качества и достоверности результатов контроля, прогнозированию поведения бетона в постоянно меняющейся климатической обстановке должны быть установлены в должностных инструкциях персонала (положениях о подразделениях) подрядной организации.

Рекомендуется создать в организации отдельное подразделение, ответственное за осуществление температурно-прочностного мониторинга.

Анализ результатов контроля температуры, прогнозирование поведения бетона в постоянно меняющейся климатической обстановке допускается выполнять специалистами структурных подразделений образовательных и научно-исследовательских организаций в рамках научно-технического сопровождения строительства, предусмотренного СТ – НП СРО ССК – 05 (п.6.8).

4.3. На основании чертежей прогреваемых конструкций организация, выполняющая бетонные работы, разрабатывает организационно-технологическую документацию зимнего бетонирования, в состав которой входят:

– особенности технологии приготовления и транспортирования бетонной смеси, обеспечивающие получение требуемых свойств и, прежде всего, заданной температуры этой смеси при выгрузке из бетоносмесителя и у места укладки в конструкции;

– нормируемые значения прочности бетона;

– методы и температурные режимы выдерживания бетона;

– схемы размещения температурных скважин и типы приборов для измерения температуры бетона;

– принципиальные и монтажные схемы прогрева;

– расход материалов и трудозатраты на выполнение работ;

– требования к контролю качества;

– охрана труда и техника безопасности.

4.4. Персонал организации, выполняющей бетонные работы, в соответствии с требованиями организационно-технологической документации организует монтаж

электрической схемы прогрева бетона, выполняет контроль за работой прогревного оборудования, производит регулирование подаваемого напряжения и осуществляет:

– обходы и осмотры конструкций с внесением записей в листы температурно-прочностного контроля;

– контроль текущих и расчет прогнозируемых температурно-прочностных параметров бетона в процессе его выдерживания;

– анализ результатов температурно-прочностного контроля бетона;

– внесение, при необходимости, изменений в технологические карты.

4.5. Мастера и прорабы, осуществляющие бетонные работы, помимо основных технологических мероприятий летнего периода обеспечивают:

– дополнительное утепление конструкций, если это необходимо для соблюдения заданного режима выдерживания бетона;

– вспомогательные работы, сопутствующие зимнему бетонированию (сверление отверстий в опалубке для электродов и температурных измерений, утепление конструкций, ограждение участков термообработки и тому подобное).

5. КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

5.1. Контроль прочности бетона осуществляется при помощи термопар (хромель-копелевых, хромель-алюмелевых и тому подобное), термометров, пирометров или термодатчиков с передачей информации о текущей температуре бетона в измерительный прибор. Передача данных может осуществляться проводным или беспроводным способом. Каналы передачи данных и сам прибор должны иметь достаточную помехозащищенность от электромагнитных излучений прогревочного оборудования. Не рекомендуется применять термометры (спиртовые, ртутные и т.п.) при контроле температуры в массивных ($M_п$ < 5 м$^{-1}$) и среднемассивных ($M_п$ = 5...10 м$^{-1}$) конструкциях (из-за невозможности измерения температуры по сечению конструкции), а также в конструкциях любой массивности при использовании электротермообработки бетона (из-за опасности поражения электрическим током при снятии показаний).

5.2. Допускается осуществлять неразрушающий контроль текущей прочности маломассивных конструкций по ГОСТ 22690, ГОСТ 17624 при фактической положительной температуре бетона в местах проведения измерений. Показания прочности, полученные при нулевой и отрицательной фактической температуре бетона в местах проведения измерений, использовать при освидетельствовании и приемке конструкции по прочности бетона не допускается.

5.3. Применение цифровых термометров с возможностью считывания информации при касании к нему измерительного прибора и пирометров возможно только для маломассивных конструкций ($M_п$ > 10 м$^{-1}$).

5.4. Определение текущей прочности бетона по контрольным образцам, твердеющим в тех же условиях, что и конструкция не допускается.

5.5. Интенсивность измерения температуры для любых методов термообработки и этапов выдерживания должна быть не реже 1 раза в 3 часа. Окончательно принятое значение интенсивности измерений указывается в технологической карте (проекте производства работ). Фиксация времени измерения осуществляется с точностью до 10 минут.

5.6. До начала бетонирования термопары и провода термодатчиков прокладывают вдоль арматуры в наиболее безопасных, с точки зрения повреждения местах (например, между опалубкой и арматурой). Концы термопар и термодатчики следует защитить от электромагнитных помех, возникающих при электротермообработке бетона, при помощи ПВХ трубок. Крепление проводов к арматуре осуществляют отрезками полипропиленового шпагата или мягкой вязальной

проволоки диаметром не менее 1,2 мм с контролем отсутствия повреждения изоляции проводов. Крепление производится без сильного натяжения. Установку цифровых термометров на опалубке осуществляют комплектными фиксаторами.

5.7. Полученные значения температур бетона и времени их замеров используют для расчета текущей прочности бетона. Расчеты могут быть выполнены следующими методами:

– по температурным графикам;

– по зрелости бетона;

– по аналитическим зависимостям.

5.8. Расчет прочности по температурным графикам имеет ряд недостатков, но, тем не менее, может быть рекомендован для контроля текущей прочности бетона на строительных площадках.

Основные недостатки – невозможно осуществлять прогноз поведения бетона во времени, точность расчетов зависит от физического размера графика (чем больше размер, тем точнее можно определить прочность бетона), для каждого состава должен быть использован свой график.

Не допускается выполнять расчет по графикам для бетона несоответствующего состава, даже если график взят из любого нормативного документа и относится к классу бетона, аналогичного применяемому на строительной площадке.

Построение графика набора прочности должно быть выполнено лабораторией поставщика бетона или строительной лабораторией подрядчика в специальных климатических камерах. При построении графика необходимо экспериментально получить изотермы для 10, 20, 40, 60 и 80 °С выдерживания бетона.

Пример расчета прочности по графикам приведен в приложении А.

5.9. Расчет прочности по зрелости бетона является наименее точным из всех методов. Однако из-за своей простоты может быть применен на строительной площадке, но только в качестве оценочного метода расчета. Полученные этим методом результаты прочности бетона использовать при освидетельствовании и приемке конструкции по прочности бетона не допускается.

График набора прочности должен быть построен только для бетона нормального хранения (температура выдерживания 20 (± 3) °С и относительная влажность 95 (±5) %) по рекомендуемым моментам времени 1, 3, 7, 14 и 28 суток. Построение графика осуществляется лабораторией поставщика бетона или строительной лабораторией подрядчика.

Расчет прочности бетона осуществляется следующим образом:

– определяется зрелость бетона, °С·час:

$$ЗР_б = \sum_{i=1}^{m} (t_i \cdot \tau_i);$$

– определяется время выдерживания бетона, эквивалентное его выдерживанию при 20 °С:

$$\tau_{экв} = \frac{ЗР_б}{20};$$

– по графику твердения бетона откладывается данный промежуток времени, конец которого укажет нам на полученную бетоном прочность.

Пример расчета прочности по зрелости приведен в приложении А.

5.10. Расчет прочности по аналитическим зависимостям самый точный и обладает широкими возможностями, в том числе по прогнозированию поведения бетона. Недостатком метода является относительная сложность вычислений. Рекомендуется применять специализированное программное обеспечение (см. раздел 9 настоящего стандарта).

Прочность бетона выдерживаемого при различных этапах твердения (например, подъем температуры, изотермическая выдержка, остывание) определяется по формулам

$$R_i = 100 - A \cdot e^{\frac{-B \cdot \sum\left[(0,6+0,02t_i)^n \cdot \tau_i\right]}{24}},$$

$$A = \frac{292}{\sqrt[3]{R_3}},\ B = \frac{7,3}{100 - R_3},\ n = 1,4 + \frac{50}{R_3}.$$

6. НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

6.1. Оценку прочности бетона согласно ГОСТ 18105 следует проводить статистическим методом с учетом однородности бетона по прочности.

6.2. При твердении бетона в зимний период его прочность оценивают в процентах от требуемой прочности бетона в проектном возрасте (% от R_{28}).

6.3. Полученные на строительной площадке значения текущей прочности бетона должны быть сопоставлены с нормируемыми значениями прочности, указанными в технологических картах (проектах производства работ).

6.4. В качестве нормируемых значений могут выступать:

– промежуточная прочность;
– критическая прочность;
– распалубочная прочность;
– прочность при поэтапном загружении;
– фактический класс по прочности на сжатие.

6.5. Значения промежуточной прочности отсутствуют в нормативных документах и принимаются при разработке технологических карт в качестве ориентира для производителя работ. Например, может указываться промежуточная прочность, которую должен достичь бетон к концу определенного этапа выдерживания (подъема температуры, изотермической выдержки и тому подобное).

6.6. Значения критической прочности принимаются согласно таблице 1.

Таблица 1

Значения критической прочности бетонов

№ п/п	Параметр	Величина параметра
1	Бетон без противоморозных добавок для конструкций, эксплуатируемых внутри зданий, фундаментов под оборудование, не подвергающихся динамическим воздействиям, подземных конструкций	Не менее 5 МПа
2	Бетон без противоморозных добавок для конструкций, подвергающихся атмосферным воздействиям в процессе эксплуатации, при классе бетона В7,5....В10 В12,5...В25 В30 и выше	Не менее, % проектной прочности 50 40 30
3	Самоуплотняющийся бетон при классе В30 и выше	Не менее 25 % проектной прочности
4	Бетон конструкций, подвергающихся по окончании выдерживания переменному замораживанию и оттаиванию в водонасыщенном состоянии или расположенных в зоне сезонного оттаивания	Не менее 70% проектной прочности

№ п/п	Параметр	Величина параметра
	вечномерзлых грунтов при условии введения в бетон воздухововлекающих и газообразующих ПАВ	
5	Бетон с противоморозными добавками	Не менее 20% проектной прочности к моменту охлаждения бетона до температуры, на которую рассчитано количество добавок

6.7. Распалубочная прочность бетона определяется:

– для вертикальных поверхностей ненагруженных конструкций – организационно-технологической документацией;

– для остальных случаев – организационно-технологической документацией и согласовывается с проектной организацией.

Распалубочная прочность должна быть не менее критической прочности бетона.

6.8. Прочность бетона при его поэтапном загружении определяется проектной организацией и вычисляется через допустимую интенсивность загружения в определенный момент времени:

$$R_{si} = \frac{\sigma_{si}}{\eta_{si}}.$$

Значения коэффициента интенсивности составляют 0,25...0,40 при прочности бетона 20...40% от проектной, 0,50...0,70 при прочности бетона 50...70 % от проектной. При прочности бетона менее критической и менее 20% от проектной загружать бетон конструкции не допускается.

Загружение конструкции расчетной нагрузкой допускается при достижении бетоном не менее 100 % проектной прочности.

6.9. Фактический класс по прочности на сжатие определяется на основе статистической обработки значений текущей прочности бетона в проектном возрасте, определенных в разных точках одной конструкции. Фактический класс по прочности на сжатие принимается с обеспеченностью 95%, а его значения должны соответствовать величинам, предусмотренным в ГОСТ 26663:

$$B_{ф} = R_{ср}(1-1{,}64V),$$

$$R_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{m}.$$

Коэффициент вариации прочности бетона определяется по формуле:

$$V = \frac{S_m}{R_{ср}}.$$

Среднеквадратическое отклонение прочности бетона вычисляют по формуле:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(R_i - R_{ср})^2}{m-1}}.$$

Переход единиц измерения текущей прочности бетона от процентов к МПа осуществляется по следующей зависимости:

$$R_i\ (МПа) = \frac{R_{28}(МПа)\ R_i\ (\%\ от\ R_{28})}{100\ \%}.$$

Значение требуемой прочности бетона R_{28} указывается в документе о качестве бетонной смеси по ГОСТ 7473.

7. КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В БЕТОНЕ

7.1. В процессе выдерживания бетона необходимо следить за возникающими в нем температурными напряжениями, которые при превышении допустимого уровня могут вызвать появление трещин. На температурные напряжения оказывают влияние следующие основные параметры:

– скорость нагрева и остывания бетона;

– перепад температуры по сечению бетона;

– разность температур наружного воздуха и бетона при распалубке.

7.2. Допустимый уровень температурных напряжений определяется условием:

$$\frac{\sigma_{ti}}{R_{bti}} \le 1.$$

7.3. Скорость нагрева бетона принимается для конструкций с модулем поверхности:

– до 5 $м^{-1}$ – не более 5 °С/час;

– 5...10 $м^{-1}$ – не более 10 °С/час;

– свыше 10 $м^{-1}$ – не более 15 °С/час.

Прогрев бетона на высоких скоростях подъема температуры приводит к появлению температурных деформаций бетона, которые вызваны внутренним давлением, возникающим при быстром расширении образующихся паров воды. Кроме того, в массивных конструкциях, могут возникнуть значительные температурные перепады, приводящие к движению влаги. Эта мигрирующая влага создает в порах бетона избыточное давление, которое оказывает негативное влияние на неокрепшую структуру бетона.

7.4. Скорость остывания бетона принимается для конструкций с модулем поверхности:

– до 2 $м^{-1}$ – не более 0,5 °С/час;

– более 2 $м^{-1}$ – по рисунку 1.

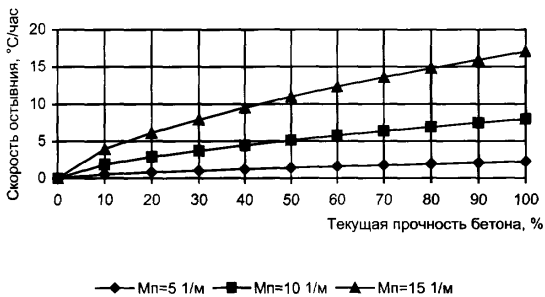


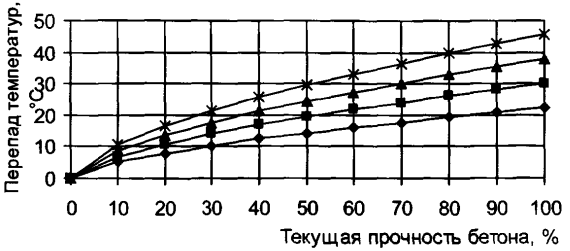
Рисунок 1. Максимальные скорости остывания бетона

Ограничения по скорости остывания вызваны тем, что при охлаждении происходит сжатие бетона, чему противодействует образовавшаяся структура бетона. В результате этого в нем возникают температурно-усадочные напряжения. Чтобы снизить такие напряжения, необходимо, чтобы скорость остывания была минимальной.

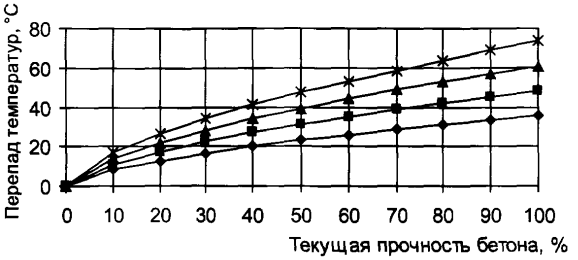
7.5. Перепад температур между наружными слоями бетона и воздуха при распалубке определяется по рисунку 2. Превышение указанных величин разности температур бетона при распалубке конструкции может привести к неравномерному

распределению температур в конструкции, вследствие чего, поверхностные слои бетона будут остывать более интенсивно, нежели центральные участки.

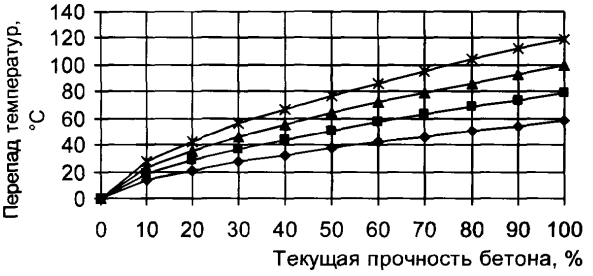
а)



б)



в)



г)

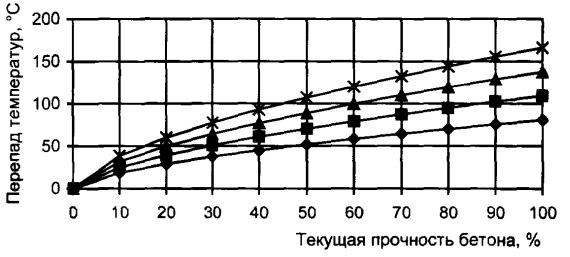


Рисунок 2. Максимальные перепады температур между поверхностью бетона и окружающим воздухом при распалубке

а) $M_п = 2$ м$^{-1}$, б) $M_п = 5$ м$^{-1}$, в) $M_п = 10$ м$^{-1}$, г) $M_п = 15$ м$^{-1}$

Армирование 0% — Армирование 1%

Армирование 2% — Армирование 3%

7.6. Максимальный перепад температуры по сечению бетона конструкции зависит от параметров армирования конструкции и текущей прочности бетона и не должен превышать значений, взятых по рисунку 3.

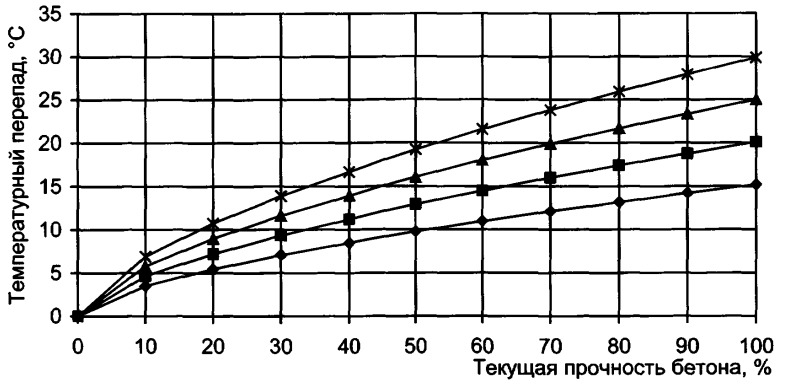


Рисунок 3. Максимальные температурный перепад по сечению конструкции

—◆— Армирование 0% —■— Армирование 1%
—▲— Армирование 2% —✕— Армирование 3%

Превышение указанных значений может вызвать значительные температурные напряжения в бетоне и снизить несущую способность и долговечность конструкции.

8. РАСПОЛОЖЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА

8.1. Количество точек измерения температуры определяется на стадии разработки организационно-технологической документации и зависит от типа, массивности и места расположения конструкции.

8.2. Измерения температур должны проводиться в точках, с прогнозируемой наибольшей разницей температур (например, углы и ядро конструкции), не пренебрегая промежуточными участками конструкции.

8.3. Независимо от типа конструкции, при укладке бетона на промороженное основание или соприкосновении свежеуложенного бетона с ранее замороженным, контроль температуры должен дополнительно осуществляться в сечении, расположенном в непосредственной близости от промороженной среды. Количество точек измерения температуры в этом сечении:

– при площади сечения до 1 м^2 – не менее двух;

– при площади сечения более 1 м^2 – не менее трех на каждые 10 м^2.

8.4. В колоннах и пилонах температуру контролируют в трех сечениях расположенных внизу, в середине и вверху конструкции. В каждом сечении измерение температур осуществляют не менее, чем в двух точках.

8.5. В балках и ригелях температуру контролируют в опорном сечении и далее не менее чем в одном сечении на каждые 4 м длины конструкции. В каждом сечении измерение температур осуществляют не менее, чем в двух точках.

8.6. В стенах температуру контролируют в трех сечениях, расположенных внизу, в середине и вверху конструкции. В каждом сечении измерение температур осуществляют не менее чем в двух точках на каждые 6 м длины стены.

8.7. В плитах перекрытия и фундаментных плитах температуру контролируют не менее, чем в трех точках на каждые 20 $м^2$ конструкции. Если размер захватки меньше 20 $м^2$, то температуру контролируют не менее, чем в трех точках на каждой захватке. Точки располагают:

– при толщине плиты до 200 мм – внизу и вверху плиты;

– при толщине плиты более 200 мм – внизу, в середине и вверху плиты.

8.8. В остальных конструкциях количество температурных точек зависит от их массивности и определяется по таблице 2.

Таблица 2

Количество температурных точек

Модуль поверхности конструкции, $м^{-1}$	До 3	До 6	До 9	Более 9
Количество температурных точек на 100 $м^3$ бетона	20	40	50	55

8.9. В симметричных конструкциях, находящихся в однородной по температуре среде, возможно контролировать температуру на 1/4 сечения конструкции с наветренной стороны (рисунок 5).

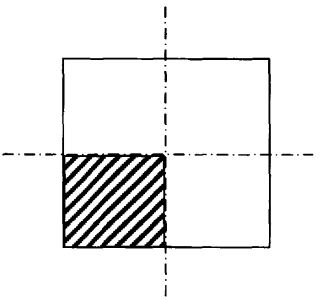


Рисунок 5. Участок измерения температур в симметричных конструкциях

9. КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОЙ КОНТРОЛЬ БЕТОНА

9.1. Для осуществления компьютерного температурно-прочностного контроля возможно использовать специализированное программное обеспечение (ПО), например, «Снежный барс», разработанное на кафедре «Технология строительного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (приложение Б).

9.2. Используемое ПО должно обеспечивать текущий контроль и прогнозировать поведение бетона до окончания его выдерживания, а все расчеты должны выполняться как минимум по двум методам, указанным в п. 5.7 настоящего стандарта.

9.3. Работа с ПО должна выполняться в соответствии с Руководством пользователя ПО и требованиями настоящего стандарта.

9.4. Перед началом контроля выдерживания бетона оператор должен заполнить все предусмотренные ПО справочники материалов (бетонов, утеплителей и так далее) в соответствии с фактическими свойствами используемых материалов.

9.5. Ввод текущих данных по температуре и времени выдерживания конструкции должен осуществляться оператором ПО посредством клавиатуры или путем сопряжения с компьютером электронных приборов контроля температур, передающих данные в online режиме. Допускается использовать приборы контроля температур с накоплением данных (offline режим) при условии точного соблюдения режимов выдерживания бетона на предыдущих конструкциях данного объекта.

9.6. В случае, если значения температур какой либо точки конструкции некорректны и явно указывают на неисправность регистратора температуры, допускается исключение указанных точек из файла данных.

9.7. Оператор ПО должен систематически контролировать:

– отклонение фактических температурных режимов от принятых на стадии ППР;

– прогноз поведения бетона при сложившейся температурной обстановке;

– температурные напряжения в бетоне на данный момент времени с учетом армирования;

– максимальные скорости нагрева и остывания бетона;

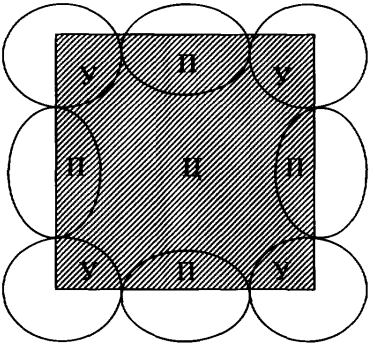
– достижение нормируемых значений прочности и результаты их статистической обработки;

– разницу температур между окружающим воздухом и бетоном при распалубке.

9.8. При расчете прочности бетона по температурно-прочностным графикам или по зрелости бетона в ПО следует предусматривать аппроксимацию графиков набора прочности степенной или экспоненциальной функциями. Точность аппроксимации должна контролироваться по средней относительной ошибке аппроксимации, которая не должна превышать 15 %.

9.9. При осуществлении контроля за отклонением фактических температурных режимов от принятых на стадии разработки организационно-технологической документации, данные по проектным режимам следует вносить в ПО в виде точек перелома графика «температура-время», определенного для температурной точки, набираемой за время выдерживания наименьшую прочность.

9.10. При прогнозировании поведения бетона в ПО необходимо учитывать фактическое положение температурных точек в теле конструкции. Допускается для упрощения ввода координат точек использовать условное деление конструкции на зоны, например, центр, угол и поверхность конструкции. При этом оператор ПО самостоятельно назначает зону, к которой относится положение той или иной контрольной точки, руководствуясь представленной схемой.



9.11. Прогноз поведения бетона конструкций соприкасающегося с грунтом (фундаменты, фундаментные плиты и т.д.) должен выполняться с учетом фактического коэффициента теплопередачи грунта на тот или иной момент времени. Расчет коэффициента теплопередачи грунта может быть выполнен как методом конечных элементов, так и по аналитическим зависимостям.

9.12. При прогнозе поведения бетона следует использовать среднесуточные температуры наружного воздуха на весь период выдерживания, полученные по данным гидрометеоцентров. Разрешается при прогнозе поведения бетона использовать среднесуточную температуру наружного воздуха только на ближайшие сутки, но с обязательным ежесуточным пересчетом прогноза.

9.13. В случае неблагоприятно складывающемся прогнозе поведения бетона выдерживаемого с применением прогревных методов зимнего бетонирования, ПО должно осуществить подбор нового температурного режима выдерживания бетона, обеспечивающего запас прочности по сравнению с требуемой прочностью не более 5%. Подбор нового режима должен выполняться для наихудшей, с точки зрения набранной прочности, температурной точки.

9.14. При расчете нового температурного режима выдерживания бетона следует применять максимально допустимые данным стандартом скорости подъема температуры. Разрешается снижать скорости подъема температуры в случае, если ПО прогнозирует превышение допустимых значений погонной мощности на нагревательном проводе или плотности тока на электроде.

9.15. Оптимизация новых температурных режимов выдерживания бетона должна быть основана на приоритете повышенных температур твердения бетона по сравнению с временем твердения. Максимально допустимая температура твердения бетона в конкретной конструкции должна быть заложена в ПО оператором на основании организационно-технологической документации. Итерационное приращение температуры при подборе температурного режима должно быть не более 1°С.

9.16. В случае неблагоприятно складывающемся прогнозе поведения бетона выдерживаемого с применением непрогревных методов зимнего бетонирования, ПО должно подобрать дополнительное утепление бетона. При итерационном подборе, приращение коэффициента теплопередачи ограждения должно быть не менее 0,01 $Вт/м^2 \cdot °С$.

9.17. В ПО должна быть предусмотрена возможность формирования и распечатки листов температурно-прочностного контроля по одному из реализованных методов.

Следует предусматривать электронное хранение файлов данных конкретной конструкции, а также графических файлов и температурного листа создаваемых ПО.

10. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОГО КОНТРОЛЯ БЕТОНА

10.1. При проведении температурно-прочностного контроля выдерживания бетона документированию подлежат все виды нормируемой прочности, а также результаты температурного контроля, включая контроль температурных напряжений.

10.2. Полученные в ходе температурно-прочностного контроля данные, а также значения нормируемых показателей заносят в листы температурно-прочностного контроля, оформленные по форме приложения В.

При проведении компьютерного температурно-прочностного контроля форму листов температурно-прочностного контроля допускается принимать в соответствии с применяемым специализированным программным обеспечением.

10.3. Записи, вносимые в листы температурно-прочностного контроля, подтверждают подписью с указанием расшифровки и должности ответственного лица.

10.4. Заполненные листы температурно-прочностного контроля включают в состав исполнительной документации, необходимой для дальнейших контрольных мероприятий: приемки монолитных конструкций по прочности бетона и освидетельствования ответственных конструкций.

10.5. Техническая документация по выдерживанию бетона в зимнее время хранится до окончания наблюдения за бетоном на объекте. Затем она передается в производственно-технический отдел организации, ведущей бетонные работы на объекте.

11. ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ

Настоящий стандарт вступает в силу не ранее чем через 10 дней после принятия (утверждения) его общим собранием некоммерческого партнерства «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири».

Приложение А Примеры расчета прочности бетона, выдерживаемого по определенному температурному режиму (справочное)

Пример 1. Определить прочность бетона, выдерживаемому по температурному режиму, представленному на рисунке П.1.

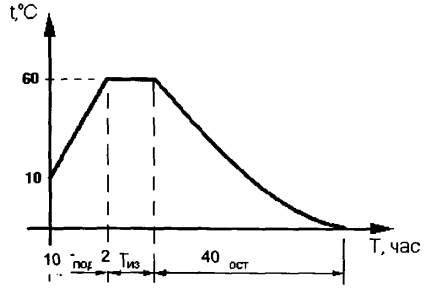


Рисунок П.1. Температурный режим твердения бетона

Решение. Пусть для используемого в примере состава бетона имеется температурный график, изображенный на рисунке П.2. В соответствии с рисунком П.1, разобьем температурный режим твердения на три этапа.

Первый этап – этап подъема температуры имеет длительность 10 часов и среднюю температуру 35 °С. На рисунке П.2 изотермы 35 °С нет, но по интерполяции она проходит между изотермами 30°С и 40 °С. Отложим по предполагаемой изотерме 35 °С участок продолжительностью 10 часов.

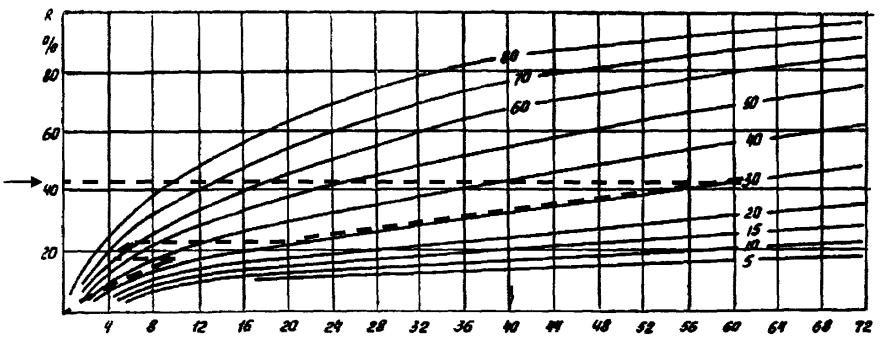


Рисунок П.2. Температурный график

Второй этап – этап изотермической выдержки имеет длительность 2 часа при средней температуре 60 °С. Для перехода с изотермы 35 °С на изотерму 60 °С необходимо провести горизонтальную линию и отложить на изотерму 60 °С участок продолжительностью 2 часа.

Третий этап – этап остывания, характеризуется длительностью 40 часов и средней температурой 30 °С. Для перехода с изотермы 60 °С на изотерму 30 °С проводим горизонтальную линию и откладываем на изотерме 30 °С участок продолжительностью 40 часов.

Конец последнего отложенного участка и укажет нам на полученную бетоном прочность – 42%.

Пример 2. Решим ранее приведенную задачу через зрелость бетона.

Решение. Зрелость бетона за весь период выдерживания:

$$ЗР_б = 35 \cdot 10 + 60 \cdot 2 + 30 \cdot 40 = 1670\,°C \cdot час.$$

Время выдерживания бетона, эквивалентное ее выдерживанию при 20 °С:

$$\tau_{экв} = \frac{1670}{20} = 83{,}5 \text{ часа.}$$

Отложим данный промежуток на графике (рисунок П.3) по изотерме 20 °С, и получим прочность 42 % от проектной.

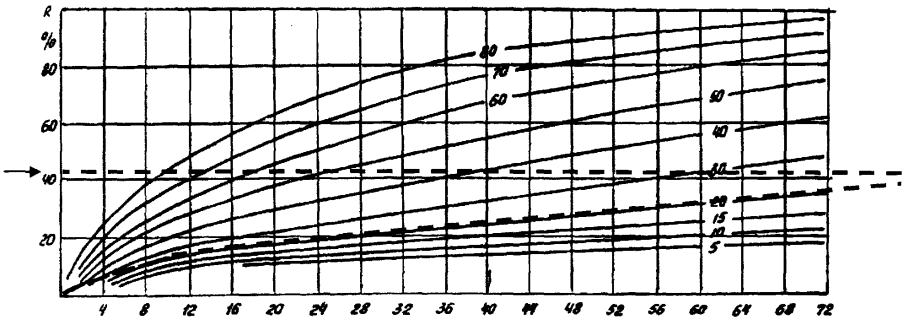
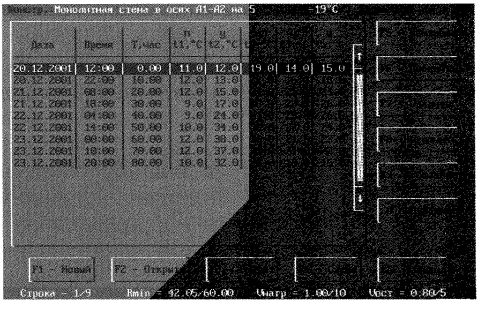


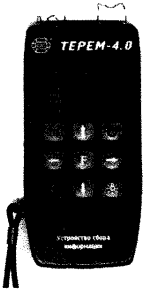
Рисунок П.3. Температурный график

Приложение Б Возможности ПО «Снежный барс v. 2.11» (справочное)

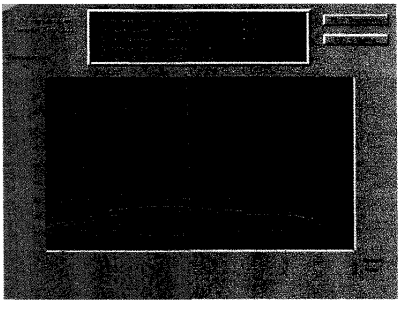
Б.1 Программа предназначена для контроля и прогнозирования температурно-прочностных параметров бетона выдерживаемого в зимнее время с применением следующих методов: прогрев с применением нагревательных проводов, греющей опалубки и гибких термоактивных покрытий, электродный прогрев, термос, предварительный электроразогрев.

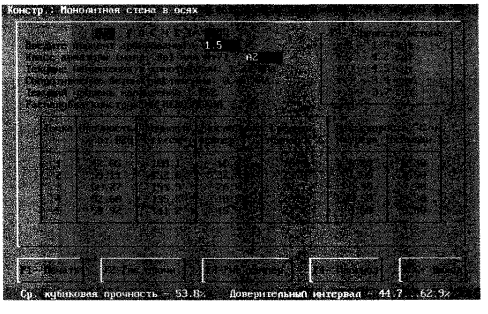
Б.2 Количество исходных данных – минимизировано, без снижения точности расчетов и функциональности программы. Их ввод осуществляется в максимально упрощенном и интуитивно понятном виде. Ввод данных по температуре и времени выдерживания бетона может выполняться как самим оператором, так и при помощи универсального прибора ТЕРЕМ 4.0 производства ООО «Интерприбор» (г. Челябинск).





Б.3 Реализован постоянный контроль за отклонением фактических температурных режимов от принятых на стадии разработки организационно-технологической документации. Контроль текущей прочности осуществляется как по аналитическим зависимостям, так и по имеющимся графикам твердения бетона данного состава. Вся выходная информация представляется в доступной для понимания форме: в виде таблиц, графиков и цветового акцентирования внимания.



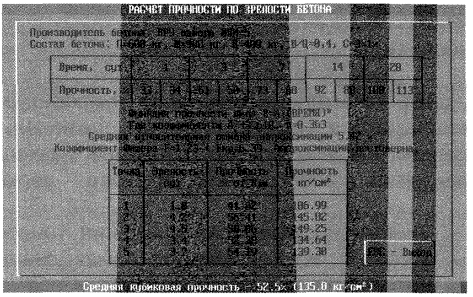


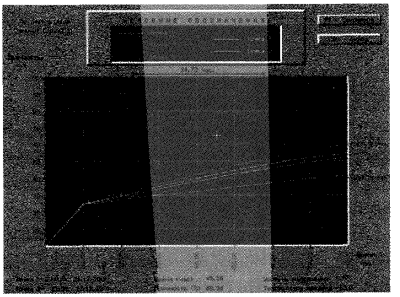
Б.4 Программа выдает заключение о возможности распалубки монолитной конструкции по следующим признакам:

– прочность бетона во всех контрольных точках не ниже требуемой (критической или распалубочной);

– температурные напряжения в бетоне на данный момент времени с учетом фактического армирования не превышают текущее расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение по II группе предельных состояний;

– разница температур между окружающим воздухом и бетоном не превышают нормируемых значений.

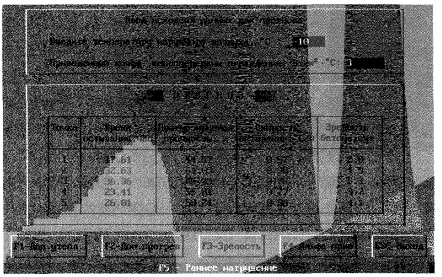


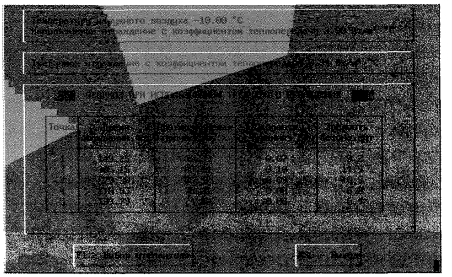


Б.5 В программе реализованы два независимых вида прогнозов поведения бетона.

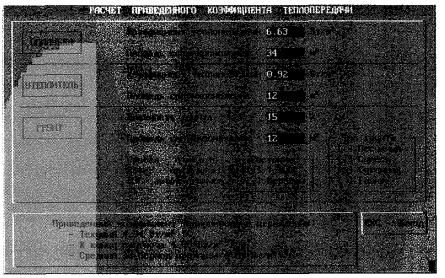
– прогноз, основанный на сопоставлении фактического режима выдерживания бетона с проектным;

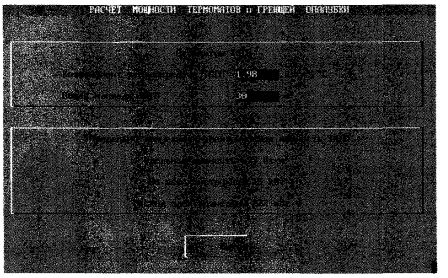
– прогноз, основанный на предположении, что начиная с текущего момента времени тепловое воздействие на бетон прекращается и он начинает остывать до 0 °С.





Б.6 Для составления прогнозов предусмотрен расчет приведенного коэффициента теплопередачи ограждения, которое может состоять из опалубки, утеплителя и грунта. Отдельно выполняется расчет гибких термоактивных покрытий и греющей опалубки.

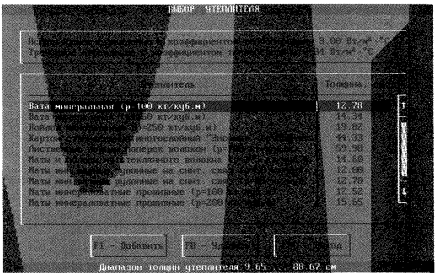


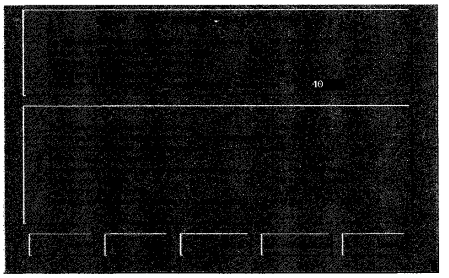


Б.7 В случае неблагоприятного прогноза предусмотрен поиск выхода из негативно складывающейся обстановки в виде следующих решений:

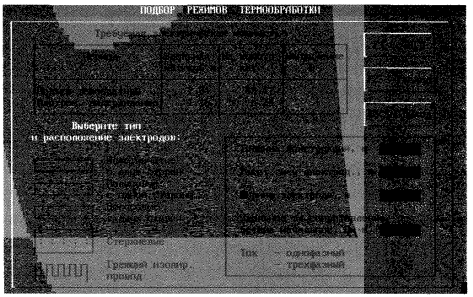
– для всех методов зимнего бетонирования – подбор утепляющих материалов, обеспечивающих совместно с имеющимся утеплением набор бетоном требуемой прочности;

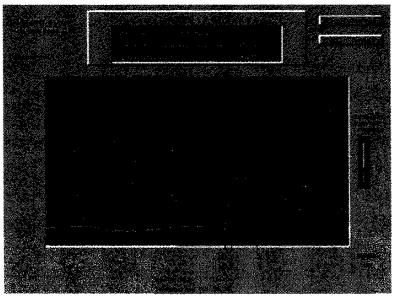
– для прогревных методов зимнего бетонирования (прогрев греющими проводами, электродный прогрев) – подбор новых режимов термообработки, обеспечивающих набор бетоном требуемой прочности.





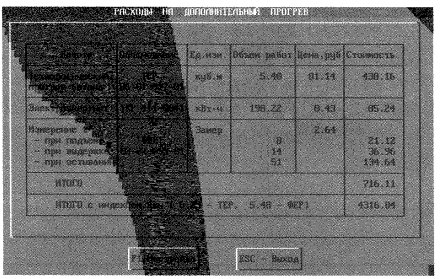
Б.8 Подбор новых режимов термообработки при неблагоприятном прогнозе заключается в определении оптимально измененных температурных режимов выдерживания бетона и оценки необходимых электрических параметром для их реализации.

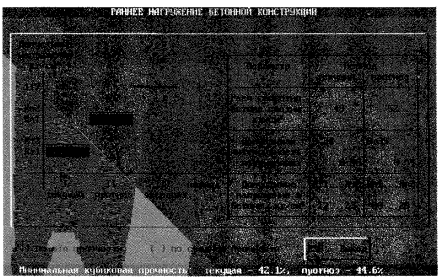




Б.9 Для экономического расчета дополнительного прогрева предусмотрен расчет технико-экономических параметров новых режимов прогрева.

Б.10 Реализовано определение параметров бетона для расчета раннего нагружения в текущий период и на период прогноза: допустимой интенсивности нагружения и допустимых напряжений в бетоне от приложенной нагрузки.





Б.11 По завершении процесса контроля за поведением бетона, программа формирует лист контроля температурных режимов.

Приложение В Форма листа температурно-прочностного контроля
(обязательное)

Лист 1

ЛИСТ ТЕМПЕРАТУРНО-ПРОЧНОСТНОГО КОНТРОЛЯ ВЫДЕРЖИВАНИЯ БЕТОНА

Наименование конструкции в соответствии с проектной документацией:

_____

Дата и время начала бетонирования: _____

Дата и время окончания бетонирования:_____

Объем уложенного бетона: _____

Наименование и реквизиты организационно-технологической документации, в соответствии с которой выполняется выдерживание бетона:

_____

Требуемая прочность бетона (при твердении бетона в течение 28 суток в нормальных условиях при температуре 20 (± 3) °С и относительной влажности 95 (±5) %), указываемое в документе о качестве бетонной смеси по ГОСТ 7473 _____

Эскиз конструкции с указанием точек замера температур:

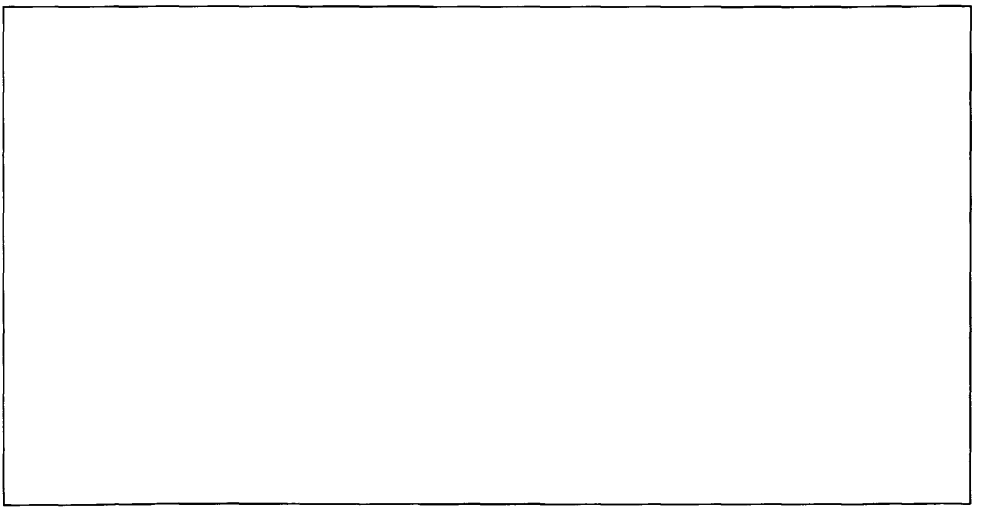


Таблица контроля и оценки температуры бетона

Дата и время замера температуры	Относительное время выдерживания бетона	Температура бетона в характерных точках конструкции, °С				Средняя температура, °С	Максимальный температурный перепад, °С	Нормируемый температурный перепад, °С	Скорость нагрева или остывания, °С/час	Нормируемая скорость нагрева или остывания, °С/час	Примечания	Подпись, расшифровка и должность ответственного лица
		1	2	3	4							

Таблица контроля и оценки прочности бетона

Дата и время замера температуры	Относительное время выдерживания бетона	Текущая прочность бетона в характерных точках конструкции, % от R_{28}				Коэффициент вариации	Средняя текущая прочность		Фактический класс бетона	Примечания	Подпись, расшифровка и должность ответственного лица
		1	2	3	4		%	МПа			

Заказ № 3148.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика,
в ОАО «Челябинский Дом печати»,
454080, г. Челябинск, Свердловский пр., 60.

gost.e-ecolog.ru