**СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА**

**Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений**

**СНиП 2.06.08-87**

УДК 627.8.012.4(083.74)

СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений/Минэнерго СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1988. - 32 с.

РАЗРАБОТАНЫ ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева Минэнерго СССР (канд. техн. наук *А. П. Пак —* руководитель работ; *А. В. Караваев;* кандидаты техн. иаук *А. Д. Кауфман, М. С. Ламкин. А. Н. Марчук, Л. П. Трапезников, В. Б. Судаков;* доктора техн. наук *Л. А. Гордон, И. Б. Соколов)* совместно с Гидропроектом им. С. Я. Жука Минэнерго СССР (*А. Г. Осколков, Т. И.* Сергеева; д-р техн. наук *С. А. Фрид; С. А. Бврвзинский)* ; ГрузНИИЭГС Минэнерго СССР (д-р техн. наук *Г. П. Вербицкий);* Гипроречтрансом Минречфлота РСФСР (канд. тахн. наук В. *Э. Даревский;* Ленморниипроектом Минморфлота СССР (канд. техн. наук *А. А. Долинский):* ВО Союзводпроект Минводхоза СССР (канд. техн. наук С. *3. Рагольский).*

ВНЕСЕНЫ Минэнерго СССР.

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Управлением стандартизации и технических норм в строительстве Госстроя СССР *(Д. В. Петухов).*

С введением. в действие СНиП 2.06.08-87 „Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений" с 1 января 1988 г. утрачивают силу СНиП II-56-77 „Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений".

*При пользовании нормативным документом следует учитывать утвержденные изменения строительных норм и правил и государственных* стандартов, *публикуемые в журнале „Бюллетень строительной техники", Сборнике изменений к строительным нормам и правилам" Госстроя СССР и информационном указатале Государственные стандарты СССР Госстандарта СССР.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Государственный** | **Строительные нормы и правила** | **СНиП 2.08.08.87** |
| **строительный комитет СССР (Госстрой СССР)** | **Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений** | **Âçàìåí** **СНиП II-56-77** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Внесены Министерством энергетики и электpификации СССР | Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 26 февраля 1987 г. № 37 | Срок введения в действие 1 января 1988г. |

Настоящие нормы распространяются на проектирование вновь строящихся и реконструируемых бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, находящихся постоянно или периодически под воздействием водной среды.

Элементы бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, не подвергающиеся воздействию водной среды, следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.03-01-84; бетонные и железобетонные конструкции мостов, транспортных туннелей и труб, расположенные под насыпями автомобильных и железных дорог, следует проектировать по СНиП 2.05.03-84.

В проектах сооружений, предназначенных для строительства в сейсмических районах, в Северной строительно-климатической зоне, в районах распространения просадочных, набухающих и слабых по физико-механическим свойствам грунтов, должны соблюдаться дополнительные требования, предъявляемые к таким сооружениям соответствующими нормативными документами, утвержденными или согласованными Госстроем СССР.

Основные буквенные обозначения и их индексы, принятые в настоящих нормах согласно СТ СЭВ 1565-79, приведены в справочном приложении 1.

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**1.1.** При проектировании бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений необходимо соблюдать требования СНиП 2.06.01-86 и строительных норм и правил по пpoeктиpoвaнию отдельных видов гидротехнических сооружений.

**1.2.** Выбор типа бетонных и железобетонных конструкций (монолитных, сборно-монолитных, сборных, в том числе предварительно напряженных и заанкеренных в основание) должен производиться исходя из условий технико-экономической целесообразности их применения в конкретных условиях строительства с учетом максимального снижения материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости и стоимости строительства.

При выборе элементов сборных конструкций следует рассматривать предварительно напряженные конструкции из высокопрочных бетонов и арматуры, а также конструкции из легких бетонов.

Типы конструкций, основные размеры их элементов, а также степень насыщения железобетонных конструкций арматурой необходимо принимать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов.

**1.3.** Элементы сборных конструкций должны отвечать условиям механизированного изготовления на специализированных предприятиях.

Следует рассматривать целесообразность укрупнения сборных конструкций с учетом условий их изготовления, транспортирования, грузоподъемности монтажных механизмов.

**1.4.** Для монолитных конструкций следует предусматривать унифицированные размеры, позволяющие применять инвентарную опалубку.

**1.5.** Конструкции узлов и соединений элементов в сборных конструкциях должны обеспечивать надежную передачу усилий, прочность самих элементов в зоне стыка, а также связь дополнительно уложенного бетона в стыке с бетоном конструкции.

**1.6.** При проектировании конструкций гидротехнических сооружений, недостаточно апробированных практикой проектирования и строительства, для сложных условий статической и динамической работы конструкций (когда характер напряженного и деформированного состояния с необходимой достоверностью не может быть определен расчетом) следует проводить исследования.

**1.7.** Для обеспечения требуемой водонепроницаемости и морозостойкости конструкций, а также для уменьшения противодавления воды в их расчетных сечениях необходимо предусматривать следующие мероприятия:

укладку бетона соответствующих марок по водонепроницаемости и морозостойкости со стороны напорной грани и наружных поверхностей (особенно в зонах переменного уровня воды) ;

применение поверхностно-активных добавок к бетону (воздухововлекающих, пластифицирующих и др.);

гидроизоляцию и теплогидроизоляцию наружных поверхностей сооружений;

обжатие бетона со стороны напорных граней и со стороны поверхностей сооружения, испытывающих растяжение от эксплуатационных нагрузок;

устройство дренажа со стороны напорной грани.

Выбор мероприятия следует производить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

**2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**БЕТОН**

**2.1.** Бетон для бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений должен удовлетворять требованиям ГОСТ 26633—85 и настоящего раздела.

**2.2.** При проектировании бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений в зависимости от вида и условий работы необходимо устанавливать показатели качества бетона, основными из которых являются следующие:

а) классы бетона по прочности на сжатие, которые отвечают значению гарантированной прочности бетона, МПа, с обеспеченностью *q* = 0,95. В массивных сооружениях допускается применение бетонов со значениями гарантированной прочности с обеспеченностью *q =* 0,9*.*

В проектах необходимо предусматривать следующие классы бетона по прочности на сжатие: В5, В7,5, В10, В12,5, В15, В20, В25, В30, В35;

б) классы бетона по прочности на осевое растяжение. Эту характеристику устанавливают в тех случаях, когда она имеет главенствующее значение и контролируется на производстве.

В проектах необходимо предусматривать следующие классы бетона по прочности на осевое растяжение: ;

в) марки бетона по морозостойкости.

В проектах необходимо предусматривать следующие марки бетона по морозостойкости: F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600.

Марку бетона по морозостойкости следует назначать в зависимости от климатических условий и числа расчетных циклов попеременного замораживания и оттаивания в течение года (по данным долгосрочных наблюдений), с учетом эксплуатационных условий. Для энергетических сооружений марку бетона по морозостойкости следует принимать по табл. 1.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Климатичес­кие условия | Марка бетона по морозостойкости при числе циклов попеременного замораживания и оттаивания в год |
|  | до 50 включ. | Св. 50 до 75 | Св. 75 до 100 | Св. 100 до 150 | Св. 150 до 200 включ. |
| Умеренные | F50 | F100 | F150 | F200 | F300 |
| Суровые | F100 | F150 | F200 | F300 | F400 |
| Особо суровые | F200 | F300 | F400 | F500 | F600 |

Примечания: 1. Климатические условия характеризуются среднемесячной температурой наиболее холодного месяца: умеренные — выше минус 10оС, суровые — от минус 10оС до минус 20оС включ.,особо суровые - ниже минус 20оС.

2. Среднемесячные температуры наиболее холодного месяца для района строительства определяются по СНиП2.01.01-82, а также по данным гидрометеорологической службы.

3. При числе расчетных циклов более 200 следует применять специальные виды бетонов или конструктивную теплозащиту;

г) марки бетона по водонепроницаемости.

В проектах необходимо предусматривать следующие марки бетона по водонепроницаемости: W2, W4, W6, W8, W10, W12, W16, W18, W20.

Марку бетона по водонепроницаемости назначают в зависимости от градиента напора, определяемого как отношение максимального напора в метрах к толщине конструкции (или расстоянию от напорной грани до дренажа) в метрах, и температуры контактирующей с сооружением воды, оС, по табл. 2, или в зависимости от агрессивности среды в соответствии со СНиП 2.03.11-85.

В нетрещиностойких напорных железобетонных конструкциях и в нетрещиностойких безнапорных конструкциях морских сооружений проектная марка бетона по водонепроницаемости должна быть не ниже W4.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Температура воды. °С | Марка бетона по водонепроницаемости при градиентах напора |
|  | до 5 включ. | св*.* 5 до 10 | св. 10 до 20 | св. 20 до 30 включ. |
| До 10 включ. | W2 | W4 | W6 | W8 |
| Св. 10 до 30 включ. | W4 | W6 | W8 | W10 |
| Св. 30 | W6 | W8 | W10 | W12 |

Примечание. Для конструкций с градиентом напора свыше 30 следует назначать марку бетона по водонепроницаемости W16 и выше.

**2.3.** При надлежащем обосновании допускается устанавливать промежуточные значения классов бетона по прочности на сжатие, отличающиеся от перечисленных в п. *2.2,* а также классы В40 и выше. Характеристики этих бетонов следует принимать по СНиП 2.03.01-84 и по интерполяции.

**2.4**. К бетону конструкций гидротехнических сооружений следует предъявлять дополнительные, устанавливаемые в проектах и подтверждаемые экспериментальными исследованиями, требования: по предельной растяжимости, отсутствию вредного взаимодействия щелочей цемента с заполнителями, сопротивляемости истиранию потоком воды с донными и взвешенными наносами, стойкости против кавитации и химического воздействия, тепловыделению при твердении бетона.

**2.5**. Срок твердения (возраст) бетона, отвечающий его классам по прочности на сжатие, на осевое растяжение и марке по водонепроницаемости, принимается, как правило, для конструкций речных гидротехнических сооружений 180 сут, для сборных и монолитных конструкций морских и речных портовых сооружений 28 сут. Срок твердения (возраст) бетона, отвечающий его проектной марке по морозостойкости, принимается 28 сут, для массивных конструкций, возводимых в теплой опалубке, 60 сут.

Если известны сроки фактического нагружения конструкций, способы их возведения, условия твердения бетона, вид и качество применяемого цемента, то допускается устанавливать класс бетона в ином возрасте.

Для сборных, в том числе предварительно напряженных конструкций, отпускную прочность бетона на сжатие следует принимать в соответствии с ГОСТ 13015.0-83, но не менее 70% прочности принятого класса бетона.

**2.6.** Для железобетонных элементов из тяжелого бетона, рассчитываемых на воздействие многократно повторяющейся нагрузки, и железобетонных сжатых стержневых конструкций (набережные типа эстакад на сваях, сваях-оболочках и т. п.) следует применять бетон класса по прочности на сжатие не ниже В15.

**2.7.** Для предварительно напряженных элементов следует принимать бетон класса по прочности на сжатие: не менее В15 — для конструкций со стержневой арматурой; не менее В30 — для элементов, погружаемых в грунт забивкой или вибрированием.

**2.8.** Для замоноличивания стыков элементов сборных конструкций, которые в процессе эксплуатации могут подвергаться воздействию отрицательных температур наружного воздуха или воздействию агрессивной воды, следует применять бетоны проектных марок по морозостойкости и водонепроницаемости не ниже принятых для стыкуемых элементов.

**2.9.** Следует предусматривать широкое применение добавок поверхностно-активных веществ (СДБ, СНВ, ЛХД и др.), а также применение в качестве активной минеральной добавки золы-уноса тепловых электростанций, отвечающей требованиям соответствующих нормативных документов.

**2.10.** Если по технико-экономическим расчетам для повышения водонепроницаемости бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений целесообразно использовать бетоны на напрягающем цементе, а для снижения нагрузки от собственного веса конструкции — легкие бетоны, то классы и марки таких бетонов следует принимать по СНиП 2.03.01-84.

**2.11**. Нормативные и расчетные сопротивления бетона в зависимости от классов бетона по прочности на сжатие и на осевое растяжение следует принимать по табл. 3.

В случае принятия промежуточных классов бетона нормативные и расчетные сопротивления следует принимать по интерполяции.

**2.12**. Коэффициенты условий, работы бетона  следует принимать по табл. 4.

**2.13.** При расчете железобетонных конструкций на выносливость расчетные сопротивления бетоне *Rb*  и *Rbt* надлежит умножать на коэффициент условий работы ,. принимаемый по табл. 5.

2.14. Расчетное сопротивление бетона при всестороннем сжатии *Rba,* МПа, следует определять по формуле

 (1)

Таблица **3**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Нормативные и расчетные сопротивления бетона, МПа (кгс/см3) |
| Класс бетона | нормативные сопротивления; расчетные сопротивления для предельных состояний второй группы | расчетные сопротивления для предельных состояний первой группы |
|  | сжатие осевое (призменная прочность) *Rbn , Rb,ser* | растяжение осевое *Rbtn ; Rbt,ser* | сжатие осевое (призменная прочность) Rb | растяжение осевое *Rbt* |
| По прочности на сжатие |
| B5 | 3,5(35,7) | 0,55(5,61) | 2,8(28,6) | 0,37(3,77) |
| B7,5 | 5,5(56,1) | 0,70(7,14) | 4,5(45,9) | 0,48(4,89) |
| B10 | 7,5(76,5) | 0,85(8,67) | 6,0(61,2) | 0,57(5,81) |
| B12,5 | 9,5(96,9) | 1,00(10,2) | 7,5(76,5) | 0,66(6,73) |
| B15 | 11,0(112) | 1,15(11,7) | 8,5(86,7) | 0,75(7,65) |
| B20 | 15,0(153) | 1,40(14,3) | 11,5(117) | 0,90(9,18) |
| B25 | 18,5(189) | 1,60(16,3) | 14,5(148) | 1,05(10,7) |
| B30 | 22,0(224) | 1,80(18,4) | 17,0(173) | 1,20(12,2) |
| B35 | 25,5(260) | 1,95(19,9) | 19,5(199) | 1,30(13,3) |
| B40 | 29,0(296) | 2,10(21,4) | 22,0(224) | 1,40(14,3) |
| **По прочности на растяжение** |
| Bt | - | 0,80(8,1) | - | 0,62(6,32) |
| Bt | - | 1,20(12,2) | - | 0,93(9,49) |
| Bt | - | 1,6(16,3) | - | 1,25(12,7) |
| Bt | - | 2,00(20,4) | - | 1,55(15,8) |
| Bt | - | 2,40(24,5) | - | 1,85(18,9) |
| Bt | - | 2,80(28,6) | - | 2,15(21,9) |
| Bt | - | 3,20(32,6) | - | 2,45(25,0) |

где  — коэффициент, принимаемый на основании результатов экспериментальных исследований: при их отсутствии для бетонов классов по прочности на сжатие В15, В20, В25 коэффициент  допускается определять по формуле

 (2)

 — наименьшее по абсолютной величине главное напряжение, МПа;

 - коэффициент эффективной пористости.

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| Факторы, обусловливающие введение коэффициентов условий работы бетона | Коэффициенты условий работы бетона |
|  | условное обозначение | значение |
| Особые сочетания нагрузок для бетонных конструкций |  | 1,1 |
| Многократное повторение нагрузки |  | См. табл. 5 |
| Железобетонные конструкции |  | 1,1 |
| Бетонные конструкции: |  |  |
| внецентренно сжатые элементы, не подверженные действию агрессивной среды и не воспринимающие напор воды, рассчитываемые без учета сопротивления растянутой зоны сечения |  | 1,2 |
| другие бетонные элементы |  | 0,9 |
| Влияние двухосного сложного напряженного состояния сжатие—растяжение на прочность бетона |  | См. п. 6.3 |

Примечание. При наличии нескольких факторов, действующих одновременно в расчет вводится произведение соответствующих коэффициентов условий работы. Произведение должно быть не менее 0,45.

Для сооружений I и II классов коэффициент  надлежит определять экспериментальным путем. При отсутствии экспериментальных данных допускается коэффициент принимать равным: при  - 0,7; при  - 0,5.

**2.15**. Начальный модуль упругости бетона массивных конструкций при сжатии и растяжении *Eb* следует принимать по табл. 6.

При расчете на прочность и по деформациям тоíкостенных стержневых и плитных элементов модуль упругости бетона следует во всех случаях принимать по табл. 6 как для бетона с максимальным диаметром крупного заполнителя 40 мм и осадкой конуса, равной 8 см и более.

Модуль упругости бетонов, подвергнутых для ускорения твердения тепловой обработке при атмосферном давлении или в автоклавах, следует принимать по СНиП 2.03.01-84.

Модуль сдвига бетона *Gb* следует принимать равным 0,4*Eb*.

Начальный коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона)  принимается равным: для массивных конструкций — 0,15, для стержневых и плитных конструкций — 0,20.

Плотность тяжелого бетона при отсутствии опытных данных допускается принимать равной 2,3-2,5 т/м3.

**АРМАТУРА**

**2.16.** Для армирования железобетонных конструкций гидротехнических сооружений следует применять арматурную сталь, отвечающую требованиям соответствующих государственных стандартов или утвержденных в установленном порядке технических условий и принадлежащую к одному из следующих видов:

стержневая арматурная сталь:

 горячекатаная — гладкая класса А-I, периодического профиля классов А-II, A-III, A-IV, A-V; термически и термомеханически упрочненная — периодического профиля классов Ат-IIIС, At-IVC, Aт-VCK;

 упрочненная вытяжкой класса А-IIIв;

 проволочная арматурная сталь:

 хоподнотянутая проволока обыкновенная — периодического профиля класса Вр-I.

Таблица 5

|  |  |
| --- | --- |
| Состояние бетона по влажности | Коэффициенты условий работы бетона  при многократно повторяющейся нагрузке и коэффициенте асимметрии цикла *pb,.* равном |
|  | 0-0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |  |
| Естественной влажности | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,0 |
| Водонасыщенный | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 0,95 | 1,0 |

Примечания: 1. Коэффициент  для бетонов, марка которых установлена в возрасте 28 сут, принимается в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84.

2. Коэффициент *pb* равен:

**

где  *и  -* cответственно наименьшее и наибольшее напряжения в бетoне в пределах цикла изменения нагрузки.

Таблица 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ocаäêa конуса бетонной смеси, см | Максимальный размеркрупного заполнителя, мм | Начальные модули упругости бетона при сжатии и растяжении , МПа (кгс/см2), при классе бетона по прочности на сжатие |
|  |  | В5 | B7,5 | B10 | B12,5 | B15 |
|  | 40 | 23,0(235) | 28,0(285) | 31,0(316) | 33,5(342) | 35,5(362) |
| До 4 | 80 | 26,0(265) | 30,0(306) | 34,0(347) | 36,5(373) | 38,5(393) |
|  | 120 | 28,5(291) | 33,0(340) | 36,5(373) | 38,5(393) | 40,5(414) |
|  | 40 | 19,5(199) | 24,0(245) | 27,0(275) | 29,5(302) | 31,5(322) |
| 4-8 | 80 | 22,5(230) | 28,0(286) | 30,0(306) | 32,5(331) | 34,5(352) |
|  | 120 | 24,5(250) | 29,0(296) | 32,5(331) | 35,0(357) | 37,0(378) |
|  | 40 | 13,0(133) | 16,0(163) | 18,0(184) | 21,0(214) | 23,0(235) |
| Св. 8 | 80 | 15,5(158) | 19,0(194) | 22,0(224) | 24,5(250) | 26,5(270) |
|  | 120 | 17,5(178) | 21,5(219) | 24,5(250) | 27,0(276) | 29,0(296) |

Продолжение табл.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ocаäêa конуса бетонной смеси, см | Максимальный размеркрупного заполнителя, мм | Начальные модули упругости бетона при сжатии и растяжении , МПа (кгс/см2), при классе бетона по прочности на сжатие |
|  |  | В20 | B25 | B30 | B35 |
|  | 40 | 38,5(394) | 40,5(414) | 42,5(434) | 44,5(455) |
| До 4 | 80 | 41,5(424) | 43,5(445) | 45,0(460) | 46,5(475) |
|  | 120 | 43,5(445) | 45,5(465) | 47,0(480) | 48,5(496) |
|  | 40 | 34,5(352) | 37,0(378) | 39,0(398) | 41,0(420) |
| 4-8 | 80 | 37,5(382) | 40,0(408) | 42,0(429) | 44,0(450) |
|  | 120 | 40,0(408) | 42,0(429) | 43,5(445) | 45,0(460) |
|  | 40 | 27,0(275) | 30,0(306) | 32,5(331) | 34,5(352) |
| Св. 8 | 80 | 30,0(306) | 33,0(337) | 35,0(357) | 37,5(382) |
|  | 120 | 32,5(332) | 35,0(357) | 37,0(378) | 39,5(403) |

Для закладных деталей и соединительных накладок следует применять, как правило, прокатную углеродистую сталь.

Марки арматурной стали для армирования железобетонных конструкций в зависимости от условий их работы и средней температуры наружного воздуха наиболее холодной пятидневки в районе строительства следует принимать по СНиП 2.03.01-84, а для портовых и транспортных сооружений также по СНиП 2.05.03-84.

Арматурную сталь классов А-IIIв, A-IV и A-V рекомендуется применять для предварительно напряженных конструкций.

**2.17**. Нормативные и расчетные сопротивления основных видов арматуры, применяемой в железобетонных конструкциях гидротехнических сооружений, в зависимости от класса арматуры должны приниматься по табл. 7.

При расчете арматуры по главным растягивающим напряжениям (балки-стенки, короткие консоли и др.) расчетные сопротивления арматуры следует принимать как для продольной арматуры на действие изгибающего момента.

При надлежащем обосновании для железобетонных конструкций гидротехнических сооружений допускается применять стержневую и проволочную арматуру других классов. Их нормативные и расчетные характеристики следует принимать по СНиП 2.03.01-84.

**2.18.** Коэффициенты условий работы ненапрягаемой арматуры следует принимать по табл. 8, а напрягаемой арматуры — по СНиП 2.03.01-84.

Коэффициент условий работы арматуры при расчете по предельным состояниям второй группы принимается равным единице.

**2.19.** Расчетное сопротивление ненапрягаемой растянутой стержневой арматуры *R's,* при расчете на выносливость следует определять по формуле

 (3)

где  — коэффициент условий работы, который определяется: для арматуры классов А-I, А-II, А-III по формуле (4). а для других классов арматуры - по СНиП 2.03.01-84.

 (4)

здесь

 — коэффициент, учитывающий класс арматуры, принимаемый по табл. 9;

 — коэффициент, учитывающий диаметр арматуры, принимаемый по табл. 10;

 *—* коэффициент, учитывающий тип сварного стыка, принимаемый по табл. 11;

** — коэффициент асимметрии цикла, где  и * -*соответственно наименьшее и наибольшее напряжения в растянутой арматуре.

Растянутая арматура на выносливость не провеpяется если коэффициент ,определяемый по формуле (4), больше единицы.

Таблица 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид и класс арматуры** | **Нормативные сопротивления растяжению и расчетные сопротивления растяжению арматуры для предельных состояний второй группы, Мпа(кгс.см2) *Rsn,Rs,ser*** | **Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа (кгс/см2)** |
|  |  | **растяжению** | **сжатию *Rsc*** |
|  |  | **продольной *Rs*** | **поперечной (хомутов, отогнутых стержней) *Rsw*** |  |
| Стержневая арматура классов: |  |  |  |  |
| А-I | 235 (2400) | 225 (2300) | 175(1800) | 225 (2300) |
| А-II | 295 (3000) | 280(2850) | 225 (2300) | 280(2850) |
| А-III, диаметром, мм |  |  |  |  |
| 6-8 | 390(4000) | 355(3600) | 285\* (2900) | 355 (3600) |
| 10-40 | 390(4000) | 365 (3750) | 290\* (3000) | 365 (3750) |
| A-IV | 590(6000) | 510(5200) | 405 (4150) | 400(4000) |
| A-V | 785 (8000) | 680(6950) | 545 (5550) | 400(4000) |
| Упрочненная вытяжкой класса A-IIIв с контролем: |  |  |  |  |
| напряжений и удлинений | 540(5500) | 490(5000) | 390 (4000) | 200(2000) |
| только удлинений | 540(5500) | 450(4600) | 360(3700) | 200(2000) |
| Проволочная арматура класса Bp-I,диаметром,мм: |  |  |  |  |
| 3 | 410(4200) | 375 (3850) | 270(2750) | 375 (3850) |
| 4 | 405(4150) | 365(3750) | 265 (2700) | 365(3750) |
| 5 | 395 (4050) | 360(3700) | 260 (2650) | 360(3700) |

\*В сварных каркасах для хомутов из арматуры класса А-III, диаметр которых меньше 1/3 диаметра продольных стержней, *Rsw* равно 255 МПа (2600 кгс/см2 ). При отсутствии сцепления арматуры с бетоном *Rsc* равно нулю.

Таблица 8

|  |  |
| --- | --- |
| Факторы, обусловливающие введение коэффициентов условий работы арматуры | Коэффициенты условий работы арматуры |
|  | условное обозначение | значение |
| Многократное повторение нагрузки |  | См. п. 2.19 |
| Железобетонные элементы |  | 1,1 |
| Сталежелезобетонные конструкции (открытые и подземные) |  | 0,9 |

Примечание. При наличии нескольких факторов действующих одновременно, в расчет вводится произведение сooтветcтвующиx коэффициентов условий работы.

Таблица 9

|  |  |
| --- | --- |
| Класс арматуры | Коэффициент  |
| А-I | 0,44 |
| A-II | 0,32 |
| A-III | 0,28 |

Таблица 10

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр арматуры, мм | До 20 | 30 | 40 | 60 |
| Коэффициент  | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |

Примечание. Для промежуточных значений диаметра арматуры  принимается по линейной

Таблица 11

|  |  |
| --- | --- |
| Тип сварного соединения стержневой арматуры | Коэффициент  |
| Контактное стыковое типов: |  |
| КС-М (с механической зачисткой) | 1,0 |
| КС-0 (без механической зачистки) | 0,8 |
| Стыковое, выполненное способом ванной одноэлектродной сварки на стальной подкладке при ее длине: |  |
| 5 и более диаметров наименьшего из стыкуемых стержней | 0,8 |
| 1,5—3 диаметра наименьшего из стыкуемых стержней | 0,6 |
| Стыковое с парными симметричными накладками | 0,55 |

Примечание. Для арматуры, не имеющей сварных стыковых соединений,  принимается равным единице.

**2.20**. Расчетные сопротивления арматуры при расчете на выносливость предварительно напряженных конструкций определяются по СНиП 2.03.01-84.

**2.21**. Модули упругости ненапрягаемой арматуры и стержневой напрягаемой арматуры принимаются по табл. 12. а арматуры других видов — по СНиП 2.03.01-84.

Таблица 12

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид арматуры | Класс арматуры | Модуль упругости арматуры, *Еs ⋅* 10-3 МПа (кгс/см2) |
| Стержневая | А-I,А-II | 210 (2100) |
|  | А-III | 200(2000) |
|  | A-IV,A-V | 190(1900) |
|  | A-IIIв | 180(1800) |
| Арматурная проволока | Вp-I | 170(1700) |

**2.22.** При расчете железобетонных конструкций гидротехнических сооружений на выносливость неупругие деформации в сжатой зоне бетона следует учитывать снижением модуля упругости бетона, принимая коэффициенты приведения арматуры к бетону *v'* по табл. 13.

Таблица 13

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс бетона по прочности на сжатие | В15 | В20 | В25 | В30 | В35 | В40 |
| Коэффициент приведения *v'* | 25 | 23 | 20 | 18 | 15 | 10 |

**3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

**3.1.** При проектировании конструкций, испытывающих температурные и влажностные воздействия, необходимо предусматривать следующие конструктивные решения и технологические мероприятия.

Конструктивные решения:

выбор наиболее рациональной конструкции в данных природных условиях;

разрезка конструкции постоянными и временными температурно-усадочными швами;

устройство теплоизоляции на наружных бетонных поверхностях:

применение предварительно напряженной арматуры (для тонкостенных конструкций).

Технологические мероприятия:

снижение тепловыделения бетона применением низкотермичных марок цемента, уменьшением расхода цемента за счет использования воздухововлекающих и пластифицирующих добавок, золы-уноса и др.;

максимальное рассеивание начальной теплоты и экзотермии за счет наиболее выгодного сочетания высоты ярусов бетонирования и интервалов между укладкой ярусов при заданной интенсивности роста сооружения;

регулирование температурного и влажностного режимов поверхностей бетонных массивов для защиты этих поверхностей от резких колебаний температуры среды и сохранения в теплое время года во влажном состоянии с помощью постоянной или временной теплоизоляции или теплогидроизоляции, поливки водой, устройства шатров с кондиционированием воздуха и т. п.;

применение трубного охлаждения бетонной кладки;

повышение однородности бетона, обеспечение его высокой растяжимости, повышение предела прочности на осевое растяжение;

замыкание статически неопределимых конструкций, а также омоноличивание массивных конструкций при температурах бетона, близких к его минимальным эксплуатационным температурам.

**ПОСТОЯННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ШВЫ**

**3.2.** Для предотвращения образования трещин или уменьшения их раскрытия в монолитных бетонных и железобетонных сооружениях необходимо предусматривать постоянные температурно-усадочные и осадочные швы, а также временные строительные швы. Постоянные швы должны обеспечивать возможность взаимных перемещении частей сооружений как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации. Временные строительные швы должны обеспечивать:

снижение температурно-усадочных напряжений в бетоне в процессе возведения сооружений;

снижение усилий, вызванных неравномерной осадкой частей сооружения в строительный период;

соблюдение требуемой интенсивности работ по возведению сооружения:

унификацию армоконструкций. опалубки, сборных элементов и т. п.

**3.3.** Постоянные швы в сооружениях могут выполняться сквозными или в виде надрезов по поверхностям, подверженным значительным колебаниям температуры.

Расстояние между постоянными и временными швами следует назначать в зависимости от климатических и геологических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т. п.

В частях массивных монолитных и сборно-монолитных сооружений, которые подвержены значительным колебаниям температуры и перемещения которых затрудняются связью со скальным основанием или с бетоном внутренних частей сооружения, расстояние между температурно-усадочными швами определяют расчетом в соответствии с требованиями разд. 7. Расстояние между постоянными швами в бетонных сооружениях на скальном основании должно быть не более 30 м.

**3.4.** Для сборно-монолитных конструкций необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие надежную связь по поверхностям контакта при омоноличивании конструкций.

**3.5.** Для уменьшения температурно-усадочных напряжений, а также влияния неравномерных осадок основания допускается устраивать временные расширенные швы, заполняемые бетоном (замыкающие блоки) после выравнивания температур и стабилизации осадок.

**ПРОДОЛЬНОЕ И ПОПЕРЕЧНОЕ АРМИРОВАНИЕ**

**3.6.** Расстояние в свету между арматурными стержнями по высоте и ширине сечения должно обеспечивать совместную работу арматуры с бетоном и назначаться с учетом удобства укладки и уплотнения бетонной смеси.

Расстояние в свету между стержнями для немассивных конструкций следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84.

В массивных железобетонных конструкциях расстояния в свету между стержнями рабочей арматуры по ширине сечения определяются крупностью заполнителя бетона, но не менее 2,5*d* где *d —* диаметр рабочей арматуры.

**3.7.** Толщину защитного слоя бетона следует принимать:

не менее 30 мм для рабочей арматуры и 20 мм для распределительной арматуры и хомутов в балках и плитах высотой до 1м, а также в колоннах с меньшей стороной до 1 м:

не менее 60 мм и не менее диаметра стержня для рабочей и распределительной арматуры массивных конструкций с минимальным размером сечения более 1 м.

Толщину защитного слоя бетона в железобетонных конструкциях морских гидротехнических сооружений необходимо принимать:

для рабочей арматуры стержневой — не менее: 50 мм:

для распределительной арматуры и хомутов — не менее30 мм.

Для сборных железобетонных ýëeмeнтoв заводского изготовления при применении бетона класса по прочности на сжатие В15 и выше толщина защитного слоя может быть уменьшена на 10 мм против указанных выше величин.

При эксплуатации железобетонных конструкций в условиях агрессивной среды толщину защитного слоя необходимо назначать с учетом требований СНиП 2.03.11-85.

**3.8**. В массивных нетрещиностойких железобетонных плитах и стенах сечением высотой 60 см и более с коэффициентом армирования при надлежащем обосновании допускается многорядное расположение арматуры по сечению элемента, способствующее уменьшению максимальной ширины раскрытия трещин по высоте сечения.

**3.9**. Если стержни арматуры размещаются в два и более ряда, то диаметры стержней рядов должны отличаться друг от друга не более чем на 40 %.

**3.10**. Из условия долговечности гидротехнических сооружений без предварительного напряжения диаметр арматуры следует принимать для рабочей стержневой арматуры из горячекатаной стали не менее 10 мм, для спиралей и для каркасов и сеток вязаных или изготовленных с применением контактной сварки — не менее 6 мм.

**3.11.** Продольные стержни растянутой и сжатой арматуры должны быть заведены за нормальное или наклонное к продольной оси элемента сечение, где они не требуются по расчету, в соответствии с требованием СНиП 2.03.01-84.

**3.12.** Распределительную арматуру для элементов, работающих в одном направлении, следует назначать в размере не более 10% площади рабочей арматуры в месте наибольшего изгибающего момента.

**3.13**. При выполнении сварных соединений арматуры следует выполнять требования СНиП 2.03.01-84.

**3.14**. В конструкциях, рассчитываемых на выносливость, в одном сечении должно стыковаться, как правило, не более половины стержней растянутой рабочей арматуры. Применение стыков внахлестку (без сварки и со сваркой) для растянутой рабочей арматуры в этих конструкциях не допускается.

**3.15**. В изгибаемых элементах при высоте сечения более 700 мм у боковых граней следует устанавливать конструктивные продольные стержни. Расстояние между ними по высоте должно быть не более 400 мм, площадь поперечного сечения — не менее 0,1 % площади сечения бетона со следующими размерами: высота элемента равна расстоянию между стержнями, ширина — половине ширины элемента, но не более 200 мм.

**3.16. У** всех поверхностей железобетонных элементов, вблизи которых ставится продольная расчетная арматура, необходимо предусматривать также поперечную арматуру, охватывающую крайние продольные стержни. Расстояние между поперечными стержнями у каждой поверхности элемента должно быть не более 500 мм и не более удвоенной ширины грани элемента.

**3.17.** Вовнецентренно сжатых линейных элементах, а также в сжатой зоне изгибаемых элементов при наличии учитываемой в расчете сжатой продольной арматуры необходимо устанавливать хомуты.

Расстояние между хомутами следует принимать в вязаных каркасах не более 15*d*, в сварных — не более 20*d* где *d -* наименьший диаметр сжатой продольной арматуры. В обоих случаях расстояние между хомутами должно быть не более 500 мм. Конструкция поперечной арматуры должна обеспечивать закрепление сжатых продольных стержней от бокового выпучивания в любом направлении. В местах стыковки рабочей арматуры внахлестку без сварки или если общее насыщение элемента продольной арматуры составляет более 3 % хомуты следует устанавливать на расстоянии не более 10*d* и не более 300 мм.

В массивных внецентренно сжатых элементах, рассчитанных без учета сжатой арматуры, расстояние между конструктивными поперечными связями (хомутами) допускается увеличивать до двух высот (ширин) элемента.

**3.18**. Расстояние между вертикальными поперечными стержнями в элементах, не имеющих отогнутой арматуры, и в случаях, когда поперечная арматура требуется по расчету, необходимо принимать:

а) на приопорных участках (не менее 1/4 пролета) при высоте сечения менее или равном 450 мм — не более h/2 и не более 150мм;

при высоте сечения более 2000 мм - не более 3/4h и не более 500 мм;

при высоте сечения, равной или более 2000 мм — не более h/З:

б) на остальной части пролета при высоте сечения 300—2000 мм — не более 3/4*h м* не более 500 мм;

при высоте сечения более 2000 мм — не более 3/4h.

**3.19.** В элементах, работающих на изгиб с кручением, вязаные хомуты должны быть замкнутыми с перепуском их концов на 30 диаметров хомута, а при сварных каркасах все поперечные стержни обоих направлений должны быть приварены к угловым продольным стержням, образуя замкнутый контур.

**3.20.** Отверстия в железобетонных элементах следует располагать в пределах ячеек арматурных сеток и каркасов.

Отверстия с размерами, превышающими размеры ячеек сеток, должны окаймляться дополнительной арматурой. Суммарная площадь ее сечения должна быть не менее сечения прерванной рабочей арматуры того же направления.

**3.21**. При проектировании сталежелезобетонных конструкций, в которых обеспечивается совместная работа арматуры и стальной оболочки, толщину последней следует принимать минимальной по условиям монтажа и транспортирования.

**3.22.** Арматура железобетонных конструкций должна предусматриваться в виде армоферм, армопакетов, сварных каркасов и сеток.

Типы армоконструкций следует назначать с учетом принятого способа производства работ. Они должны обеспечивать возможность механизированной подачи бетона и тщательной его проработки. Установку арматуры в железобетонных конструкциях необходимо производить индустриальными методами при максимальной экономии металла на конструктивные элементы для закрепления ее в блоке бетонирования.

Увеличение площади сечения арматуры, определенной расчетом на эксплуатационные нагрузки, для восприятия нагрузок строительного периода не допускается.

**3.23**. Открытые поверхности бетонных сооружений, находящиеся в зоне переменного уровня воды и подвергающиеся воздействию отрицательных температур, а также открытые поверхности сооружений, возводимых в условиях жаркого сухого климата, допускается армировать сетками из арматуры класса А-II диаметром 16 мм. Во всех остальных случаях конструктивное армирование открытых поверхностей бетонных сооружений не допускается.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**3.24**. При конструировании предварительно напряженных элементов следует выполнять требования СНиП 2.03.01-84, СНиПов на проектирование отдельных видов сооружений и требования пп. 3.25 —3.30.

**3.25.** Приварка и прихватка к натянутой арматуре каких-либо деталей не допускается.

Это требование не распространяется на приварку деталей к концам напрягаемой арматуры, выступающим из изделия, после передачи усилий обжатия бетона.

**3.26**. Продольную ненапрягаемую арматуру следует располагать ближе к наружной поверхности элемента с тем, чтобы поперечная арматура (хомуты) охватывала напрягаемую арматуру.

**3.27**. Стержневую напрягаемую арматуру в ребристых элементах следует располагать по оси каждого ребра элемента или симметрично ей.

**3.28**. Соединение по длине заготовок арматурных стержней из горячекатаной стали периодического профиля диаметром 10 мм и более, как правило, следует производить контактной стыковой сваркой. При отсутствии оборудования для контактной сварки допускается применять дуговую сварку. Стержни арматуры класса А-IIIв необходимо сваривать до вытяжки. Сварные стыки растянутых стержней не рекомендуется располагать в местах наибольших усилий.

**3.29**. У концов предварительно напряженных элементов должна быть установлена дополнительная поперечная арматура (сварные сетки, охватывающие все продольные стержни арматуры, хомуты и т. п. с шагом 5—10 см) на длине участка не менее 60 % зоны передачи напряжений и не менее 20 см.

Если напрягаемая продольная арматура у торцов элемента располагается сосредоточенно у верхней или нижней грани, то на концевых участках необходимо предусматривать поперечную арматуру (не учитываемую в расчете на поперечные силы). Суммарная площадь поперечной арматуры должна воспринимать в конструкциях, не рассчитываемых на выносливость, 20%, а в конструкциях, рассчитываемых на выносливость, 30% усилия натяжения в продольной напрягаемой арматуре, которая расположена у одной грани сечения, с учетом первых потерь.

Суммарную площадь сечения дополнительной поперечной арматуры необходимо определять по формулам:

для конструкций, не рассчитываемых на выносливость,

 (5)

для конструкций, рассчитываемых на выносливость,

 (6)

*где  —* предварительное напряжение в арматуре с учетом первых потерь, принимаемое по СНиП 2.03.01-84;

*Аsp —* большая из площадей сечения напрягаемой продольной арматуры, расположенной внутри хомутов у одной грани сечения.

**3.30.** Дополнительную поперечную арматуру рекомендуется предусматривать в виде сварных замкнутых хомутов из арматурной стали классов А-II или А-III

Если, из условия опирания элемента, на его концевом участке устанавливают стальную опорную плиту, то дополнительную поперечную арматуру следует соединять с ней сваркой.

**4. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**4.1.** Расчеты бетонных и железобетонных конструкций необходимо производить по методу предельных состояний в соответствии со СНиП 2.06.01-86.

Бетонные и железобетонные конструкции должны удовлетворять требованиям расчета по предельным состояниям первой группы при всех сочетаниях нагрузок и воздействий, а по предельным состояниям второй группы — только при основном сочетании нагрузок и воздействий.

Расчет по предельным состояниям, как правило, следует производить для всех стадий возведения, транспортирования, монтажа и эксплуатации конструкции.

**4.2.** Бетонные конструкции необходимо рассчитывать по предельным состояниям первой группы:

на прочность с проверкой устойчивости положения и формы конструкции — по разд. 5:

по предельным состояниям второй группы:

по образованию трещин — в соответствии с разд. 7.

Железобетонные конструкции следует рассчитывать по предельным состояниям первой группы:

на прочность с проверкой устойчивости положения и формы конструкции, на выносливость при многократно повторяющейся нагрузке - по разд. 5;

по предельным состояниям второй группы:

по деформациям — в тех случаях, когда величина перемещений может ограничить возможность нормальной эксплуатации конструкции или находящихся на ней механизмов, — по разд. 6;

по образованию трещин — в тех случаях, когда по условиям нормальной эксплуатации сооружения не допускается их образование (трещиностойкие) или по ограничению величины раскрытия трещин (нетрещиностойкие), — по разд. 6.

**4.3**. Сборно-монолитные конструкции, а также конструкции с несущей арматурой надлежит рассчитывать для двух стадий работы конструкции:

до приобретения бетоном, уложенным на месте использования конструкции, заданной прочности — на действие собственного веса этого бетона и других нагрузок, действующих на данном этапе возведения сооружения;

после приобретения бетоном, уложенным на месте использования конструкции, заданной прочности — на нагрузки, действующие при эксплуатации конструкции, включая собственный вес.

Расчет на прочность производится на расчетные нагрузки раздельно по двум стадиям без суммирования усилий и напряжений.

**4.4.** Для заанкеренных в основание плотин наряду с расчетом конструкций следует производить экспериментальные исследования для определения несущей способности анкерных устройств, релаксации напряжений в бетоне и анкерах. Необходимо предусматривать мероприятия по защите анкеров от коррозии. Для предварительно напряженных конструкций в проекте необходимо предусматривать возможность повторного натяжения анкеров или их замены, а также проведение контрольных наблюдений за состоянием анкеров в бетоне.

**4.5**. При расчете элементов сборных конструкций на усилия, возникающие при подъеме, транспортировании и монтаже, нагрузку от собственного веса элемента следует вводить в расчет с коэффициентами динамичности, назначаемыми по СНиП 2.03.01-84.

**4.6.** Величину противодавления воды в расчетных сечениях элементов следует определять с учетом условий работы конструкции в эксплуатационный период, а также с учетом конструктивных и технологических мероприятий, указанных в п. 1.7.

В элементах массивных напорных и подводных бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений противодавление воды необходимо учитывать как объемную силу и определять по СНиП 2.06.06-85.

В стержневых и плитных элементах противодавление воды следует учитывать как растягивающую силу, приложенную в рассматриваемом расчетном сечении, при этом удельный вес материала принимается без учета взвешивания.

Противодавление воды следует учитывать как при расчете сечений, совпадающих со швами бетонирования, так и монолитных сечений.

**4.7.** Усилие противодавления в расчетных сечениях напорных стержневых и плитных элементов следует принимать равным площади эпюры напряжений, обусловленных воздействием противодавления. Указанные напряжения в отдельных точках сечения принимаются равными *,* где *р —* интенсивность гидростатического давления;  *—* коэффициент эффективной площади противодавления в бетоне.

Для трещиностойких элементов следует принимать линейный закон изменения интенсивности гидростатического давления воды *р* от величины давления на напорной (верховой) грани до величины давления на низовой грани.

Для нетрещиностойких элементов линейный закон изменения интенсивности гидростатического давления следует принимать только в пределах сжатой зоны сечения. В пределах трещин принимается равномерное давление, определяемое заглублением трещин под уровень воды.

Коэффициенты эффективной площади противодавления  для сооружений I и II классов следует определять на основании экспериментальных исследований с учетом противофильтрационных устройств.

При отсутствии данных экспериментальных исследований в сечениях изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых стержневых и плитных элементов допускается принимать следующие значения *:*

1 — в растянутой зоне сечений ив зоне распространения трещин;

0 — в сжатой зоне сечений элементов.

Высота сжатой зоны бетона определяется исходя из гипотезы плоских сечений. В нетрещиностойких элементах работа растянутого бетона не учитывается и форма эпюры напряжений бетона в сжатой зоне сечения принимается треугольной.

Вид напряженного состояния сечения при определении дополнительных напряжений устанавливается исходя из гипотезы плоских сечений при действии всех нагрузок без учета силы противодавления.

**4.8.** Расчет элементов конструкций на выносливость необходимо производить при числе циклов изменения нагрузки 2-106 и более за весь расчетный срок эксплуатации сооружения (например, проточные части гидроагрегатов, водосбросы, плиты водобоя, подгенераторные конструкции и др.).

4.9. При проверке несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации внутренние усилия (напряжения) и перемещения следует определять, как правило, с учетом неупругого поведения конструкций, обусловленного трещинообразованием и ползучестью бетона, нелинейной зависимостью между напряжениями и деформациями материалов, а также с учетом последовательности возведения и нагружения сооружения.

Допускается усилия (напряжения) в сечениях элементов определять в предположении упругой работы конструкции в тех случаях, когда методика расчета конструкций с учетом их неупругого поведения не разработана или расчет выполняется на промежуточной стадии проектирования сооружения.

4.10. При расчете статически определимых стержневых конструкций, у которых *h/l*< 1/3 (*h* — максимальная высота поперечного сечения, *l* — пролет в свету), по предельным состояниям первой и второй групп внутренние усилия (нормальные и перерезывающие силы, изгибающие и крутящие моменты), а также перемещения и углы поворота следует определять методами сопротивления материалов. При определении линейных перемещений и углов поворота необходимо учитывать изменение жесткости сечений в результате трещинообразования в бетоне. Условия трещинообразования следует принимать в соответствии с п. 6.2.

4.11. В статически неопределимых стержневых конструкциях внутренние усилия и перемещения следует определять методами строительной механики стержневых систем, как правило, с учетом неупругой работы, обусловленной изменением жесткости сечений в результате трещинообразования в бетоне.

4.12. При расчете элементов бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений необходимо учитывать дополнительные связи строительного периода, носящие постоянный характер (эстакады, пазовые конструкции, балки подкрановых путей, дополнительная арматура для производства работ и т. п.).

4.13. Расчеты, которые не регламентированы настоящими нормами (расчеты предварительно напряженных конструкций, расчет сечений в общем случае, в том числе расчет на косое внецентренное сжатие и косой изгиб, расчет коротких консолей, расчет на продавливание и отрыв, расчет закладных деталей и др.), следует выполнять по указаниям СНиП 2.03.01-84, а при проектировании портовых и транспортных сооружений также СНиП 2.05.03-84. При этом необходимо учитывать коэффициенты, принятые в настоящих нормах.

**5. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ И ВЫНОСЛИВОСТЬ**

**РАСЧЕТ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЧНОСТЬ**

**5.1.** Расчет на прочность бетонных элементов следует производить для сечений, нормальных к их продольной оси. Расчет на прочность элементов, в которых условия наступления предельного состояния не могут быть выражены через усилия в сечениях, следует выполнять для площадок действия главных напряжений.

Внецентренно сжатые моменты, в которых по условиям эксплуатации допускается образование трещин, рассчитываютбез учета сопротивления бетона растянутой зоны сечения.

Все изгибаемые элементы, а также внецентренно сжатые элементы, в которых по условиям эксплуатации не допускается образование трещин, рассчитывают с учетом сопротивления бетона растяжению.

**5.2.** Бетонные конструкции, прочность которых определяется прочностью бетона растянутой зоны сечения, допускается применять в том случав, если образование трещин в них не приводит к разрушению, к недопустимым деформациям или к нарушению водонепроницаемости конструкции. При этом должна быть проведена проверка трещиностойкости элементов таких конструкций с учетом темпера-турно-влажностных вoздейcтвий в соответствии с требованиями разд. 7.

**Изгибаемые элементы**

**5.3.** Расчет бетонных изгибаемых элементов симметричных относительно плоскости действия нагрузки необходимо производить по формуле

 (7)

где  — коэффициенты, принимаемые по СНиП 2.06.01-86;

 — коэффициент условий работы сооружения, принимаемый по строительным нормам и правилам на проектирование отдельных видов гидротехнических сооружений;

 — коэффициент, учитывающий влияние на прочность изгибаемого элемента градиента деформаций по сечению и зависящий от класса бетона и высоты растянутой зоны сечения;

 — коэффициент, принимаемый по табл. 4;

 — коэффициент, учитывающий влияние на прочность изгибаемого элемента формы его поперечного сечения и зависящий от соотношения размеров сечения;

Wt — момент сопротивления для растянутой грани сечения, определяемый в предположении упругой paботы бетона.

Коэффициент  следует определять на основании экспериментальных исследований Для сооружений I и II классов на предварительной стадии проектирования, а для сооружений III и IV классов во всех случаях  допускается определять по формуле

 (8)

где с - параметр, определяемый по табл. 14, при *c>ht* следует принимать с=ht;

*ht  —* высота растянутой зоны сечения, см, определяемая в предположении линейно упругой работы бетона.

Коэффициент  для прямоугольных, круговых, крестовых сечений, а также для тавровых с полкой в сжатой зоне принимается равным 1. Для тавровых сечений с полкой в растянутой зоне, для коробчатых, двутавровых сечений, а также для кольцевых сечений коэффициент  следует определять по формуле

 (9)

где *k —* коэффициент, зависящий от соотношения размеров сечения;

 — коэффициент, определяемый по формуле (8).

Для кольцевых сечений коэффициент *k* равен oтношению внутреннего и наружного диаметров.Для тавровых сечений с полкой в растянутой зоне, для коробчатых и двутавровых сечений коэффициент *k* следует определять:

при  по формуле

 (10)

где bf и hf *—* ширина и высота сечения растянутой полки;

при - по номограмме обязательного приложения 3.

**Внецентренно сжатые элементы**

**5.4.** Внецентренно сжатые элементы бетонных конструкций, симметричные относительно плоскости действия нагрузки, следует рассчитывать в предположении упругой работы бетона (черт. 1), из условия ограничения величин краевых сжимающих и растягивающих напряжений по следующим формулам.

Черт. 1. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно сжатого бетонного элемента

а — без учета сопротивления бетона растянутой зоны;

б — с учетом сопротивления бетона растянутой зоны

Таблица14

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс бетона по прочности на сжатие | В5 | В7,5 | В10 | В12,5 | В15 | B20 | B25 | B30 | B35 | B40 |
| с, см | 8,0 | 7,9 | 7,7 | 7,5 | 7,3 | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 4,9 | 4,4 |

При расчете без учета сопротивления растянутой зоны сечения

 (11)

где  *—* краевое сжимающее напряжение;

 *—* коэффициент, учитывающий влияние гибкости элемента и принимаемый по табл. 15.

Прямоугольные сечения рассчитываются по формуле

 (12)

где *А=bh —* площадь поперечного сечения элемента;

 — относительный эксцентриситет приложения нагрузки.

При расчете с учетом сопротивления растянутой зоны сечения

 (13)

 (14)

где Wt*=I/yt —* моменты сопротивления сечения;

*Wc=I/yc*

 — коэффициенты, определяемые согласно п. 5.3.

По формуле (13) следует рассчитывать также внецентренно сжатые бетонные конструкции с однозначной эпюрой напряжений при *.*

Таблица 15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *l0/b* для сечения прямоугольной формы | *10/r* для сечения произвольной симметричной формы | Коэффициент  |
| До 4 | До 14 | 1,00 |
| 4 | 14 | 0,98 |
| 6 | 21 | 0,96 |
| 8 | 28 | 0,91 |
| 10 | 35 | 0,86 |

*Обозначения, принятые* в *табл. 15:*

*l0 —* расчетная длина элемента;

*b —* наименьший размер прямоугольного сечения;

*r* — наименьший радиус инерции сечения.

5.5. При расчете гибких бетонных элементов при *l0/b>12* или *10/r* >35 следует учитывать влияние длительного действия нагрузки на несущую способность конструкции в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84 с введением расчетных коэффициентов, принятых в настоящих нормах.

**5.6.** В элементах, рассчитываемых по формулам (11) и (12), величина эксцентриситета расчетного усилия относительно центра тяжести сечения не должна превышать 0,6y при основном сочетании нагрузок и 0,65*y*— при особом сочетании нагрузок, включающем сейсмические воздействия, где *у —* расстояние от центра тяжести сечения до его наиболее напряженной грани.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЧНОСТЬ**

**5.7.** Расчет на прочность железобетонных элементов надлежит производить для сечений, нормальных к их продольной оси, а также для наклонных к оси сечений наиболее опасного направления. При наличии крутящих моментов следует проверить прочность пространственных сечений, ограниченных в растянутой зоне спиральной трещиной наиболее опасного из возможных направлений. Кроме того, следует производить расчет элементов на местное действие нагрузки (смятие, продавливание, отрыв).

**5.8.** При установке в сечении элемента арматуры разных видов и классов ее вводят в расчет прочности с соответствующими расчетными сопротивлениями.

**Расчет на прочность сечений, нормальных к продольной оси элемента**

**5.9.** Предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента, следует определять исходя из следующих предпосылок:

сопротивление бетона растяжению принимается равным нулю;

сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными *Rb,* распределенными равномерно по сжатой зоне бетона;

растягивающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления растяжению *Rs;*

сжимающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления сжатию Rsc.

**5.10**. Расчет сечений, нормальных к продольной оси элемента, когда внешняя сила действует в плоскости оси симметрии сечения и арматура сосредоточена у перпендикулярных к указанной плоскости граней элемента, необходимо производить в зависимости от соотношения между относительной высотой сжатой зоны бетона =*x/h0* и относительной высотой сжатой зоны бетона , при которой предельное состояние наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению *RS,* с учетом соответствующих коэффициентов условий работы арматуры. Относительная высота сжатой зоны определяется из соответствующих условий равновесия элемента под действием системы внешних и внутренних сил.

Изгибаемые и внецентренно растянутые с большими эксцентриситетами железобетонные элементы, как правило, должны удовлетворять условию *.* Для элементов, симметричных относительно плоскости действия момента и нормальной силы, армированных ненапрягаемой арматурой. Граничные значения надлежит принимать по табл.16, а армированных напрягаемой арматурой — по СНиП 2.03.01-84.

**5.11.** Если высота сжатой зоны, определяемая без учета сжатой арматуры, меньше 2'. то сжатую арматуру в расчете можно не учитывать.

Таблица 16

|  |  |
| --- | --- |
| Класс арматуры | Граничные значения при классе бетона |
|  | В1б и ниже | В20; В25; В30 | B35 è âûøå |
| А-I | 0,70 | 0,65 | 0,60 |
| A-II, А-III, Вр-I | 0,65 | 0,60 | 0,50 |

**Изгибаемые элементы**

**5.12.** Расчет изгибаемых железобетонных элементов любой симметричной формы (черт. 2) при  следует производить по формулам:

 (15)

 (16)

Черт. 2. Cxема усилий и эпюра напpяжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента, при расчете его по прочности

**5.13**. Расчет изгибаемых элементов прямоугольного сечения при  следует производить по формулам:

железобетонных элементов:

 (17)

 (18)

сталежелезобетонных элементов:

 (19)

где Asi*, * — площади сечений соответственно растянутой и сжатой стальных оболочек;

dsi — толщинf стальной оболочки;

Rsi — расчетное сопротивление стальной оболочки, определяемое в соответствии со СНиП II-23-81. Расчет железобетонных и сталежелезобетонных элементов из бетона класса В30 и ниже при допускается производить по формулам (17). (19). принимая . Для элементов из бетона класса выше В30 расчет следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84 с учетом расчетных коэффициентов, принятых в настоящих нормах.

**Внецентренно сжатые элементы**

**5.14.** Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов любой симметричной формы (черт. 3) при  следует производить по формулам:

 (22)

Черт. 3. Схема усилий и эпюр напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно сжатого железобетонного элемента, при расчете его по прочности

**5.15.** Расчет внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения следует производить

при  по формулам:

 (23)

 (24)

при 

при классе бетона В30 и ниже - по формуле (23) и формулам:

 (25)

 (26)

при классе бетона выше В30 расчет следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84 с учетом расчетных коэффициентов, принятых в настоящих нормах.

**5.16.** Расчет внецентренно сжатых элементов при гибкости *l0/r* 35, а элементов прямоугольного сечения при *l0/r*10 следует производить с учетом прогиба как в плоскости эксцентриситета продольного усилия, так и в нормальной к ней плоскости в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84.

**Центрально растянутые элементы**

5.17. Расчет центрально растянутых железобетонных элементов следует производить по формуле

 (27)

**5.18.** Расчет прочности на растяжение сталежелезобетонных оболочек круглых водоводов при действии равномерного внутреннего давления воды следует производить по формуле

 (28)

где N - усилие в оболочке от гидростатического давления с учетом гидродинамической составляющей.

**Внецентренно растянутые элементы**

**5.19.** Расчет внецентренно растянутых железобетонных элементов следует производить в зависимости от положения продольной силы *N.*

Если продольная сила *N* приложена между равнодействующими усилий в арматуреS и S' (черт. 4,*а ).* расчет производят по формулам:

 (29)

 (30)

Черт. 4. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецeнтpeннo растянутого железобетонного элемента, при расчете егo по прочности

*а —* продольная сила *N* приложена между равнодействующими усилий в арматуре *S и. S’*

*б —* продольная сила приложеназа пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре *S* и *S’*

Если продольная сипа *N* приложеназа пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре *S и S'* (черт. 4, *б)* при  расчет производят по формулам:

 (31)

 (32»

Для прямоугольных сечений расчет производят по формулам:

 (33)

 (34»

При  расчет производят no формулам (31). (33).принимая .

**Расчет на прочность сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие поперечной силы и изгибающего момента**

**5.20.** При расчете на действие поперечной силы должно соблюдаться условие

 (35)

где *b —* минимальная ширина элемента в сечении.

**5.21** Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие поперечной сипы можно не производить, если соблюдаются условия:

а) для плитных конструкций, работающих пространственно, и для конструкций на упругом основании, за исключением вертикальных консолей подпорных стен

 (36)

б) для всех остальных конструкций



где Qb — поперечное усилие, воспринимаемое бетоном сжатой зоны в наклонном сечении, определяемое по формуле

 (38)

здесь.

Относительная высота сжатой зоны сечения определяется по формулам: для изгибаемых элементов

 (39)

для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов с большим эксцентриситетом

 (40)

где знаки „плюс" и „минус" следует применять соответственно для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов.

Для внецентренно растянутых элементов с малым эксцентриситетом следует принимать Qb=0.

Угол между наклонным сечением и продольной осью элемента  определяется по формуле,но не более 1,5 и не менее 0,5

(M и ***Q*** *—* усилия в нормальном сечении, проходящем через конец наклонного сечения в сжатой зоне).

Для элементов с высотой сечения  см величину *Qb,* определяемую по формуле (38), следует уменьшить в 1,2 раза.

**5.22**. При наличии строительных швов в зоне действия поперечных сил в правую часть формул (36) и (37) следует вводить дополнительный коэффициент *,* принимаемый по табл. 17.

Таблица 17

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *lj/hj* | 0,45 и меньше 0,45 | 0,55 | 0,65 и выше |
|  | 1,0 | 0,9 | 0,8 |

Обозначения, *принятые* в таб*л.17:*

*lj -* расстояние между сечением ïo шву и нормальным сечением, проходящим через конец наклонного сечения в сжатой зoне, в пределах наклонного сечения;

*hj* — высота сечения по шву.

**5.23.** Расчет поперечной арматуры в наклонных сечениях элементов постоянной высоты (черт. 5) следует производить по формуле

 (41)

где *Q1 —* поперечная сила, действующая в наклонном сечении, т. е. равнодействующая всех поперечных сил от внешней нагрузки, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения;

— суммы поперечных усилий, воспринимаемых соответственно хомутами и отогнутыми стержнями, пересекающими наклонное сечение;

—угол наклона отогнутых стержней к продольной оси элемента в наклонном сечении.

Если внешняя нагрузка действует в сторону элемента, как показано на черт. 5,а, расчетную поперечную силу надлежит определять по формуле

 (42)

где *Q —* поперечная сила в опорном сечении;

Qg - равнодействующая внешней нагрузки, действующей на элемент в пределах длины проекции наклонного сечения на продольную ось элемента;

*V* — сила противодавления, действующая в наклонном сечении, определяемая в предположении линейного распределения пьезометрического давления и 

Если внешняя нагрузка действует в сторону от элемента, как показано на черт. 5,б, то Qg в формуле (42) не учитывается.

Черт. 5. Схема усилий в сечении, наклонном к продольной оси железобетонного элемента, при расчете его по прочности на действие поперечной силы

а — нагрузка действуетв сторону элемента; б — нагрузка действует в сторону от элемента

**5.24**. В случае, если соотношение расчетной длины элемента к его высоте менее 3, расчет железобетонных элементов на действие поперечной силы следует производить как стеновой конструкции по главным растягивающим напряжениям.

**5.25**. Расчет изгибаемых и внецентренно сжатых элементов постоянной высоты, армированных хомутами, допускается производить в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84 с учетом расчетных коэффициентов настоящих норм.

**5.26**. Расстояние между поперечными стержнями (хомутами), между концом предыдущего и началом последующего отгиба, а также между опорой и концом отгиба, ближайшего к опоре, должно быть не более величины *smax,* определяемой по формуле

*s*max= (43)

**5.27.** Расчет элементов переменной высоты сечения на действие поперечной силы производится следующим образом:

если одна из граней элемента горизонтальна или вертикальна, а вторая наклонна,то ось элемента принимается соответственно горизонтальной или вертикальной. За рабочую высоту наклонного сечения следует принимать проекцию рабочей части наклонного сечения на нормаль к оси элемента: для элемента с наклонной сжатой гранью — у конца наклонного сечения в сжатой зоне (черт. 6,а*),* для элемента с наклонной растянутой гранью — у начала наклонного сечения в растянутой зоне (черт. 6,*б);*

если обе грани элемента наклонные, за ось элемента следует принимать геометрическое место точек, равноудаленныx oт граней элемента. За рабочую высоту сечения принимается проекция рабочей части наклонного сечения на нормаль к оси элемента.

Черт. 6. Схема усилий в cечении, наклоннoм к продольной оси железобетонного элемента, наклонной гранью при расчете его по прочности на действие поперечной силы

а — наклонная грань сжата; б **—** наклонная грань растянута

**5.28.** Расчет консоли, длина которой *lс* равна или меньше ее высоты в опорном сечении *h* (короткая консоль), следует производить по СНиП 2.03.01-84.

**5.29**. Расчет сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие изгибающего момента следует производить для сечений, проверяемых на прочность при действии поперечных сил, а также для сечений, проходящих через точки изменения площади продольной растянутой арматуры (точки теоретического обрыва арматуры или изменения ее диаметра), и в местах резкого изменения размеров поперечного сечения элемента по формуле

(44)

где M — момент всех внешних сил (с учетом противодавления), расположенных по одну сторону oт рассматриваемого наклонного сечения относительно оси, которая проходит через точку приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне и перпендикулярна плоскости действия момента;

— суммы моментов относительно той же оси соответственно от усилий в продольной арматуре, в отогнутых стержнях и хомутах, пересекающих растянутую зону наклонного сечения;

— плечи усилий в продольной арматуре, в отогнутых стержнях и хомутах относительно той же оси (черт. 7).

Черт. 7. Схема усилий в сечении, наклонном к продольной оси железобетонного элемента, при расчете его по прочности на действие изгибающего момента

Если наклонное сечение расположено в зоне изменения знака изгибающего момента, проварку на изгиб следует производить oтносительно точек пересечения наклонного сечения с продольной арматурой, расположенной у обеих граней. При этом следует принимать *Qb*=0.

Высота сжатой зоны в наклонном сечении, измеренная по нормали к продольной оси момента, определяется в соответствии с требованиями пп. 5.12-5.16.

**5**.**30**. Элементы с постоянной или плавно изменяющейся высотой сечения допускается не рассчитывать по прочности наклонного сечения на действие изгибающего момента в одном из следующих случаев:

если вся продольная арматура доводится до опоры или до конца элемента и имеет достаточную анкеровку;

в плитных пространственно работающих конструкциях;

если продольные растянутые стержни, обрываемые по длине элемента, заводятся на нормальное сечение, в котором они не требуются по расчету, на длину *ld* и более, определяемую по формуле

 (45)

где Q — поперечная сила в нормальном сечении, проходящем через точку теоретического обрыва стержня;

*As,inc* ,—соответственно площадь сечения и угол наклона отогнутых стержней, расположенных в пределах участка длиной *ld*

*qsw —* усилие в хомутах на единицу длины элемента на участке длиной *ld,* определяемое по формуле

 (46)

здесь *d —* диаметр обрываемого стержня, см;

если выполняется условие:

 (47)

в конструкциях на упругом основании, за исключением подпорных стен.

**Расчет железобетонных элементов на выносливость**

**5.31.** Расчет элементов железобетонных конструкций на выносливость следует производить путем сравнения краевых напряжений в бетоне и растянутой арматуре с соответствующими расчетными сопротивлениями бетона и арматуры, определяемыми в соответствии с пп.2.13 и2.19. Сжатая арматура на выносливость не расcчитывается.

**5.32.** В трещиностойких элементах краевые напряжения в бетоне и арматуре определяются по расчету как для упругого тела по приведенным сечениям с учетом указаний п.2.22.

В нетрещиностойких элементах площадь и момент сопротивления приведенного сечения следует определять без учета растянутой зоны бетона. Напряжения в арматуре следует определять согласно п.6.9 настоящих норм.

**5.33.** В элементах железобетонных конструкций при расчете на выносливость наклонных сечений главные растягивающие напряжения воспринимаются бетоном, если их величина не превышает .Если главные растягивающие напряжения превышают , то их равнодействующая должна быть полностью передана на поперечную арматуру при напряжениях в ней, равных расчетным сопротивлениям .

**5.34.** Величину главных растягивающих напряжений следует определять по формуле

 (48)

где  (49)

 (50)

В формулах (48)—(50):

 и  — соответственно нормальное и касательное напряжения в бетоне;

*Ared,Ired —* площадь и момент инерции приведенного сечения относительно его центра тяжести;

*Sred*— статический момент части приведенного сечения, лежащий по одну сторону от оси, на уровне которой определяются касательные напряжения;

*y* — расстояние от центра тяжести приведенного сечения до линии, на уровне которой определяются напряжения;

*b* — ширина сечения на том же уровне.

Для элементов прямоугольного сечения касательное напряжение  допускается определять по формуле

 (51)

где z=0,9h0.

В формуле (48) растягивающие напряжения следует вводить со знаком плюс, а сжимающие со знаком минус.

В формуле (49) знак минус принимается для внецентренно сжатых, а знак плюс — для внецентренно растянутых элементов.

При учете нормальных напряжений, действующих в направлении, перпендикулярном к оси элемента, главные растягивающие напряжения следует определять в соответствии со СНиП 2.03.01-84.

**6. Расчет элементов железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин и по деформациям**

**расчет железобетонных элементов по образованию трещин**

**6.1.** Расчет железобетонных элементов по образованию трещин следует производить:

в случаях, когда по условиям эксплуатации трещины не допускаются;

для выявления зон трещинообразования при расчете статически неопределимых стержневых и массивных конструкций в соответствии с п.4.11.

Условие трещинообразования соответствует знакуравенства, а условие трещиностойкости соответствует знаку неравенства в приводимых ниже формулах.

**6.2.** Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси элемента стержневых конструкций, следует производить:

а) для центрально растянутых элементов по формуле

 (52)

где  *—* коэффициент, равный при однорядном армировании 1,0; при многорядном армировании 1,2;

 — коэффициент, учитывающий влияние на трещиностойкость элемента количества арматуры и дисперсность армирования, определяется по формуле

 (53)

здесь ** — коэффициент армирования сечения;

*v —* отношение модулей упругости арматуры

и бетона;

*d —* диаметр арматуры, мм.

При  следует принимать ;

б) для изгибаемых элементов по формуле

 (54)

где — коэффициент, определяемый согласно п. 6.2а;

 *—* коэффициент, учитывающий неупругую работу бетона растянутой зоны сечения и определяемый по формуле

 **(55)**

здесь с — параметр, определяемый по табл. 14;

*a —* расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до растянутой грани;

*ht* — высота растянутой зоны приведенного сечения;

*Wred —* момент сопротивления приведенного сечения для растянутой грани.

При  следует принимать ;

в) для внецентренно сжатых элементов по формуле

 (56)

где *—* коэффициенты, определяемые согласно п. 6.26;

г) для внецентренно растянутых элементов по формуле

 **(57)**

где — коэффициенты, определяемые согласно п. 6.2,а как для центрально растянутого элемента;

 *—* коэффициент, определяемый согласно п. 6.26 как для изгибаемого элемента такого же поперечного сечения.

**Примечание**. При определении коэффициента по формуле (55) рассматривается приведенное сечение.

**6.3**. Расчет по образованию трещин, наклонных к продольной оси элемента, должен производиться по формуле

 (58)

где  — коэффициент условий работы бетона;

 (59)

здесь — см. п. 6.2б.

При  следует принимать.

Значения главных растягивающих и главных сжимающих напряжений в бетоне  и  следует определять по формуле

 (60)

где  — нормальное напряжение в бетоне на площадке, перпендикулярной продольной оси элемента, от внешней нагрузки и усилия предварительного обжатия;

 *—* нормальное напряжение в бетоне на площадке, параллельной продольной оси элемента, от местного действия опорных реакций, сосредоточенных сил и распределенной нагрузки, а также усилия обжа-тия вследствие предварительного напряжения хомутов и отогнутых стержней;

* —* касательные напряжения в бетоне от внешней нагрузки и усилия обжатия вследствие предварительного напряжения отогнутых стержней.

Напряжения , и ** определяются для приведенного сечения в предположении упругой работы материала.

Напряжения  и  подставляются в формулу (60) со знаком „плюс, если они растягивающие, и со знаком „минус" — если сжимающие. Напряжение  в формуле (59) принимается по абсолютной величине.

Проверка условия (58) производится для наружных граней элемента в точках пересечения их с главными центральными осями инерции приведенного сечения, а для элементов таврового или двутаврового сечений также в местах примыкания сжатых полок к стенке.

**6.4.** Расчет по образованию трещин при действии многократно повторяющейся нагрузки следует производить исходя из условия

** (61)

где  *—* максимальное нормальное растягивающее напряжение в бетоне, определяемое расчетом согласно п. **5.34** настоящих норм.

**6.5.** При расчетах по образованию трещин наличие арматуры в сжатой зоне сечения допускается не учитывать.

**6.6.** При расчетах по образованию трещин следует учитывать пониженную прочность на растяжение строительных швов, вводя в условия (52), (54), (56), (57) и (58) вместо величину .

Для сооружений I и II классов коэффициент. учитывающий влияние швов бетонирования на прочность бетонных элементов на растяжение, следует определять на основании экспериментов.

Для сооружений I и II классов на предварительных стадиях проектирования, а для сооружений III и IV классов во всех случаях допускается принимать ** = 0,5.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН**

**6.7.** В нетрещиностойких стержневых элементах расчет по раскрытию нормальных к продольной оси трещин следует выполнять из условия

 (62)

где аcr — расчетная ширина раскрытия трещин, мм;

 — допускаемая ширина раскрытия трещин, мм, определяемая по п. 6.10.

**6.8.** Ширину раскрытия трещин аcr мм, следует определять по формуле

 (63)

где  *—* коэффициент, принимаемый равным для элементов:

изгибаемых и внецентренно сжатых..........1,0

центрально и внецентренно растянутых.....1,2;

* —* коэффициент, принимаемый равным:

при учете временного действия нагрузок.....1,0

...*Fl/Fc<2/3............................................*..........1.0

...*Fl/Fc*2/3.....................................................1.3,

здесь *Fс и Fl —* наибольшие обобщенные усилия (изгибаюший момент, нормальная сила и т. л.) соответственно от действия полной нагрузки (постоянной, длительной, кратковременной) и от действия постоянной и длительной нагрузок;

при учете многократно повторяющейся нагрузки при воздушно-сухом состоянии бетона...............................................................................2-*рs*

здесь ps *—* коэффициент симметрии цикла;

* —* коэффициент, принимаемый равным при арматуре:

стержневой периодического профиля.............................1,0

гладкой стержневой........................................................1,4

проволочной периодического профиля........................1.2;

 — напряжение в растянутой арматуре, определяемое в соответствии с п. 6.9 без учета сопротивления бетона растянутой зоны сечения; с учетом фильтрационного давления воды, определяемого в соответствии с пп. 4.6 и 4.7;

 — начальное растягивающее напряжение •в•арматуре от набухания бетона. Для конструкций, находящихся в воде, =20 МПа; для конструкций, подверженных длительному высыханию, в том числе во время строительства, =0;

* -* коэффициент армирования сечения, ** =*Аs/bh0,* но не более 0,02;

*d —* диаметр стержней арматуры, мм. При различных диаметрах стержней следует принимать



здесь n — число стержней одного диаметра.

**6.9.** Напряжения в арматуре при расчетах ширины раскрытия трещин следует определять по следующим формулам:

для изгибаемых элементов

 (64)

для центрально растянутых элементов

 (65)

для внецентренно растянутых и внецентренно сжатых элементов при больших эксцентриситетах

 (66)

для внецентренно растянутых элементов при малых эксцентриситетах:

для арматуры *S*

 (67)

для арматуры **

 (68)

В формуле (66) знак „плюс" принимается при внецентренном растяжении, „минус" — при внецентренном сжатии.

В формулах (64) и (66) z (плечо внутренней пары сил) допускается принимать по результатам расчета сечений на прочность при расчетных нагрузках.

**6.10**. Допускаемую ширину раскрытия трещин  мм. следует определять по СНиП 2.03.11-85, а для массивных напорных конструкций принимать не более величин, приведенных в табл. 18, 19 и 20 по условиям коррозионной стойкости, сохранности арматуры и по влиянию процессов замораживания и оттаивания.

Для сооружений II-IV классов предельная ширина раскрытия трещин определяется умножением полученных по таблицам значений  мм. на коэффициенты, равные соответственно 1,3; 1,6; 2,0. При этом ширина раскрытия трещин принимается не более 0,5 мм.

Приведенные в таблицах 18, 19, 20 значения принимаются с учетом применения арматуры классов А-I, А-II, А-III, Bp-I. При применении арматуры других классов предельная ширина раскрытия трещин принимается в соответствии со СНиП 2.03.01-84. но не более величин, полученных по настоящим таблицам.

Таблица 18

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Гидрокарбонатная щелочность воды *W.* мг экв/л | Допускаемая ширина раскрытия трещин , мм, в сооружениях I класса по условию коррозионной стойкости | Максимальное значение В/Ц бетона при напоре II, м |
|  |  | 10 | 50 | 200 |
| До 0,25 включ. | Не допускается | 0,50 | 0,48 | 0,45 |
| 0,4 | 0,05 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| 0,4 | 0,10 | 0,48 | 0,45 | 0,42 |
| 0,8 | 0,05 | 0,63 | 0,48 | 0,52 |
| 0,8 | 0,10 | 0,59 | 0,55 | 0,50 |
| 0,8 | 0,15 | 0,56 | 0,52 | 0,48 |
| 0,8 | 0,20 | 0,54 | 0,50 | 0,46 |
| 0,8 | 0,25 | 0,52 | 0,49 | 0,45 |
| 0,8 | 0,35 | 0,50 | 0,47 | 0,44 |
| 0,8 | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,43 |
| 1,6 | 0,05 | 0,70 | 0,69 | 0,64 |
| 1,6 | 0,10 | 0,70 | 0,66 | 0,62 |
| 1,6 | 0,15 | 0,68 | 0,64 | 0,60 |
| 1,6 | 0,20 | 0,66 | 0,62 | 0,58 |
| 1,6 | 0,25 | 0,64 | 0,60 | 0,57 |
| 1,6 | 0,35 | 0,62 | 0,58 | 0,55 |
| 1,6 | 0,50 | 0,60 | 0,56 | 0,53 |
| 2,4 | 0,05 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| 2,4 | 0,10 | 0,70 | 0,70 | 0,69 |
| 2,4 | 0,15 | 0,70 | 0,70 | 0,66 |
| 2,4 | 0,25 | 0,70 | 0,66 | 0,62 |
| 2,4 | 0,35 | 0,68 | 0,64 | 0,60 |
| 2,4 | 0,50 | 0,66 | 0,62 | 0,59 |
| 3,2 и больше | Не ограничивается |

Таблица 19

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия воздействия среды на конструкцию | Градиент напора *l* | Допускаемая ширина раскрытия трещин  мм, в сооружениях I класса по условию сохранности арматуры, при суммарной концентрации ионов (Cl') +0,25(SO4") в водной среде, мг/л |
|  |  | менее 50 | 100 | 200 | 400—1000 |
| Постоянное водонасыщение | До 5 | 0,50 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
|  | 50 | 0,45 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
|  | 300 | 0,40 | 0,30 | 0,25 | 0,20 |
| Периодические насыщения водой при числе циклов в год: |  |  |  |  |  |
| Менее 100 | До 5 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 |
|  | 50 | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
|  | 300 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |
| 200-1000 | До 5 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
|  | 50 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |
|  | 300 | 0,20 | 0,10 | 0,10 | 0,05 |
| Капиллярный подсос, брызги | - | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |

При бикарбонатной щелочности воды среды, меньшей 1 мг/экв/л или суммарной концентрации ионов С1' и SO4, большей 1000 мг/л. значения  следует уменьшать в два раза. При среднегодовом значении бикарбонатной щелочности воды-среды, меньшей 0,25 мг/экв/л, и при отсутствии защитных мероприятий напорные конструкции следует проектировать трещиностойкими.

Таблица 20

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетное число циклов заморажива­ния | Марка бетона по морозо­стойкости | Допускаемая ширина раскрытия трещин .  мм, в сооружениях I класса по условию замораживания и оттаивания |
|  |  | В пресной воде в зоне припая льда при температуре воздуха, 0С | На воздухе в зоне капиллярного поднятия воды при температуре воздуха,0С |
|  |  | -9±4 | -19±5 | -30±5 | -9±4 | -19±5 | -30±5 |
| 50 | F 50 | 0,05 | 0 | 0 | 0,15 | 0,10 | 0 |
|  | F 100 | 0,10 | 0,05 | 0 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
|  | F200 | 0,20 | 0,15 | 0,05 | 0,30 | 0,25 | 0,15 |
|  | F 300 | 0,30 | 0,25 | 0,15 | 0,40 | 0,30 | 0,20 |
|  | F400 | 0,30 | 0,30 | 0,20 | 0,50 | 0,40 | 0,25 |
| 100 | F 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,10 | 0 |
|  | F 100 | 0,05 | 0 | 0 | 0,15 | 0,15 | 0 |
|  | F200 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,25 |  | 0,10 |
|  | F 300 | 0,25 | 0,20 | 0,10 | 0,35 | 0,25 | 0,15 |
|  | F400 | 0,30 | 0,25 | 0,15 | 0,40 | 0,30 | 0,20 |
| 200 | F 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | F 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | F200 | 0,10 | 0,05 | 0 | 0,20 | 0,10 | 0,05 |
|  | F 300 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
|  | F400 | 0,30 | 0,15 | 0,10 | 0,35 | 0,25 | 0,15 |
| 300 | F 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | F 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | F200 | 0,05 | 0 | 0 | 0,15 | 0,05 | 0 |
|  | F 300 | 0,15 | 0,05 | 0 | 0,25 | 0,10 | 0,05 |
|  | F400 | 0,25 | 0,10 | 0,05 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |

Значения  при использовании защитных мероприятий следует устанавливать на основании специальных исследований.

При диаметрах арматуры 40 мм и более значение  допускается увеличивать на 25 %.

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ**

**6.11.** Деформации железобетонных конструкций, а также усилия в элементах статически неопределимых конструкций определяются методами строительной механики с учетом трещин и неупругих свойств бетона.

При сложных статичсски неопределимых системах допускается определять перемещения по формулам сопротивления материалов.

**6.12.** При кратковременном действии нагрузки жесткость изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов следует определять по формулам: для трещиностойких элементов или их участков

**** (69)

для нетрещиностойких элементов или их участков

**** (70)

Для определения жесткости нетрещиностойких участков изгибаемых элементов прямоугольного поперечного сечения допускается использовать зависимость и номограмму, приведенные в справочном приложении 4.

**6.13.** При одновременном действии кратковременных и длительных нагрузок жесткость изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов следует определять по формулам:

для трещиностойких элементов или их участков

**** (71)

для нетрещиностойких элементов или их участков

 (72)

где С — обобщенное усилие от длительно действующих нагрузок;

*V —* обобщенное усилие от кратковрсменно действующих нагрузок:

* —* коэффициент снижения жесткости. Для тавровых сечений с полкой в сжатой зоне ** = 1,5, в растянутой зоне ** = 2,5, для прямоугольных, двутавровых, коробчатых и других замкнутых сечений ** = 2.

7. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ВЛАЖНОСТНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

**7.1.** Учет температурных воздействий следует производить:

а) при расчете бетонных конструкций по прочности в соответствии с п. 5.1, а также при расчете их по образованию (недопущению) трещин в случаях, когда нарушение монолитности этих конструкций может изменить статическую схему их работы, вызвать дополнительные внешние силовые воздействия или увеличение противодавления, привести к снижению водонепроницаемости и долговечности конструкции:

б) при расчете статически неопределимых железобетонных конструкций, а также при расчете железобетонных конструкций по образованию (недопущению) трещин в случаях, указанных в п. 6.1;

в) при определении деформаций и перемещении элементов сооружений для назначения конструкций температурных швов и противофильтрационных уплотнений;

г) при назначении температурных режимов, требуемых по условиям возведения сооружения и нормальной его эксплуатации;

д) при расчете тонкостенных железобетонных элементов непрямоугольного сечения (тавровые. кольцевые). контактирующих с грунтом.

Температурные воздействия допускается не учитывать в расчетах тонкостенных конструкций, если обеспечена свобода перемещений этих конструкций.

**7.2.** При расчете бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать температурные воздействия эксплуатационного и строительного периодов. К температурным воздействиям эксплуатационного периода относятся климатические колебания температуры наружного воздуха, воды в водоемах и эксплуатационный подогрев (или охлаждение) сооружения.

Температурные воздействия строительного периода определяются с учетом экзотермии и других условий твердения бетона, включая конструктивные и технологические мероприятия по регулированию температурного режима конструкции, температуры замыкания строительных швов, полного остывания конструкции до среднемноголетних эксплуатационных температyp, колебаний температуры наружного воздуха и воды в водоемах.

Конкретный перечень температурных воздействий, учитываемых в расчетах бетонных и железобетонных конструкций основных видов гидротехнических сооружений, должен устанавливаться нормами на проектирование соответствующих видов сооружений.

**7.3.** В расчетах бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений на температурные воздействия при соответствующем обосновании допускается учитывать тепловое влияние солнечной радиации.

**7.4.** Учет влажностных воздействий при расчете бетонных и железобетонных конструкций должен быть обоснован в зависимости от возможности развития усадки или набухания бетона этих конструкций.

Допускается не учитывать усадку бетона в расчетах:

массивных конструкций;

тонкостенных конструкций, находящихся под водой, контактирующих с водой или засыпанных грунтом, если были предусмотрены меры по предотвращению высыхания бетона в период строительства.

**7.5.** Температурные и влажностные поля конструкций рассчитываются методами строительной физики с использованием основных положений, принятых для нестационарных процессов.

**7.6.** Данные о температуре и влажности наружного воздуха и другие климатологические характеристики должны приниматься на основе метеорологических наблюдений в районе строительства. При отсутствии таких наблюдений необходимые сведения следует принимать по СНиП 2.01.01-82 и по официальным документам Государственной гидрометеорологической службы.

Температура воды в водоемах должна определяться на основе специальных расчетов и по аналогам.

**7.7.** Для сооружений I класса теплофизические характеристики бетона устанавливаются на основании специальных исследований. Для сооружений других классов и при предварительном проектировании сооружений I класса указанные характеристики бетона допускается принимать по табл. 1 и 2 рекомендуемого приложения 2.

**7.8.** Деформативные характеристики бетона, необходимые для расчета термонапряженного состояния конструкций, допускается принимать:

начальный модуль упругости бетона. МПа, в возрасте менее 180 сут — по формуле

 (73)

где  *—* безразмерный параметр, принимаемый по табл. 3 рекомендуемого приложения 2;

***t*** *—* возраст бетона, сут;

начальный модуль упругости бетона в возрасте 180 сут и более следует принимать а соответствии с п. 2.15.

Характеристики ползучести бетона следует принимать по табл. 4 рекомендуемого приложения 2.

Для сооружений I класса деформативные характеристики бетона следует уточнять исследованиями на образцах из бетона производственного состава.

**7.9.** Расчет бетонных и железобетонных конструкций по образованию (недопущению) температурных трещин следует производить по формулам:

***а)*** при проверке образования трещин и определении их размеров

 (74)

Для образования поверхностной трещины необходимо, чтобы условие (74) выполнялось в пределах зоны растяжения, глубина которой в направлении, перпендикулярном поверхности, была бы не менее 1,3*dmax,* где *dmax —* максимальный размер крупного заполнителя бетона;

б) при недопущении трещин в конструкциях, рассчитываемых по второй группе предельных состояний,

 (75)

в) при недопущении трещин в конструкциях, рассчитываемых по первой группе предельных состояний,

 (76)

где *Rbtn и Rbt* соответственно нормативное и расчетное сопротивления бетона на осевое растяжение, определяемые в соответствии с п. 2.11;

*—* коэффициент перехода от нормативного сопротивления бетона на осевое растяжение к средней прочности на осевое растяжение бетона производственного состава, определяемый в соответствии с п. 7.10;

* —* коэффициент, учитывающий зависимость прочности бетона на осевое растяжение от возраста *t* и принимаемый в соответствии с п. 7.11;

*Eb(t) —* модуль упругости бетона, определяемый в соответствии с п. 7.8:

 — коэффициент условий работы, равный, для массивных сооружений - 1,1 для остальных - 1,0:

*A(t) —* работа растягивающих напряжений на соответствующей разности полных и вынужденных температурных деформаций в бетоне:

 (77)

где  — текущее время;

T() — температура бетона в момент времени ;

 — температурный коэффициент линейного расширения бетона:

e() — деформации бетона, определенные с учетом переменных во времени модуля упругости и ползучести бетона;

 — растягивающие напряжения в бетоне:

при

 при

где  *-* напряжения в бетоне, определенные с учетом переменных во времени модуля упругости и ползучести бетона.

**7.10.** Коэффициент определяется по формуле

** (78)

где u—коэффициент, зависящий от установленной обеспеченности *q* гарантированной прочности бетона и равный 1,64 при *q =* 0,95 и 1,28 при *q =* 0,90;

*v —* коэффициент вариации прочности бетона производственного состава.

В проектах бетонных и железобетонныx конструкций гидротехнических сооружений следует принимать *v =* 0,135 при *q =* 0,95, *v* = 0,17 при *q =* 0,90.

**7.11.** Значение  в зависимости от возраста бетона следует принимать для строительного периода по табл. 5 рекомендуемого приложения 2, для эксплуатационного периода, как правило, равным 1,0.

Для сооружений I и II классов коэффициент  следует уточнять исследованиями на крупномасштабных образцах из бетона производственного состава.

**7.12.** Для сооружений I и II классов в технико-экономическом обосновании, а для сооружений III и IV классов - во всех случаях допускается расчет по образованию (недопущению) трещин от температурных воздействий производить по формуле

 (79)

где  *-* температурные напряжения в момент времени *t,*

— коэффициент, определяемый согласно указаниям п. 5.3;

*elim* предельная растяжимость бетона, определяемая по табл. 6 рекомендуемого приложения 2;

* —* коэффициент, учитывающий зависимость *elim* от возраста бетона, определяемый по табл. 7 рекомендуемого приложения 2.

При определении коэффициента значения следует принимать равными длине участка эпюры растягивающих напряжений в пределах блока. В расчетах по формуле (79) следует принимать  = 1 при см или при наличии на участке эпюры растягивающих напряжений зоны с нулевым градиентом напряжений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

*Справочное*

**ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

**Усилия от внешних нагрузок и воздействий в поперечном сечении элемента**

*М —* изгибающий момент;

*N —* продольная сила;

*Q —* поперечная сила.

**Характеристики материалов**

*rb ,Rb,ser —* расчетные сопротивления бетона осевому сжатию соответственно для предельных состояний первой и второй групп;

*Rbt,,Rbt,ser —* расчетные сопротивления бетона осевому растяжению соответственно для предельных состояний первой и второй групп;

*Rs, Rs,ser —* расчетные сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний первой и второй групп;

*Rsw —* расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению для предельных состояний первой группы при расчете сечений, наклонных к продольной оси элемента;

*Rsc —* расчетное сопротивление арматуры сжатию для предельных состояний первой группы;

*Eb —* начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении;

*Еs —* модуль упругости арматуры;

 — отношение соответствующих модулей yпpугости арматуры *Es* и бетона *Eb.*

**Характеристики положения продольной арматуры в поперечном сечении элемента**

*S —* обозначение продольной арматуры:

а) для изгибаемых элементов — расположенной в зоне, растянутой от действия внешних усилий;

б) для сжатых элементов — расположенной в зоне, растянутой от действий усилий или у наименее сжатой стороны сечения;

в) для внецентренно растянутых элементов—наименее удаленной от точки приложения внешней продольной оси;

г) для центрально растянутых элементов — всей в поперечном сечении элемента;

*S'—* обозначение продольной арматуры:

а) для изгибаемых элементов — расположенной в зоне, сжатой от действия внешних усилий;

б) для сжатых элементов — расположенной в зоне, сжатой от действия внешних усилий или у наиболее сжатой стороны сечения;

в) для внецентренно растянутых элементов — наиболее удаленном от точки приложения внешней продольной силы.

**Геометрические характеристики**

*b —* ширина прямоугольного сечения, ширина ребра таврового или двутаврового сечения;

*h —* высота прямоугольного, таврового или двутаврового сечения;

*a*,*а'—* расстояние от равнодействующей усилий соответственно в арматуре *S и S'* до ближайшей грани сечения;

*ho, h’0*  —рабочая высоте сечения *(h0=h-a;h0’=h-a****’****)*

x— высота сжатой зоны сечения (бетона).•

 —относительная высота сжатой зоны бетона, равная x/h0;

*s —* расстояние между хомутами, измеренное по длине элементов;

e0 — эксцентриситет продольной силы *N* относительно центра тяжести приведенного сечения;

е,e *—* расстояние от точки приложения продольной силы соответственно до равнодействующей усилий в арматуре *S* и *S;*

*d —* номинальный диаметр арматурных стержней;

*А* ***—*** площадь всего бетонав поперечном сечении;

*Аb —* площадь сечения сжатой зоны бетона:

*Ared* — площадь приведенного сечения элемента;

*Аs ,As -* площадь сечений арматуры соответственно *S* и *S',*

*Asw* - площадь сечения хомутов, расположенных в одной нормальной к продольной оси элемента плоскости, пересекающей наклонное сечение;

*Аs,inc* —площадь сечения отогнутых стержней, расположенных в одной наклонной к продольной оси элемента плоскости, пересекающей наклонное сечение:

*I* - момент инерции сечения бетона относительно центра тяжести сечения элемента;

*Ired* - момент инерции приведенного сечения элемента относительно его центра тяжести;

*Is —* момент инерции площади сечения арматуры относительно центра тяжести сечения элемента;

*Ib* — момент инерции сжатой зоны бетона относительно центра тяжести сечения;

*Sb —* статический момент площади сечения сжатой зоны бетона относительно точки приложения равнодействующей усилий в арматуре *S;*

*Ss Ss -* статические моменты площади сечения всей продольной арматуры относительно точки приложения равнодействующей усилий соответственно в арматуре *S* и *S.*

**Коэффициенты**

*—* сочетаний нагрузок;

** - надежности по назначению сооружения;

* -* условий работы сооружения;

** - условий работы бетона;

* -* условий работы арматуры;

* -* армирования, определяемый как отношение площади сечения арматуры *S* к площади поперечного сечении элемента bh0*,* без учета свесов сжатых и растянутых полок.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

***Рекомендуемое***

**ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА ДЛЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Таблица 1

**Теплофизические характеристики бетона**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристик» бетона | Буквенное обозначе­ние | Размерность | Значение |
| Температурный коэффициент линейного расширения |  | 0С-1 | 110-5- |
| Теплопроводность |  | Вт/(м0С)ккал.(мч0С) | 2,672,3 |
| Температуропровод­ность | *aT* | м2/cм2/ч | 1110-7410-3 |
| Удельная теплоемкость | ***Cb*** | кДж/ (кг°C)ккал/(кг 0С) | 1 0,24 |
| Коэффициент теплоотдачи с открытой поверхности бетона: |  | Вт/(м2°С)ккал/(м2 ч 0С) |  |
| в наружный воздух |  |  | 2420 |
| в воздух внутри полых швов, шахт, шатров |  |  | 7-125-10 |
| в воду |  |  |  |

Примечание Размерности значения характеристик бетона приведены : над чертой в единицах СИ, под чертой в действовавших системах (технической системы единиц).

**Таблица 2**

**Характеристики тепловыделения бетона**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип цемента | Марка цемента | Тепловыделение бетона, кДж/ккал, на 1 кг цемента в возрасте бетона, сут |
|  |  | 3 | 7 | 28 | 90 |
| Портландцемент | 300 | 210/50 | 250/60 | 295/70 | 300/72 |
|  | 400 | 250/60 | 295/70 | 345/82 | 355/85 |
|  | 500 | 295/70 | 335/80 | 385/92 | 400/95 |
| Пуццолановый портландцемент, шлако-портландцемент | 300400 | 175/42210/50 | 230/55265/63 | 270/65320/77 | 280/67335/80 |

Таблица **3**

**Параметр ****

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Осадка конуса бетонной смеси, см | Макси­маль­ный размер крупно­го заполните­ля, мм |  при классе бетона по прочности на сжатие |
|  |  | В5 | B7,5 | B10 | B12,5 | B15 | B20 | B25 | B30 | B35 | B40 |
| До 4 | 40  | 27 | 37 | 45 | 54 | 62 | 77 | 90 | 106 | 125 | 146 |
|  | 80 | 32 | 44 | 56 | 67 | 77 | 98 | 116 | 133 | 153 | 180 |
|  | 120 | 37 | 52 | 67 | 77 | 90 | 116 | 139 | 162 | 191 | 216 |
| 4-8 | 40 | 20 | 28 | 35 | 41 | 47 | 58 | 69 | 80 | 94 | 115 |
|  | 80 | 25 | 37 | 42 | 50 | 58 | 72 | 86 | 102 | 120 | 139 |
|  | 120 | 29 | 40 | 50 | 60 | 69 | 86 | 102 | 116 | 132 | 154 |
| Св.8 | 40 | 11 | 15 | 19 | 23 | 26 | 35 | 42 | 50 | 62 | 74 |
|  | 80 | 15 | 19 | 24 | 29 | 33 | 42 | 52 | 60 | 72 | 86 |
|  | 120 | 17 | 24 | 29 | 35 | 40 | 50 | 60 | 69 | 83 | 98 |

Таблица **4**

**Характеристики ползучести бетона**

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст загружения, сут | Мера ползучести бетона с (*t*,*)*105, Мпа-1, при длительности загружения *(t* — ),сут |
|  | 0 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 1500 |
| 0,125 | 0 | 0,90 | 16,00 | 20,00 | 24,00 | 27,00 | 31,00 | 32,00 | 32,00 |
| 10 | 0 | 1,10 | 1,76 | 2,23 | 2,67 | 3,06 | 3,48 | 3,60 | 3,60 |
| 30 | 0 | 0,85 | 1,41 | 1,80 | 2,18 | 2,52 | 2,89 | 3,00 | 3,00 |
| 112 | 0 | 0,50 | 0,80 | 1,18 | 1,45 | 1,70 | 1,92 | 1,98 | 1,98 |
| 205 | 0 | 0,35 | 0,67 | 0,88 | 1,09 | 1,26 | 1,42 | 1,46 | 1,46 |
| 512 | 0 | 0,21 | 0,46 | 0,65 | 0,80 | 0,91 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |
| 1500 | 0 | 0,21 | 0,46 | 0,65 | 0,80 | 0,91 | 0,98 | 1,00 | 1,00 |

Таблица 5

**Коэффициент **

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст достижения бетоном прочности по классу на сжатие, сут | Коэффициент при возрасте бетона, сут |
|  | 3 | 7 | 14 | 28 | 45 | 90 | 180 | 360 |
| 180 | 0,31 | 0,47 | 0,62 | 0,78 | 0,85 | 0,93 | 1,00 | 1,07 |
| 360 | 0,29 | 0,44 | 0,59 | 0,72 | 0,80 | 0,86 | 0,93 | 1,00 |

**Таблица 6**

**Предельная растяжимость бетона**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Осадка конуса, см | Максима­льный размер крупного заполнителя | Предельная растяжимость бетона *elim* 105 при классе бетона по прочности на сжатие |
|  |  | В5 | B7,5 | B10 | B12,5 | B15 | B20 | B25 | B30 | ВЗ5 | B40 |
| До 4 | 40 | 3,5  | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
|  | 80 | 3,0 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |
|  | 120 | 2,7 | 3,0 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 4,2 | 4,7 | 5,2 | 5,7 | 6,2 |
| 4-8 | 40 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 4,7 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 |
|  | 80 | 3,5 | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
|  | 120 | 3,2 | 3,5 | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 4,7 | 5,2 | 5,7 | 6,2 | 6,7 |
| Св. 8 | 40  | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 7,0 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,5 |
|  | 80 | 5,0 | 5,2 | 5,4 | 5,6 | 5,8 | 6,2 | 6,6 | 7,0 | 7,5 | 7,8 |
|  | 120 | 4,5 | 4,7 | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 5,8 | 6,2 | 6,7 | 7,0 | 7,5 |

**Таблица 7**

**Коэффициент** 

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст бетона, сут |  при классе бетона по прочности на сжатие в возрасте180 сут |
|  | В5 | B7,5 | B10 | В12,5 | В15 | B20 | B25 | B30 | В35 | B40 |
| 3 | 0,94 | 0,89 | 0,84 | 0,80 | 0,76 | 0,71 | 0,66 | 0,63 | 0,61 | 0,60 |
| 7 | 0,95 | 0,90 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0,76 | 0,73 | 0,71 | 0,70 | 0,70 |
| 14 | 0,96 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,84 | 0,81 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,77 |
| 28 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,86 |
| 45 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,91 | 0,91 |
| 90 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| 180 и больше | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

 *Обязательное*

**НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА *k* ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАВРОВОГО, ДВУТАВРОВОГО И КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЙ**

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

***Справочное***

**НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ НЕТРЕЩИНОСТОЙКИХ УЧАСТКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ, РАССЧИТЫВАЕМЫХ ПО РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН**

 (1)

где *l0* — момент инерции сечения элемента с высотой h0.