СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

**БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПЛОТНОГО СИЛИКАТНОГО БЕТОНА**

**СНиП 2.03.02-86**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ СССР

РАЗРАБОТАНЫ ВНИИстромом им. П. П. Будникова Минстройматериалов СССР (д-р техн. наук, проф. *В. М*. *Гусаков —* руководитель темы; кандидаты техн. наук *Е. П. Розовский*, *И. A. Нисканен*, *А. С.Бычков; И. А. Харичев)* с участием ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР (кандидаты техн. наук *П.Г.Лабозин -* руководитель темы и *В. А. Камейко; Л. М. Ломова),* НИИСК Госстроя СССР (кандидаты техн. наук *В.И.* *Скатынский —* руководитель темы, *В. А. Критов, Л. Н. Шевелева),* НИПИсиликатобетона Минстройматериалов СССР (канд. техн. наук *Э. И. Рохумяги -* руководитель темы; *М. Э. Кангерт, М. М. Планкен),* НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн. наук *А.* *С.* *3алесов —* руководитель темы; канд. техн. наук *Л. К. Руллэ).* ЦНИИпромзданий Госстроя СССР *(И. К. Никитин).*

ВНЕСЕНЫ Минстройматериалов СССР.

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

С введением в действие СНиП 2.03.02-86 „Бетонные и железобетонные конструкции из плотного силикатного бетона" с 1 января 1988 г. утрачивает силу Инструкция по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из плотного силикатного батона (СН 165-76).

*При пользовании нормативными* *документами 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 в информационном указателе “Государственные стандарты СССР” Госстандарта СССР.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Государственный  строительный | Строительные нормы и  правила | СНиП 2.03.02-86 |
| комитет СССР  (Госстрой СССР) | Бетонные и железобетонные конструкции из плотного силикатного бетона | Взамен  СН 165-76 |

Настоящие нормы и правила распространяются на проектирование бетонных и железобетонных конструкций, изготовляемых из плотного силикатного бетона на плотных заполнителях по ГОСТ 25214—82 и предназначенных для работы в условиях систематического воздействия температуры не выше 50 и не ниже минус 70 °С.

Нормы устанавливают требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций, изготовляемых из такого бетона средней плотности (в высушенном до постоянной массы состоянии) 1700 кг/м3 и более в соответствии с указаниями СН 529—80 и применяемых для строительства производственных и вспомогательных зданий и сооружений промышленных и сельскохозяйственных предприятий, жилых и общественных зданий.

Положения данных норм соответствуют СТ СЭВ 384-76.

При проектировании конструкций из указанного бетона, предназначенных для работы в особых условиях эксплуатации (при сейсмических воздействиях, в среде с агрессивной степенью воздействия на бетонные и железобетонные конструкции, в условиях повышенной влажности и т. п.) необходимо соблюдать дополнительные требования, предъявляемые к таким конструкциям соответствующими нормативными документами.

По показателям прочности бетона приняты классы бетона по прочности на сжатие в соответствии с СТ СЭВ 1406-78.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Внесены Минстройматериалов СССР | Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 31 января 1986 г. № 78 | Срок введения в действие  1 января  1988 г. |

**1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**1.1.** Бетонные и железобетонные конструкции из плотного силикатного бетона следует проектировать в соответствии с основными положениями СНиП 2.03.01-84 и с учетом указаний настоящих норм.

**1.2.** Конструкции из плотного силикатного бетона следует применять в зависимости от влажностного режима эксплуатации и степени агрессивности среды зданий и сооружений (см. п. 1.3):

в неагрессивных средах или при воздействии агрессивных газов группы А — независимо от влажностного режима эксплуатации конструкций;

при воздействии газовых (кроме газов группы А) или твердых агрессивных сред — при относительной влажности внутреннего воздуха помещений до 75 % или в сухой и нормальной зонах влажности;

при воздействии неагрессивных и агрессивных вод — в безнапорных сооружениях.

**1.3.** Влажностный режим эксплуатации конструкций характеризуется:

в отапливаемых зданиях — относительной влажностью внутреннего воздуха помещений;

в неотапливаемых зданиях, а также в сооружениях, находящихся на открытом воздухе, — климатическими районами строительства согласно СНиП 2.01.01-82.

Степень агрессивности воздействия газовых и твердых сред на конструкции из плотного силикатного бетона следует определять согласно СНиП 2.03.11-84, а степень агрессивности воздействия жидких сред — по табл. 1 настоящих норм.

**1.4.** При проектировании конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, необходимо предусматривать их защиту в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-84, причем приведенные в указанных нормах требования к ширине раскрытия трещин, толщине защитного слоя бетона и плотности бетона учитывать не следует, а степень агрессивного воздействия сред должна определяться согласно указаниям п. 1.3 настоящих норм.

**1.5.** Защита арматуры от коррозии предусматривается в зависимости от условий эксплуатации конструкций;

при относительной влажности внутреннего воздуха до 60 % или в сухой зоне влажности специальных мер по защите арматуры от коррозии предусматривать не следует;

при относительной влажности внутреннего воздуха свыше 60 до 75% или в нормальной зоне влажности, как правило, необходимо принимать меры к обеспечению сохранности арматуры в бетоне (увеличение марок бетона по плотности на одну ступень по сравнению с приведенными в п. 2.5 настоящих норм или нанесение на поверхность конструкции паронепроницаемого покрытия);

при относительной влажность внутреннего воздуха свыше 75 % или во влажной зоне, а также при наличии агрессивных сред и усиленном воздействии атмосферных осадков и отрицательных температур арматуру необходимо защищать от коррозии латексно-минеральным покрытием. Допускается предусматривать другие виды покрытий после специальной проверки их технологических и защитных свойств и сцепления арматуры с бетоном.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Степень агрессивного воздействия сред на конструкции | | |
| Признаки агрессивности  жидких сред | неагрес­сивная | слабо-агрессивная | средне- и сильноаг­­­ рессивная |
| 1.Общекислотная агрессивность, водородный показатель рН | Св. 4 | От 1 до 4 | До 1 |
| 2.Содержание магнезиальных со­лей (магнезиальная агрессив­ность), концентрация ионов Mg2+, г/м3 | До 300 | От 300 до 500 | Св. 500 |
| 3. Содержание свободной (агрес­сивной углекислоты (углекис­лотная агрессивность) СО2, г/м3 | До 20 | От 20 до 50 | Св. 50 |
| 4. Щелочная агрессивность, кон­центрация едких щелочей в расчете на Na+ + К+, кг/м3 | До 100 | 0т 100 до 150 | Св. 150 |
| 5. Содержание сульфатов (суль­фат­ная агрессивность) в перес­чете на ионы SO2-4, кг/м3 | До 10 | От 10 до 20 | Св. 20 |

П р и м е ч а н и я: 1. Жидкая среда считается слабоагрессивной, если глубина разрушения бетона за 50 лет не превышает 2 см.

2. Нормы агрессивности жидких сред в настоящей таблице приняты для интервала температур среды от 0 до 25°С. При температуре среды вне пределов данного интервала заключение об агрессивности вод дается на основе результатов специальных исследований.

3. Проточные и непроточные пресные воды (мягкие и жесткие) по отношению к плотному силикатному бетону являются неагрессивными.

4. При неполном погружении (в условиях капиллярного подсоса воды) или периодическом воздействии растворов едких щелочей или сульфатных растворов с концентрацией сульфат-ионов свыше 600 г/м3 т. е. при возможности накопления в порах бетона солей, оказывающих разрушающее действие на бетон, среда является сильноагрессивной по отношению к плотному силикатному бетону.

5. При содержании в воде веществ, не предусмотренных настоящей таблицей, степень агрессивности воздействия среды следует устанавливать на основе результатов специальных исследований.

**1.6.** При проектировании конструкций, систематически подвергающихся воздействию атмосферных осадков (плит балконов, лоджий, карнизов, парапетов и т. п.), следует предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие постоянный отвод воды с этих конструкций и исключающие затекание воды на нижнюю поверхность.

**1.7.** В наружных ограждающих конструкциях, на внутренней поверхности которых допускается конденсация водяного пара или внутренние поверхности которых по технологическим условиям производства омываются водой (например, в банях), необходимо предусматривать устройство с внутренней стороны водонепро­ницаемого слоя согласно требованиям СНиП II-3-79.

**ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

**1.8.** При проектировании конструкций из плотного силикатного бетона необходимо соблюдать основные расчетные требования СНиП 2.03.01-84, а при проектировании элементов стен с двух- и многорядной разрезкой — требования СНиП II-22-81.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

**К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**1.9.** Предельные значения предварительного напряжения *σsp* и *σ′sp* соответственно в напрягаемой арматуре *S* и *S*′′следует назначать с учетом допустимых отклонений *р* значения предварительного напряжения таким образом, чтобы для стержневой и проволочной арматуры выполнялись условия:

*σsp* + *p * и *σsp -*. (1)

Значение *р,* МПа, при механическом способе натяжения арматуры принимается равным 0,05р, а при электротермическом и электро- термомеханическом способах определяется по формуле

*р* = 30 + , (2)

где *а ⎯* величина, принимаемая равной 360 при неавтоматизированном способе натяжения арматуры и 90 − при автоматизированном;

*l* ⎯ длина натягиваемого стержня (расстояние между наружными гранями упоров), м.

**1.10.** Значения напряжений *σcon1*и *σ′con1* соответственно в напрягаемой арматуре *S* и S′, контролируемые по окончании натяжения на упоры, принимаются равными *σsp*è *σ′sp* (см. п. 1.9) за вычетом потерь по поз. 3 и 4 табл. 2 настоящих норм.

Значения напряжений в напрягаемой арматуре *S* и *S′,* контролируемые в месте приложения натяжного усилия при натяжении арматуры на затвердевший бетон, принимаются равными соответственно σcon2 и σ′con2 определяемым по формулам (3) и (4) СНиП 2.03.01-84.

**1.11.** При расчете предварительно напряженных элементов следует учитывать потери предварительного напряжения арматуры.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Факторы, вызывающие потери предварительного напряжения арматуры | Обоз­наче­ния | Значение потерь предварительного напряжения, МПа, при натяжении арматуры | |
|  |  | на упоры | на бетон |
| **А. Первые потери** | | | |
| 1. Релаксация напряже­ний арматуры: при механи­ческом способе натя­же­ния: | *σ1* |  |  |
| а) проволочной |  |  | − |
| б) стержневой |  |  | − |
| при электротермических и электротермомеха­ни­чес­ких способах натяжеения стержневой арматуры |  | Здесь σsp прини­ма­ется без учета потерь, МПа. Если вычис­лен­ные значения потерь окажутся отрица­тель­ными, их следует принимать равными нулю | − |
| 2. Автоклавная обра­ботка изделий | *σ2* | 20 | − |
| 3. Деформация анкеров, расположенных у натяж­ных устройств | *σ3* | Принимаются по поз. 3 табл. 5 СНиП 2.03.01-84 | Принима­ются по поз. 3 табл.5 СНиП 2.03.01-84 |
| 4. Трение арматуры:  а) о стенки каналов или о поверхность бетона конст­рукций | *σ4* | − | Принимают­ся по поз. 4а табл. 5 СНиП 2.03.01-84 |
| 6) об огибающие прис­пособления | *σ′4* | Принимаются по поз. 4б табл. 5 СНиП 2.03.01-84 | − |
| 5. Деформация стальных форм при неодновре­менном натяжении арма­турных стержней | *σ5* | Принимаются по поз. 5 табл. 5 СНиП 2.03.01-84 | − |
| 6. Быстронатекающая ползучесть бетона | *σ6* | , | − |
|  |  | где  α0 − коэффициент определяемый по формуле  ;  *σbp−*определяется cогласно пп. 1.27 и 1.28 СНиП 2.03.01-84 на уровне центра тяжести площадей сечения про дольной арматуры *S* *и S′* c учетом потерь по поз. 1 - 5 настоящей таблицы;  *Rbn−* принимается по табл. 8 настоящих норм |  |
| ***Б.* Вторые потери** | | | |
| 7. Релаксация напря­жений арматуры | *σ7* | \_ | Принимают­ся по поз. 7 табл. 5 СНиП 2.03.01-84 |
| 8. Усадка бетона (см. п.1.12 настоящих норм) | *σ8* | 30 | 30 |
| 9. Ползучесть бетона | *σ9* | где  *μs, p1,Φ −* коэффици­енты, определяемые в соответствии с указаниями п.1.13 настоящих норм;  *σ*6 − потери, прини­маемые по поз. 6 настоящей таблицы;  *σbp−* см. поз. 6 настоящей таблицы |  |
| 10. Деформация обжатия стыков между блоками (для конструкций, со стоящих из блоков) | *σ10* | − | Принимают­ся no поз. 11 табл. 5 СНиП 2.03.01-84 |

П р и м е ч а н и е. Потери предварительного напряжения в напрягаемой арматуре *S′* определяются так же, как и в арматуре *S.*

*При натяжении арматуры на упоры следует учитывать потери:*

а) первые − от деформации анкеров, трения арматуры об огибающие приспособления, от релаксации напряжений арматуры, температурного перепада, деформации форм (при натяжении арматуры на формы), автоклавной обработки, быстронатекающей ползучести бетона, проявляющейся в процессе обжатия;

б) вторые − от усадки и ползучести бетона.

*При натяжении арматуры на бетон следует учитывать потери:*

а) первые − от деформации анкеров, трения арматуры о стенки или о поверхность конструкции;

б) вторые − от релаксации напряжений в арматуре, усадки и ползучести бетона, смятия бетона под витками арматуры, деформации стыков между блоками (для конструкций, состоящих из блоков).

Потери предварительного напряжения арматуры следует определять по табл. 2 настоящих норм. При наличии специальных опытных данных эти потери допускается принимать по результатам опытов.

Суммарную величину потерь при проектировании конструкций необходимо принимать не менее 100 МПа.

**1.12.** При определении потерь предварительного напряжения от усадки бетона по поз. 8 табл. 2 настоящих норм необходимо соблюдать следующие требования:

а) при заранее известном сроке загружения конструкции потери умножать на коэффициент **определяемый по формуле

, (3)

где *е* − основание натуральных логарифмов;

*t* − время, отсчитываемое со дня окончания автоклавной обработки;

б) для конструкций, предназначенных для эксплуатации при влажности окружающей воздушной среды ниже 40 %, потери от усадки бетона увеличивать на 25 %*.*

**1.13.**Значение функции Ф при определении потерь предварительного напряжения от ползучести бетона (см. поз. 9 табл. 2 настоящих норм) следует вычислять по формуле

, (4)

где  − отношение модулей упругости напрягемой арматуры и бетона

*μs* − коэффициент армирования сечения напрягаемой арматурой, определяемый по формуле

, (5)

*ρ* 1 − коэффициент, определяемый по формуле

, (6)

здесь *Ρ −* усилие обжатия с учетом потерь напряжения по поз.1−5 табл. 2 настоящих норм;

*ϕt* − характеристика ползучести бетона, определяемая по формуле:

  (7)

здесь *ϕb −* предельное значение характеристики ползучести бетона, определяемое согласно п. 2.13 настоящих норм;

α4 − коэффициент нелинейности, принимаемый по табл. 3 настоящих норм или по формулам:

при < 0,4, *α4* = 0,8; (8)

„ ≥ 0,4, α4 = 0,4+;

*ϕl2  −* коэффициент, учитывающий продолжительность действия напряжений *σbp,* определяемый по табл. 4 настоящих норм или по формуле

** (9)

где *t* − время, сут, от обжатия бетона до загружения или испытания конструкции; если этот срок неизвестен, значение ** следует принимать при *t* = 100 сут.

Значения функции Ф могут определяться по табл. 5 настоящих норм в зависимости от величии, *ϕ t* и произведения *αμsp1* .

**1.14.** Значения напряжений в бетоне и арматуре, а также усилия предварительного обжатия бетона, вводимые в расчет предварительно напряженных элементов, следует определять согласно указаниям пп. 1.27 и 1.28 СНиП 2.03.01-84, при этом значения потерь предварительного напряжения следует принимать по табл. 2 в соответствии с пп. 1.10—1.13 настоящих норм.

**1.15.** Сжимающие напряжения в бетоне в стадии предварительного обжатия *σbp* не должны превышать значений (в долях от передаточной прочности бетона *Rbp*), указанных в табл. 7 СНиП 2.03.01-84, при замене величины *Rbp* на величину *Rbn,* принимаемую по табл. 8 настоящих норм.

Значение *σbp*определяется согласно п. 1.14 настоящих норм на уровне крайнего сжатого волокна бетона с учетом потерь предварительного напряжения по поз. 1−5 табл. 2 настоящих норм и при коэффициенте точности натяжения арматуры *γsp*равном единице.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень обжатия бетона *σbp/Rbn* | ≤0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Коэффициент нелинейности α4 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время *t*, сут, от обжатия бетона до загружения или испытания конструкции | 3 | 7 | 14 | 28 | 60 | 90 | 100 |
| Коэффициент | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,25 | 0,451 | 0,593 | 0,632 |

*Продолжение табл. 4*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время *t*, сут, от обжатия бетона до загружения или испытания конструкции | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 720 |
| Коэффициент | 0.699 | 0,835 | 0.909 | 0.950 | 0,973 | 0,999 |

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *αμsρ1* | Функция Φ при значении *ϕt* | | | | | |
|  | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 | 2,4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,035 | 0,070 | 0,103 | 0,135 | 0,166 | 0,196 |
| 0,2 | 0,065 | 0,125 | 0,131 | 0,234 | 0,284 | 0,330 |
| 0,3 | 0,088 | 0,169 | 0,211 | 0,309 | 0,370 | 0,378 |
| 0,4 | 0,108 | 0,205 | 0,290 | 0,368 | 0,436 | 0,444 |
| 0,5 | 0,124 | 0,234 | 0,330 | 0,413 | 0,486 | 0,550 |
| 0,6 | 0,139 | 0,259 | 0,362 | 0,451 | 0,528 | 0,593 |
| 0,7 | 0,150 | 0,285 | 0,386 | 0,489 | 0,557 | 0,624 |
| 0,8 | 0,163 | 0,300 | 0,413 | 0,509 | 0,589 | 0,657 |
| 0,9 | 0,173 | 0,316 | 0,434 | 0,531 | 0,612 | 0,680 |
| 1,0 | 0,181 | 0,330 | 0,451 | 0,551 | 0,632 | 0,699 |
| 1,1 | 0,189 | 0,342 | 0,467 | 0,567 | 0,650 | 0,716 |
| 1,2 | 0,196 | 0,353 | 0,480 | 0,582 | 0,664 | 0,730 |
| 1,3 | 0,202 | 0,364 | 0,492 | 0,595 | 0,677 | 0,743 |
| 1,4 | 0,208 | 0,372 | 0,503 | 0,607 | 0,690 | 0,753 |
| 1,5 | 0,213 | 0,381 | 0,513 | 0,617 | 0,699 | 0,763 |
| 1,6 | 0,218 | 0,389 | 0,522 | 0,626 | 0,708 | 0,772 |
| 1,7 | 0,223 | 0,396 | 0,530 | 0,636 | 0,716 | 0,779 |
| 1,8 | 0,227 | 0,402 | 0,537 | 0,643 | 0,722 | 0,786 |
| П р и м е ч а н и е: При промежуточных значенияхвеличины *ϕt* или произведения значение функции Ф следует определять интерполяцией. | | | | | | |

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

**БЕТОН**

**2.1**. Для бетонных и железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с требованиями настоящих норм, следует предусматривать бетоны следующих классов и марок:

а) классов по прочности на сжатие − В10; В12,5;. В15; В20; В25; В3О; В40; В45;

б) марок по морозостойкости − F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500;

в) марок по водонепроницаемости − W2; W 4; W6; W8;

г) марок по средней плотности − D1700; D1800; D1900; D2000.

П р и м е ч а н и я: 1. Классы бетона по прочности на сжатие отвечают значению гарантированной прочности бетона, МПа, контролируемой на базовых образцах в остывшем до температуры 20 ± 2 0 С состоянии согласно государственным общесоюзным стандартам с обеспеченностью 0,95.

2. Класс бетона по прочности на сжатие В необходимо указывать в проекте во всех случаях.

3. Марку по морозостойкости F следует назначать для конструкций, подвергающихся в увлажненном состоянии действию попеременного замораживания и оттаивания.

4. Марку по водонепроницаемости W следует назначать для конструкций, к которым предъявляются требования непроницаемости.

**2.2.** Бетон классов В10, В12,5 следует применять только для бетонных и плоских (не стержневых) железобетонных конструкций (за исключением плит перекрытий над санузлами и совмещенной кровли), эксплуатируемых при относительной влажности внутреннего воздуха помещений до 60 % или в сухой зоне влажности.

Конструкции из бетона классов В10 и В12,5 в агрессивных средах, а также в условиях многократно повторяющейся нагрузки применять не допускается.

Для сильнонагруженных сжатых стержневых элементов (например, колонн, воспринимающих крановые нагрузки) класс бетона следует принимать не ниже В25.

**2.3.** Для предварительно напряженных элементов класс бетона необходимо назначать не ниже указанного в табл. 6 с учетом требований п. 2.16 настоящих норм.

Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| Вид и класс  напрягаемой арматуры | Класс бетона,  не ниже |
| 1. Проволочная арматура классов: |  |
| B-ΙΙ (с анкерами)  Вр-ΙΙ (без анкеров) диаметром проволоки, мм: | В15 |
| 5 | В20 |
| 6 и более | В25 |
| 2. Стержневая арматура (без анкеров) диаметром, мм: |  |
| от 10 до 18 включ., классов: |  |
| A-IV | В15 |
| A-V | В20 |
| A-VI | В25 |
| 20 и более, классов: |  |
| A-IV | В20 |
| A-V | В25 |
| A-VI | ВЗО |

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условия эксплуатации конструкций | | Марка бетона, не ниже | | | | | |
| характерис­тика режима | расчетная зимняя | по морозостойкости | | | по водонепроницае­мости | | |
|  | температура наружного воздуха, *°* С | для конструкций (кроме наружных стен отапливаемых зданий) зданий и сооружений класса по степени ответственности | | | | | |
|  |  | Ι | ΙΙ | ΙΙΙ | Ι | ΙΙ | ΙΙΙ |
| 1. Поперемен­ное заморажи­вание и оттаи­вание: |  |  |  |  |  |  |  |
| а) в водонасы­щенном состо­янии например, конструкции, | Ниже минус 40  Ниже минус 20 до минус 40 включ. | F300  F200 | F200  F150 | F150  F100 | W6  W4 | W4  W2 | W2  Не нор­мирует­ся |
| расположен­ные в сезонно­оттаивающем | Ниже минус 5 до минус 20 включ. | F150 | F100 | F75 | W2 | Не нормиру­ется | |
| слое грунта в районах веч­ной мерзлоты) | Минус 5 и выше | F100 | F75 | F50 | Не нормируется | | |
| б) в условиях эпизодического | Ниже минус 40 | F200 | F150 | F100 | W4 | W2 | Не норми­руется |
| водонасыще­ния (например, надземные | Ниже минус 20 до минус 40 включ. | F100 | F75 | F50 | W2 | Не нормиру­ется | |
| конструкции, постоянно по­двергающиеся атмосферным воздействиям) | Ниже минус 5 до минус 20 включ.  Минус 5 и выше | F75  F50 | F50  F35 | F35  F25 | Не нормируется  То же | | |
| в) в условиях | Ниже минус 40 | F150 | F100 | F75 | W4 | W2 | Не норми­руется |
| воздушно-влажностного состояния при отсутствии эпизодическо­го водонасы­щения (напри­мер, конструк­ции, постоянно подвергающи­еся воздейст­вию окружаю­щего воздуха, защищенные от воздействия атмосферных осадков) | Ниже минус 20 до минус 40 включ.  Ниже минус 5 до минус 20 включ.  Минус 5 и выше | F75  F50  F35 | F50  F35  F25 | F35  F25  F25 | Не нормируется  То же  “ | | |
| 2. Возможное эпизодическое воздействие температур ниже 0оС: | Ниже минус 40 | F150 | F100 | F75 | He нормируется | | |
| а) в водонасы­щенном состо­янии (напри­мер, конструк­ции, находя­щиеся в грунте или под водой | Ниже минус 20 до минус 40 включ.  Ниже минус 5 до минус 20 включ.  Минус 5 и выше | F75  F50  F35 | F50  F35  F25 | F35  F25  F25 | To же  “  “ | | |
| б) в условиях воздушно вла­жностного со­с­то­яния (на­при­мер, внут­рен­ние кон­ст­рук­ции отап­ли­ва­е­мых зда­ний в период строи­тельства и мон­тажа) | Ниже минус 40  Ниже минус 20 до минус 40 включ.  Ниже минус 5 до минус 20 включ.  Минус 5 и выше | F75  F35  F35  F25 | F50  F25  F25  F25 | F35  F25  F25  F25 | He нормируется  To же  “  “ | | |

П р и м е ч а н и я: 1. Расчетные зимние температуры наружного воздуха принимаются согласно указаниям п.1.8 СНиП 2.03.01-84.

2. Проектные марки бетона по водонепроницаемости для конструкций сооружений водоснабжения и ирригации следует принимать не ниже W4, а проектные марки бетона по морозостойкости − по указаниям соответствующих строительных норм и государственных стандартов как для тяжелого бетона.

3. Проектная марка бетона по водонепроницаемости для конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, должна быть не ниже W6.

Для конструкций, рассчитываемых на воздействие многократно повторяющейся нагрузки, минимальные значения класса бетона, приведенные в табл. 6, следует увеличивать на одну ступень (5 МПа). Проволочную арматуру классов В-II, Вр-II в этих условиях, а также для предварительно напряженных конструкций пролетом более 12 м допускается применять только после специального эксперимен­тального обоснования.

**2.4.** Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости бетонных и железобетонных конструкций в зависимости от режима их эксплуатации и значений расчетных зимних температур наружного воздуха в районе строительства следует принимать:

для конструкций зданий и сооружений (кроме наружных стен отапливаемых зданий) − не ниже указанных в табл. 7 настоящих норм;

для наружных стен отапливаемых зданий − не ниже указанных в табл. 10 СНиП 2.03.01-84 для тяжелого бетона.

**2.5.** Марки по средней плотности бетонных и железобетонных конструкций в зависимости от режима их эксплуатации должны быть не ниже:

для внутренних конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых при относительной влажности внутреннего воздуха до 60 % − D1700;

для внутренних конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых при относительной влажности внутреннего воздуха свыше 60 до 75% или в нормальной зоне влажности, а также для перекрытий санузлов жилых зданий − D1800;

для наружных ограждающих конструкций и стен подвалов зданий, за исключением эксплуатируемых при относительной влажности внутреннего воздуха свыше 75 % или во влажной зоне (см. п. 1.3 настоящих норм) − D1800:

для всех конструкций, эксплуатируемых при относительной влажности внутреннего воздуха свыше 75 % или во влажной зоне, а также для перекрытий санузлов общественных зданий, для плит балконов и лоджий, карнизов, поясков и других выступающих деталей фасадов − D1900;

для конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах − D1900.

**2.6.** Для конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, применять бетон на полностью гидратированном вяжущем, как правило, не следует.

**2.7.** Замоноличивание стыков конструкций следует предус­мат­ривать цементным бетоном, классы которого должны назначаться согласно требованиям пп. 2.8 и 2.10 СНиП 2.03.01-84.

**НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ**

**ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА**

**2.8.** Нормативными сопротивлениями бетона являются сопро­тив­ление осевому сжатию призм (призменная прочность) *Rbn* и сопротивление осевому растяжению *Rbtn.*

Нормативное сопротивление *Rbn* принято равным

*Rbn* = (0.85 - 0.00135 В) В, (10)

но не менее 0,8 В, где В − в МПа.

Нормативное сопротивление *Rbtn* принято равным

 (11)

где B − в МПа.

Нормативные сопротивления бетона *Rbn* с округлением в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие приведены в табл. 8.

**2.9.** Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой и второй групп определяются путем деления нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надежности по бетону при сжатии*γbc* или при растяжении *γbt*, принимаемые по табл. 9.

Значения расчетных сопротивлений бетона в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие для предельных состояний первой группы *Rb* и *Rbt,* приведены (с округлением) в табл. 10, для предельных состояний второй группы *Rb.ser* и *Rbt.ser* −в табл. 8.

**2.10.** Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы *Rb,* и *Rbt*,приведенные в табл. 10, следует снижать (или повышать) путем умножения на коэффициенты условий работы бетона *ϒbc* учитывающие особенности свойств бетона, длительность действия нагрузки и ее многократную повторяемость, условия и стадию работы конструкций, способ их изготовления, размеры сечения и т. п. Значения коэффициентов *ϒbi*, приведены в табл. 11.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид  сопротивления | Нормативные сопротивления бетона *Rbn, Rbtn* и расчетные сопротивления бетона для предельных состояний второй группы *Rb/ser* и*Rbt.ser* при классе бетона по прочности на сжатие | | | | | | | | |
|  | В10 | В12,5 | В15 | В20 | В25 | В30 | В35 | В40 | В45 |
| Сжатие осевое (призменная прочность) *Rbn* и *Rb.ser* | 8,4  85,7 | 10,4  106 | 12,4  127 | 16,5  168 | 20,4  208 | 24,3  248 | 28,1  286 | 32,0  326 | 35,5  362 |
| Растяжение осевое *Rbtn* и *Rbt.ser* | 0,9  9,2 | 1,05  10,7 | 1,15  11,7 | 1,40  14,3 | 1,60  16,3 | 1,75  17,8 | 1,90  19,4 | 2,0  20,4 | 2,10  21,4 |

П р и м е ч а н и е: Над чертой указаны значения в МПа, под чертой − в кгс/см2.

Таблица 9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа предельных | Коэффициенты надежности по бетону | |
| состояний | при сжатии *γbc* | при растяжении *γbt* |
| Первая | 1,35 | 1,55 |
| Вторая | 1,00 | 1,00 |

**2.11.** Расчетные сопротивления при растяжении *Rbt.ser* предельных состояний второй группы при расчете по деформациям следует увеличивать путем умножения на коэффициент условий работы бетона *γbt1* =1,4, а при расчете по образованию нормальных и наклонных трещин от многократно повторных нагрузок, а также при расчете по образованию наклонных трещин от любых нагрузок − уменьшать путем умножения на коэффициент условий работы бетона соответственно *γb1,* и *γb4,* значения которых приведены в табл. 11 и 12.

**2.12.** Значения начального модуля упругости бетона *Eb,* при сжатии и растяжении принимаются по табл. 13.

Для незащищенных от солнечной радиации конструкций, предназначенных для эксплуатации в климатическом подрайоне IVA согласно СНиП 2.01.01-82, значения *Еb,* указанные в табл. 13, следует умножать на коэффициент 0,85.

Для бетона, подвергающегося попеременному замораживанию и оттаиванию, значения *Еb,* указанные в табл. 13, следует умножать на коэффициент условий работы бетона *γb6,* принимаемый по табл. 17 СНиП 2.03.01-84.

При наличии данных о составе бетона, условиях изготовления и т. д. допускается принимать другие значения *Еb,* согласованные в установленном порядке.

**2.13.** Предельные значения характеристики ползучести бетона *ϕb* следует определять в зависимости от влажностного режима эксплуатации конструкций по формуле

** (12)

где *ϕьт* − предельные значения характеристики ползучести бетона при влажности окружающей воздушной среды 40−75 %, принимаемые по табл. 14 настоящих норм;

*η*1 − коэффициент, принимаемый равным при относительной влаж­ности внутреннего воздуха, %:

свыше 75 или во влажной зоне. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1,1

от 40 до 75 или в зоне нормальной влажности. . . . . . . . . .1,0

до 40 или в сухой зоне. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 0,9

**2.14.** Коэффициент линейной температурной деформации бетона *αbt* при изменении температур от минус 50 до плюс 50 °С следует принимать равным 110-5 °С-1.

При наличии данных о минералогическом составе заполнителей, составе и водонасыщении бетона и т. п. допускается принимать другие значения *αbt*, обоснованные в установленном порядке.

Для расчетной температуры ниже минус 50 С величину *αbt* следует принимать по экспериментальным данным.

**2.15.** Начальный коэффициент поперечной деформации бетона (коэффициент Пуассона) ν следует принимать равным 0,2, а модуль сдвига бетона *G−* равным 0,4 соответствующих значений *Еb,* указанных в табл. 13.

Таблица 10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид  сопротив­ления | Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы *Rb* и *Rbt* при классе бетона по прочности на сжатие | | | | | | | | |
|  | В10 | В12,5 | В15 | В20 | В25 | В30 | В35 | В40 | В45 |
| Сжатие осевое (призменная прочность) *Rb* | 6,2  63 | 7,7  84 | 9,2  94 | 12,2  124 | 15,1  154 | 18,0  184 | 20,8  212 | 23,7  242 | 26,3  268 |
| Растяжение  осевое *Rbt* | 0,58  5,9 | 0,68  6,9 | 0,74  7,5 | 0,90  9,2 | 1,03  10,5 | 1,13  11,5 | 1,23  12,5 | 1,29  13,1 | 1,35  13,8 |

П р и м е ч а н и е. Над чертой указаны значения в МПа, под чертой − в кгс/см2.

Таблица 11

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Коэффициенты условий работы бетона | |
| Факторы, обусловливающие введение коэффициентов условий работы бетона | условное обозна­чение | числовое значение |
| 1. Многократно повторяющаяся нагру­зка | *γb*1 | См. табл. 12 |
| 2. Длительность действия нагрузки: |  |  |
| а) при учете постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, кроме наг­рузок непродолжительного действия, суммарная длительность которых за пе­риод эксплуатации мала (например, кра­новые нагрузки; нагрузки от транспорт­ных средств; ветровые нагрузки; нагру­зки, возникающие при изготовлении, транспор­тировании и возведении и т.п.), а также при учете особых нагрузок, выз­ванных деформациями просадочных, набухающих, вечномерзлых и подобных грунтов; | *γb*2 | 0,85 |
| б) при учете в рассматриваемом сочета­нии кратковременных нагрузок непро­должи­тельного действия или особых на­грузок, не указанных в поз. 2а |  | 1,00 |
| 3. Бетонирование в вертикальном поло­жении при высоте слоя бетонирования свыше 1,5 м | *γb*3 | 0,85 |
| 4. Влияние двухосного сложного напря­женного состояния „сжатие − растяже­ние" на прочность бетона | *γb*4 | См. п.4.11  СНиП 2.03.01-84 |
| 5. Попеременное замораживание и отта­ивание | *γb*6 | См. табл. 17  СНиП 2.03.01-84 |
| 6. Эксплуатация не защищенных от сол­нечной радиации конструкций в клима­тическом подрайоне IVA согласно СНиП 2.01.01-82 | *γb*7 | 0,85 |
| 7. Бетонные конструкции | *γb*9 | 0,90 |
| 8. Стыки сборных элементов при тол­щине шва менее 1/5 наименьшего размера сечения элемента и менее 10 см | *γb*12 | 1,15 |
| 9. Сжатые элементы с содержанием ар­матуры *S* менее 0,3 % площади сечения бетона при эксцентриситете продоль­ного усилия *е*0 > 0,3*h* | *γb*13 | 0,90 |
| 10. Простенки площадью сечения менее 0,1 м2 в стеновых панелях | *γb*14 | 0,80 |
| 11. Особенности упругопластических свойств бетона классов:  В30, В35 | *γb*15 | 0,95 |
| В40 |  | 0,90 |
| В45 |  | 0,85 |
| 12. Неравномерность распределения прочности бетона всех классов по высоте сечения конструкций | *γb*16 | 0,85 |

Примечания. Коэффициенты условий работы бетона по поз. 1, 2, 5, 6, 7 должны учитываться при определении расчетных сопротивлений бетона *Rb,* и *Rbt* по поз. 4 - при определении *Rbt,ser* а по остальным позициям - только при определении *Rb*.

2. Для конструкций, находящихся под действием многократно повторяющейся нагрузки, коэффициент *γb*2 учитывается при расчете по прочности, а *γb*1 - при расчете на выносливость и по образованию трещин.

3. При расчете конструкций в стадии предварительного обжатия коэффициент *γb*2 принимается равным единице.

4. Коэффициенты условий работы бетона вводятся независимо друг от друга, но при этом их произведение должно быть не менее 0,45.

Таблица 12

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коэффициенты асиммет­рии цикла напряжений в бетоне ρb | 0‑0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| Коэффициент γb1 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |

В табл. 12 

где  и  ‑ соответственно наименьшее и наибольшее напряжения в бетоне в пределах цикла изменения нагрузки, определяемые согласно п. 3.47 СНиП 2.03.01-84 с учетом требований п. 3.14 настоящих норм.

Таблица 13

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бетон | Начальные модули упругости при сжатии и растяжении Eb⋅10-3 при классе бетона по прочности на сжатие | | | | | | | | |
|  | В10 | B12,5 | B15 | B20 | B25 | В30 | В35 | В40 | В45 |
| На известково-песча­ном вяжущем | 9,9  101 | 11,9  121 | 13,8  141 | 16,5  168 | 18,8  192 | 20,7  211 | 22,0  224 | 23,0  235 | 23,6  241 |
| На известково-шлако­вом вяжущем | 11,8  120 | 14,2  145 | 16,5  168 | 19,8  202 | 22,5  229 | 24,8  253 | 26,4  269 | 27,6  281 | 28,3  288 |

Примечания: 1. Над чертой указаны значения Eb⋅10-3 в МПа, под чертой ‑ в кгс/см2.

2. При расчете слоистых конструкций по предельным состояниям первой группы в тех случаях, когда в расчете учитываются слои не только из плотного силикатного бетона, но и из других материалов, приведенные в данной таблице значения модуля упругости плотного силикатного бетона следует увеличивать или уменьшать на 30 % исходя из отклонения в сторону, неблагоприятную для расчета.

Таблица 14

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бетон | Предельные значения характеристики ползучести ϕbm при классе бетона по прочности на сжатие | | | | | | | | |
|  | В10 | В12,5 | B15 | B20 | B25 | B30 | B35 | В40 | B45 |
| На известково-песчаном вяжущем | 2,00 | 2,00 | 1,75 | 1,50 | 1,50 | 1,25 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |

Примечания: 1. Для плотного силикатного бетона на известково-шлаковом вяжущем предельное значение характеристики ползучести ϕbm следует принимать для рассмотренных классов бетона равным единице.

2. При наличии данных о составе бетона в условиях изготовления конструкций допускается принимать другие значения ϕb, согласованные в установленном порядке.

3. Влажность воздуха окружающей среды следует определять согласно указаниям п. 1.8 СНиП 2.03.01-84.

**АРМАТУРА**

**2.16.** Для армирования конструкций, а также для закладных изделий следует принимать арматуру и сталь согласно указаниям пп. 2.17—2.24 СНиП 2.03.01-84.

В качестве напрягаемой арматуры не допускается применять высокопрочную холоднотянутую арматурную проволоку классов В-II и Вр-II диаметром 4 мм и менее, а также арматурные канаты.

**2.17.** Нормативные и расчетные характеристики арматуры следует принимать согласно указаниям пп. 2.25-2.30 СНиП 2.03.01-84 с учетом требований пп. 2.18-2.19 настоящих норм.

**2.18.** Коэффициент условий работы арматуры γs3, принимаемый по табл. 25 СНиП 2.03.01-84, следует умножать на коэффициент, равный  (где *d —* диаметр арматуры).

**2.19.** Длину зоны передачи напряжений *lр* для напрягаемой арматуры без анкеров следует определять по формуле (11) СНиП 2.03.01-84, принимая значение *Rbp* равным *Rbn* по табл. 8 настоящих норм, а потери предварительного напряжения арматуры при определении σsp  по поз. 1—5 табл. 2 настоящих норм.

**3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ**

**РАСЧЕТ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОЧНОСТИ**

**3.1.** Расчет бетонных и конструктивно армированных элементов по прочности следует производить согласно указаниям пп. 3.1-3.8 СНиП 2.03.01-84, принимая:

расчетные характеристики материалов согласно разд. 2 настоящих норм;

коэффициент α в формулах (12), (14), (15) и (23) СНиП 2.03.01-84 равным единице;

коэффициент η по формуле (19) СНиП 2.03.01-84 с учетом указаний п. 3.3 настоящих норм.

3.2. Расчет бетонных и конструктивно армированных элементов стен с двух- и многорядной разрезкой следует производить согласно требованиям СНиП II-22-81 с учетом указаний настоящих норм.

**3.3.** Значения коэффициента η, учитывающего влияние прогиба внецентренно сжатого элемента на величину эксцентриситета продольного усилия e0, следует определять по формуле (19) СНиП 2.03.01-84, принимая условную критическую силу равной:

, (13)

где *ϕl —* коэффициент, учитывающий влияние длительного действия нагрузки на жесткость элемента в предельном состоянии, определяемый по формуле

** (14)

здесь *M1* и *Ml —* моменты относительно растянутой или наименее сжатой грани сечения соответственно от всех нагрузок (постоянных, длительных и кратковременных) и нагрузок, при действии которых учитывается коэффициент условий работы бетона γb2 (см. поз. 2а табл. 11 настоящих норм);

δe — коэффициент, принимаемый равным e0/h, но не менее

** (15)

и не менее величины 0,01,

где Rb ‑ в МПа, принимается с учетом коэффициентов условий работы γb15 и γb16.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОЧНОСТИ**

**3.4.** Расчет железобетонных элементов по прочности следует производить согласно требованиям пп. 3.9-3.46 СНиП 2.03.01-84 с учетом указаний пп. 3,5—3,12 настоящих норм.

**3.5.** Расчетные характеристики материалов следует принимать согласно указаниям разд. 2 настоящих норм, а величину предварительного напряжения арматуры — согласно указаниям разд. 1 настоящих норм.

**Расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента**

**3.6.** Расчет сечений, нормальных к продольной оси элемента, когда внешняя сила действует в плоскости симметрии сечения и арматура сосредоточена у граней элемента, перпендикулярных к указанной плоскости, следует производить согласно пп. 3.10-3.27 СНиП 2.03.01-84 с учетом указаний пп. 3.7—3.9 настоящих норм.

Расчет нормальных сечений, не оговоренных в настоящем пункте, следует производить по формулам общего случая расчета нормальных сечений согласно указаниям п. 3.10 настоящих норм.

**3.7.** Граничное значение относительной высоты сжатой зоны бетона ξR, при котором предельное состояние элементов наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению *Rs.* следует определять по формуле

****, (16)

где ω *—* характеристика сжатой зоны бетона, определяемая согласно указаниям п. 3.8 настоящих норм;

*σsR —* напряжение в арматуре, МПа, принимаемое согласно указаниям п.3.12 СНиП 2.03.01-84;

εb,max — максимальна краевая относительная деформация в сжатой зоне бетона, принимаемая равной при учете:

всех нагрузок — 3,5⋅10-3;

нагрузок, при действии которых учитывается коэффициент условий работы бетона γb2 < 1,0 (см. поз.2а табл. 11) ⎯ 4,5⋅10-3

**3.8.** Характеристику сжатой зоны бетона ω следует определять по формуле

ω = 1 - 0,014Rb (17)

и принимать не более 0,85 (здесь Rb *—* в МПа).

В случае, если в расчете внецентренно сжатых элементов сплошного сечения учитывается косвенное армирование, величину ω в формулах (16), (22), (23), (25) настоящих норм следует определять по формуле

ω = 1 - 0,014Rb + δ2 (18)

и принимать не более 0,9,

где Rb *⎯* в МПа;

δ2 — коэффициент, определяемый согласно указаниям п. 3.22 СНиП 2.03.01-84.

**3.9.** При определении коэффициента η для сжатых элементов, имеющих гибкость *l/i >* 14, значение условной критической силы следует определять по формуле

, (19)

где *δe* и *ϕl* — коэффициенты, определяемые согласно указаниям п. 3.3 настоящих норм;

*ϕp* — коэффициент, учитывающий влияние предварительного напряжения на жесткость элемента, определяемый согласно п. 3.24 СНиП 2.03.01-84.

**3.10.** Расчет элементов по общему случаю (при любых сечениях, внешних усилиях и любом армировании) (черт. 1) следует производить из условия

*M* ≤ ± *(RbSb - ΣσsiSsi)* (20)

при этом знак „плюс" перед скобкой принимается для внецентренного сжатия и изгиба, знак „минус" — для растяжения.

В формуле (20):

*М* — в изгибаемых элементах — проекция момента внешних сил на плоскость, перпендикулярную прямой, ограничивающей сжатую зону сечения;

во внецентренно сжатых и растянутых элементах — момент продольной силы *N* относительно оси, параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону и проходящей:

во внецентренно сжатых элементах — через центр тяжести сечения наиболее растянутого или наименее сжатого стержня продольной арматуры;

во внецентренно растянутых элементах - через точку сжатой зоны, наиболее удаленную от указанной прямой;

Sb ⎯ статический момент площади сечения сжатой зоны бетона относительно соответствующей из указанных осей, при этом в изгибаемых элементах положение оси принимается таким, как во внецентренно сжатых;

Ssi *—* статический момент площади сечения i-го стержня продольной арматуры относительно соответствующей из указанных осей;

σsi — напряжения в i-м стержне продольной арматуры, определяемые согласно указаниям настоящего пункта.

Высота сжатой зоны *х* и напряжение σsi определяются из совместного решения уравнений:

; (21)

 ; (22)

при *x* ≤ ωh или уравнения (21) и уравнения

, (23)

при ωh ≤ x≤ h.

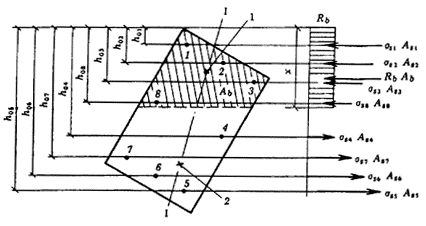
В уравнении (21) знак „минус" перед N принимается для внецентренно сжатых элементов, знак „плюс" — для внецентренно растянутых.

При определении положения границы сжатой зоны при косом изгибе следует учитывать положения, приведенные в п. 3.28 СНиП 2.03.01-84.

Если значение σsi, полученное по формуле (22) для арматуры классов A-IV, A-V, A-VI, В-II, Вр-II, превышает βRsi то напряжение σsi следует определять по формуле

, (24)

В случае, когда найденное по формуле (24) напряжение в арматуре превышает Rsi без учета коэффициента γs6, в условия (20) и (21) подставляется значение σsi равное Rsiс учетом соответствующих коэффициентов условий работы, в том числе γs6(см. п. 3.13 СНиП 2.03.01.84) .



Черт. 1. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси железобетонного элемента*,* при расчете его по прочности

I-I — плоскость, параллельная плоскости действия изгибающего момента, или плоскость, проходящая через точки приложения нормальной силы и равнодействующих внутренних сжимающих и растягивающих усилий;

1 *—* точка приложения равнодействующей усилий в сжатой арматуре и в бетоне сжатой зоны; 2 *—* точка приложения равнодействующей усилий в растянутой арматуре

Напряжение σsi вводится в расчетные формулы со своим знаком, получаемым при расчете по формулам (22) — (24). при этом необходимо соблюдать следующие условия:

во всех случаях *Rsi ≥* σsi *≥ -Rsci;*

для предварительно напряженных элементов σsi *≥* σsci, здесь σsci ⎯ напряжение в арматуре, равное предварительному напряжению σ’spi, уменьшенному на величину σsc,u (см. пп. 3.12 и 3.22 СНиП 2.03.01-84).

В формулах (21) - (24):

*Asi —* площадь сечения i-го стержня продольной арматуры;

σspi — предварительное напряжение в i-м стержне продольной арматуры, принимаемое при коэффициенте γsp*,* назначаемом в зависимости от расположения стержня;

εb,max — относительная деформация, принимаемая в соответствии с п. 3.7 настоящих норм;

εb,b *—* относительная деформация сжатия по всему сечению при х = h, принимаемая равной при учете:

всех нагрузок —2⋅10-3;

нагрузок, при действии которых учитывается коэффициент условий работы бетона γb2 < 1 (см. поз. 2а табл. 11 настоящих норм) ⎯ 2,5⋅10-3;

h0i — расстояние от оси, проходящей через центр тяжести сечения рассматриваемого i-го стержня арматуры и параллельной прямой, ограничивающей сжатую зону, до наиболее удаленной точки сжатой зоны (см. черт. 1);

ω *—* характеристика, определяемая согласно указаниям п. 3.8 настоящих норм;

ξi — относительная высота сжатой зоны бетона, равная ;

ξRi, ξeli — относительная высота сжатой зоны, отвечающая достижению в рассматриваемом стержне напряжений, соответственно равных *Rsi* и *βRsi.* Значения ξRi, и ξeli определяются по формуле

, (25)

здесь σRi(eli) ⎯ напряжения в арматуре, МПа, определяемые согласно указаниям п. 3.28 СНиП 2.03.01-84;

β *—* коэффициент, принимаемый по п. 3.28 СНиП 2.03.01-84.

В формулах (70) и (71) СНиП 2.03.01-84 величина σspi принимается с учетом потерь, приведенных в поз. 3-5 табл. 2 настоящих норм.

**Расчет сечений, наклонных к продольной оси элемента**

**3.11.** При расчете сечений, наклонных к продольной оси элемента, следует принимать следующие значения коэффициентов, входящих в расчетные формулы пп. 3.30 - 3.35 СНиП 2.03.01-84:

β=0,01; ϕb2=1,80; ϕb3*=*0,55; ϕb4=1,35;

кроме того, значение коэффициента 0,3 в формуле (72) СНиП 2.03.01-84 следует заменить на 0,25, а значение коэффициента 5 в формуле (73) на 2,5.

Формулы для определения всех других коэффициентов следует принимать по пп. 3.30 — 3.35 СНиП 2.03.01-84.

**3.12.** Расчет железобетонных коротких консолей колонн на действие поперечной силы следует производить согласно требованиям пп. 3.34 и 5.30 СНиП 2.03.01-84. При этом: в правой части условия (85) следует принимать коэффициент 0,5 вместо 0,8; в выражении, которое должно быть не более правой части условия (85), принимается коэффициент 2,5 вместо 3,5; в формуле (87) коэффициент при *а* принимается 2,5 вместо 5.

**Расчет железобетонных элементов на местное действие нагрузки**

**3.13.** Расчет железобетонных элементов на местное действие нагрузки следует производить согласно требованиям пп. 3.39 - 3.46 СНиП 2.03.01-84 как для конструкций из мелкозернистого бетона.

**Расчет железобетонных элементов на выносливость**

**3.14.** Расчет железобетонных элементов на выносливость следует производить согласно указаниям пп. 3.47 - 3.49 СНиП 2.03.01-84, принимая:

коэффициент условий работы бетона γb1 - по табл. 12 настоящих норм;

коэффициенты условий работы арматуры γs3 и γs4 — соответственно по таблицам 25 и 26 СНиП 2.03.01-84 с учетом требований п. 2.18 настоящих норм;

коэффициент приведения арматуры к бетону *а’ -* равным 40, 33, 28, 25, 21, 19, 17 соответственно для классов бетона В15, В20, B25, В30, В35, В40, В45.

**4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ**

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН**

**4.1.** Расчет железобетонных элементов по образованию трещин следует производить в соответствии с указаниями пп. 4.1-4.12 СНиП 2.03.01-84, принимая:

расчетные характеристики материалов согласно разд. 2 настоящих норм;

длину зоны передачи напряжений для напрягаемой арматуры без анкеров, указанную в пп. 4.3 и 4.11 СНиП 2.03.01-84, - согласно п. 2.19 настоящих норм;

значение σbt в формуле (140) СНиП 2.03.01-84 ⎯ с учетом указаний п. 3.14 настоящих норм;

коэффициент условий работы бетона γbi — по табл. 11 настоящих норм;

коэффициент *а* в формуле (142) СНиП 2.03.01-84 равным 0,02.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН**

**Расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси элемента**

**4.2.** Ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента *аcrс,* мм, на уровне центра тяжести растянутой арматуры следует определять по формуле

, (26)

где *ϕl3* — коэффициент, принимаемый равным при учете:

кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок - 1,0;

многократно повторяющейся нагрузки, а также продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок —1,5;

η ⎯ коэффициент, принимаемый согласно указаниям п. 4.14 СНиП 2.03.01-84;

*σs —* напряжение на уровне центра тяжести арматуры *S* или (при наличии предварительного напряжения) приращение напряжений от действия внешней нагрузки, определяемое согласно указаниям п. 4.3 настоящих норм;

*Gsb —* модуль деформации смещения арматуры относительно бетона на участках между трещинами, принимаемый равным для бетона:

на известково-песчаном вяжущем ............ 0,67Eb

на известково-шлаковом вяжущем ............ 0,62Eb

us *—* периметр сечения растянутой арматуры;

а1 — коэффициент, определяемый: при двузначной эпюре напряжений в сечении элемента по формуле

; (27)

при однозначной эпюре напряжений в сечении элемента по формуле

; (28)

значение *a1* принимается не менее 0,4.

В формулах (27) и (28) :

 — коэффициент, учитывающий положение растянутой арматуры по высоте сечения;

ξm — относительная высота сжатой зоны элемента с усредненными деформациями в сжатой зоне и растянутой арматуре, определяемая согласно п. 4.18;

*а2* — коэффициент, принимаемый равным

, (29)

При расположении растянутой арматуры в несколько рядов по высоте растянутой зоны ширина раскрытия трещин на уровне стержней, наиболее удаленных от нейтральной линии, вычисляется по формуле (26) с умножением на коэффициент *a3*, определяемый по формуле

, (30)

где *Сs —* расстояние от центра тяжести площади сечения всей растянутой арматуры до центра тяжести ряда стержней, наиболее удаленного от нейтральной линии.

Ширина непродолжительного раскрытия трещин определяется:

для элементов 2-й категории трещиностойкости от непродол­жи­тель­ного действия полной нагрузки (постоянной, длительной, кратковременной) — по формуле (26);

для элементов 3-й категории трещиностойкости— по формуле

**, (31)

где * ⎯* ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия полной нагрузки;

* ⎯* ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок;

* ⎯* ширина продолжительного раскрытия трещин от действия постоянных и длительных нагрузок.

Значения **, ** и ** определяются по формуле (26) настоящих норм. Входящие в нее величины *ψm* и *еs,tot* вычисляют по формулам (42) и (55) при значениях *ωpl* определяемых по формулам (37) и (38), и *θm* ⎯ по табл. 15, причем *ωpl* и *θm* находят при вычислении:

** и ** ⎯ от действия полной нагрузки;

** ⎯ действия постоянной и длительной нагрузок.

Ширина продолжительного раскрытия трещин для элементов, к трещиностойкости которых предъявляются требования 3-й категории, определяются от продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок.

На участках элементов, имеющих начальные трещины в сжатой зоне, ширину раскрытия трещин, вычисленную по формуле (31), следует увеличивать на 15%.

**4.3.** Напряжения (или их приращения) следует определять по формулам:

для центрально растянутых элементов

; (32)

для изгибаемых, а также внецентренно растянутых при e0,tot ≥ 0,8h0 и внецентренно сжатых элементов

, (33)

для внецентренно растянутых элементов при e0,tot < 0,8h0

 (34)

В формулах (32) - (34) :

*Ntot* и *Ms —* соответственно равнодействующая продольных сил и заменяющий момент, определяемые согласно требованиям п. 4.16; при определении значения *Мs* эксцентриситет продольных усилий относительно оси, проходящей через центр тяжести растянутой арматуры, следует считать положительным, если он направлен в сторону сжатой (менее растянутой) зоны сечения;

*ξm* — относительная высота сжатой зоны (см. п. 4.2 );

zm ⎯ величина, характеризующая положение внутренних усилий в сечении и определяемая согласно требованиям п. 4.19;

zs *—* расстояние между центрами тяжести растянутой и сжатой арматуры, равное *h0-a’*;

*e0,tot —* эксцентриситет равнодействующей продольной силы *N* и усилия предварительного обжатия *P* относительно центра тяжести приведенного сечения.

**4.4.** Глубину начальных трещин в сжатой зоне hcrc, образующихся при предварительном обжатии, транспортировании или монтаже элементов, следует определять по формуле

 (35)

Значения *ξm* следует определять по формулам (53) — (56). Значение hcrcне должно превышать 0,5h.

**Расчет по раскрытию трещин, наклонных к продольной оси элемента**

**4.5.** Ширину раскрытия трещин, наклонных к продольной оси элемента, в месте пересечения поперечной арматурой наклонной трещины следует определять согласно указаниям п. 4.17 СНиП 2.03.01-84, принимая усилие обжатия *Р* с учетом потерь по табл. 2 настоящих норм и значения *ϕl* *= ϕl3,* указанных в п. 4.2 настоящих норм.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЗАКРЫТИЮ ТРЕЩИН**

**4.6.** Расчет железобетонных элементов по закрытию (зажатию) трещин следует производить согласно указаниям пп. 4.18, 4.19 и 4.21 СНиП 2.03.01-84, принимая:

расчетные характеристики материалов согласно разд. 2 настоящих норм;

значения σsp и *Р* с учетом потерь — по табл. 2 настоящих норм;

значение—по формулам (32)—(34) настоящих норм;

главные напряжения в бетоне на уровне центра тяжести приведенного сечения — по п. 4.11 СНиП 2.03.01-84 с учетом указаний п. 4.1 настоящих норм.

Для участков элементов, имеющих начальные трещины в сжатой зоне, значение σsp, приведенное в формуле (154) СНиП 2.03.01-84, должно быть снижено на 15%.

**РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ**

**4.7.** Деформации (прогибы, углы поворота) элементов железобетонных конструкций следует вычислять по формулам строительной механики, определяя входящие в них значения кривизны согласно указаниям настоящего раздела.

Величина кривизны и деформаций железобетонных элементов отсчитывается от их начального состояния, при наличии предварительного напряжения — от состояния до обжатия бетона.

**4.8.** Кривизну железобетонных элементов следует определять по средним деформациям в сжатой и растянутой зонах исходя из следующих основных положений (черт. 2):

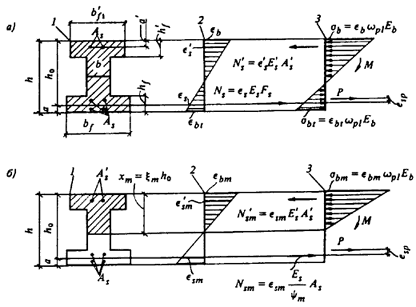
сечения после деформирования остаются плоскими как на участках, где в растянутой зоне имеются трещины, нормальные к продольной оси элемента, так и на участках, где эти трещины не образуются либо они закрыты;

напряжения в бетоне распределяются по линейному закону (треугольная форма эпюры напряжений) и определяются с учетом неупругих деформаций бетона (см. п. 4.10) ;

на участках элемента, где трещины в растянутой зоне не образуются либо они закрыты, сечения рассматриваются сплошными, состоящими из бетона и арматуры в сжатой и растянутой зонах;

на участках элемента, где в растянутой зоне имеются трещины, нормальные к продольной оси, сечения рассматриваются состоящими в сжатой зоне из бетона и сжатой арматуры (если она имеется), а в растянутой зоне — только из арматуры, напряжения которой определяются с учетом стесняющего воздействия растянутого бетона на участках между трещинами (см. п. 4.11) .

**4.9.** Элементы или участки элементов рассматриваются без трещин в растянутой зоне, если трещины не образуются при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок или они закрыты при действии постоянных и длительных нагрузок,



Черт. 2. Схемы усилий и эпюры деформаций и напряжений в поперечном сечении элемента при расчете его по деформациям

а - на участках, где в растянутой зоне отсутствуют трещины, нормальные к продольной оси; *б -* на участках, гдев растянутой зоне имеются трещины, нормальные к продольной оси; 1 *-* сечения; 2 *-* эпюры деформаций; 3 *—* схемы усилий и эпюры напряжении

при этом нагрузки вводятся в расчет с коэффициентом надежности по нагрузке *γf* *=* 1,0.

**4.10.** Неупругие деформации бетона сжатой и растянутой зон на участках элемента без трещин и бетона сжатой зоны на участках с трещинами следует учитывать умножением величины Eb*,* на коэффициент ωpl, принимаемый равным:

при непродолжительном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок

ωpl *=* 0,9; (36)

при продолжительном действии постоянных и длительных нагрузок

**  (37)

где *ϕb* — величина, определяемая согласно требованиям п. 2.13;

при расчете по деформациям элементов, воспринимающих многократно повторяющуюся нагрузку, независимо от продолжительности действия нагрузки

** (38)

где *а’ —* коэффициент приведения арматуры к бетону при многократно повторяющихся нагрузках, определяемый в соответствии с указаниями п. 3.14.

**4.11.** При определении кривизны на участках элемента с трещинами в растянутой зоне усилия в бетоне растянутой зоны между трещинами, оказывающие стесняющее воздействие на средние деформации арматуры, следует учитывать делением модуля упругости арматуры на коэффициент *ψm*,определяемый согласно п. 4.17.

**4.12.** Для изгибаемых элементов при *l/h* < 10 необходимо учитывать влияние поперечных сил на их прогиб согласно требованиям п. 4.21.

**4.13.** Если при изготовлении, транспортировании и монтаже конструкций в зоне, которая впоследствии под действием нагрузки будет сжата, могут возникнуть трещины, наличие этих трещин должно быть учтено согласно требованиям пп. 4.15 и 4.20.

**Определение кривизны железобетонных элементов на участках без трещин в растянутой зоне**

**4.14.** На участках, где не образуются нормальные к продольной оси трещины, кривизну изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов следует определять по формуле

 (39)

где *М —* момент внешних сил (включая усилие предварительного обжатия) относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения;

ωpl *—* коэффициент, принимаемый в соответствии с п. 4.10;

*Еb —* принимается согласно п. 2.12.

Примечание. При определении приведенного сечения арматуру следует приводить к бетону с модулем деформации, равным ωpl*Eb.*

**4.15.** Полную величину кривизны на участке, где не образуются трещины в растянутой зоне, следует определять по формуле

**, (40)

где **— кривизна от кратковременных нагрузок;

** — кривизна от постоянных и длительных нагрузок;

** — кривизна, обусловленная выгибом вследствие ползучести бетона от усилия предварительного обжатия.

Величины ** и *—* определяют по формуле (39), а величину ** — согласно п. 4.20.

На участках, где нормальные трещины образуются, но при действии рассматриваемых нагрузок обеспечено их закрытие, полная кривизна должна быть увеличена на 20% по сравнению с расчетной.

При расчете элементов с начальными трещинами в сжатой зоне полная кривизна должна быть увеличена на 15% по сравнению с полученной по формуле (39).

**Определение кривизны железобетонных элементов на участках с трещинами в растянутой зоне**

**4.16.** На участках элемента, где образуются нормальные к продольной оси трещины в растянутой зоне, кривизну изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов следует определять по формуле

, (41)

где *Ms* — момент относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящий через центр тяжести площади сечения арматуры *S,* от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения, включая усилие предварительного обжатия (заменяющий, момент). Для изгибаемых элементов с ненапрягаемой арматурой *Мs* = *М;*

*Ntot* ⎯ равнодействующая продольной силы и усилия предварительного обжатия *Р* (при внецентренном растяжении сила *N* принимается со знаком „минус"). Для изгибаемых элементов с ненапрягаемой арматурой *N* = 0;

*ξт —* величина, определяемая согласно п. 4.18;

*ψm —* коэффициент, учитывающий работу бетона растянутой зоны между трещинами и определяемый согласно п. 4.17;

*zт —* величина, определяемая согласно п. 4.19.

Для гибких внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов при определении *Мs* следует учитывать влияние прогиба на эксцентриситет силы *N,* определяя деформации таких элементов методом последовательных приближений.

**4.17.** Значение коэффициента *ψm,* учитывающего работу бетона растянутой зоны между трещинами, следует определять по формуле

 (42)

где *θm* — коэффициент, принимаемый по табл. 15;

Таблица 15

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид арматуры | Коэффициент *θm* при учете действия нагрузок | |
|  | непродолжительного | продолжительного |
| Периодического профиля | 0,7 | 0,35 |
| Гладкая | 0,6 | 0,30 |

*Mc —* момент внешних сил (включая усилие предварительного обжатия *Р,* при действии полной нагрузки, относительно оси, перпендикулярной к плоскости изгиба и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в бетоне сжатой зоны непосредственно перед образованием трещин;

*Мb,crc —* момент внутренних усилий, воспринимаемый бетонной частью сечения (без учета усилий в растянутой и сжатой арматуре) непосредственно перед образованием трещин относительно той же оси и определяемый по формуле

, (43)

здесь *Rbt,ser —* принимается no табл. 8 с учетом указаний п. 2.11;

*Wb,pl —* момент сопротивления для крайнего растянутого волокна с учетом неупругих деформаций растянутого бетона, определяемый по формуле

******; (44)

здесь *Xc —* высота сжатой зоны непосредственно перед появлением трещин, определяемая без учета продольной силы *N* и усилия предварительного обжатия *Р* из условия

; (45)

*Ib0 —* момент инерции площади сжатой зоны бетона относительно нулевой линии;

*Ss0*, *S’s0 ⎯* статические моменты площадей сечения соответственно растянутой и сжатой арматуры относительно нулевой линии;

*Аbt ⎯* площадь сечения растянутого бетона.

Для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечения значение *Wbt* допускается определять по формуле

; (46)

где

; (47)

; (48)

а значения *Mc —* по формулам:

а) для изгибаемых элементов с ненапрягаемой арматурой:

 (49)

б) для изгибаемых предварительно напряженных и внецентренно сжатых элементов (кроме случаев, предусмотренных в подпункте „в")

; (50)

в) для изгибаемых предварительно напряженных и внецентренно сжатых элементов с полкой в сжатой зоне:

при , (51)

, (52)

Значения коэффициента *ψm,* вычисленные по формуле (42), следует принимать не менее 0,25 ⎯ при учете непродолжительного действия нагрузок и не менее 0,55 — при учете продолжительного.

При расчете элементов, подвергающихся воздействию многократно повторяющейся нагрузки, значение коэффициента *ψm* следует принимать равным единице независимо от формы поперечного сечения, наличия предварительного напряжения арматуры или продолжительности действия статических нагрузок.

Примечания: 1. При расчете элементов с полкой в растянутой зоне вводимая в расчет ширина свесов этой полки в каждую сторону не должна превышать двойной ее высоты.

2. При расчете элементов без растянутой или сжатой полки в формулах (47) и (48) следует принимать соответственно *bf = b* или *b'f=b; h'f =* 0*.*

**4.18.** Относительную высоту сжатой зоны  следует определять из уравнений равновесия внешних и внутренних усилий, составленных с учетом положений, приведенных в п. 4.8 настоящих норм. В общем случае величину *хm* следует определять из уравнений:

для изгибаемых элементов с ненапрягаемой арматурой (при *Ntot=*0)

; (53)

в остальных случаях (при *Ntot ≠* 0)

, (54)

где *ωpl ⎯* принимается по указаниям п. 4.10;

*ψm* — принимается по указаниям п. 4.17;

 — отношение модулей упругости арматуры и бетона;

*еs,tot —* расстояние от точки приложения равнодействующей нормальных сил *Ntot* до центра тяжести площади сечения арматуры растянутой зоны, отвечающее заменяющему моменту *Ms* (см. п. 4.16) и определяемое по формуле

; (55)

*Sb0*, *S's0*, *Ss0 ⎯* статические моменты площадей соответственно сжатой зоны бетона, сжатой арматуры и растянутой арматуры относительно нулевой линии.

**4.19.** Величину *zm,* характеризующую положение внутренних усилий в сечении, следует определять исходя из положений, приведенных в п. 4.8, как отношение момента всех внутренних усилий в сечении относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и расположенной на расстоянии — от наиболее сжатой грани, к величине равнодействующей внутренних усилий в растянутой зоне.

Для элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений значение *zm* следует определять по формуле

 (56)

где  — принимается по указаниям п. 4.18;

*ψm* — принимается по указаниям п. 4.17;

*ωpl —* принимается по указаниям п. 4.10;

*α2, α′2, δ′,* ′ — безразмерные геометрические характеристики

*γ′, δf* сечения, определяемые по формулам:

  (57)

**4.20.** Полную величину кривизны на участке с трещинами в растянутой зоне следует определять по формуле

** (58)

где ** — кривизна от непродолжительного действия всех нагрузок, учитываемых при расчете по деформациям (см. п. 1.21 СНиП 2.03.01-84);

** ⎯ кривизна от непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок;

** **⎯** кривизна от продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок;

** ⎯ кривизна, обусловленная выгибом вследствие ползучести бетона усилия предварительного обжатия и определяемая по формуле (59) настоящих норм.

**, ** и ** определяют по формуле (41) настоящих норм, причем при определении:

** и ** ⎯ расстояние *еs,tot* необходимо вычислять при непродолжительном действии всех учитываемых нагрузок, a коэффициенты *ωpl* и *θm* должны отвечать непродолжительному действию нагрузки;

**⎯ расстояние *еs,tot* необходимо вычислять при действии постоянных и длительных нагрузок, а коэффициенты *ωpl* и *θm* должны отвечать продолжительному действию нагрузки.

Величину ** следует определять по формуле

**=  (59)

где *hbp* ⎯ расстояние от крайнего сжатого волокна бетона до усилия обжатия *Р*;

 и  ⎯ относительные деформации ползучести бетона соответственно науровне действия усилия обжатия *Р* (вычисляемое с учетом потерь по поз. 1⎯5 табл. 2) и крайнего сжатого волокна бетона, проявляющиеся за время от обжатия бетона до загружения элемента внешней нагрузкой и определяемые по формулам:



 (60)

здесь *σ6* + *σ9* ⎯ принимается численно равной сумме потерь предварительного напряжения арматуры от ползучести бетона согласно поз. 6 и 9 табл. 2;

*σ′6* + *σ′9* ⎯ то же, для напрягаемой арматуры, если бы она имелась на уровне крайнего сжатого волокна бетона.

Если кратковременные нагрузки отсутствуют или не учитываются при определении прогибов, полную величину кривизны следует принимать равной

** (61)

Если значения ** и ** оказываются отрицательными, их принимают равными нулю.

При расчете элементов с начальными трещинами в сжатой зоне полную кривизну, определенную по формуле (58), следует увеличивать на 15 %.

**Определение прогибов**

4.21. Прогибы элементов следует определять согласно требованиям пп. 4.31 ⎯ 4.33 СНиП 2.03.01-84, принимая:

значение ****в** формулах (171) и (174) СНиП 2.03.01-84, согласно требованиям пп. 4.15 и 4.18 настоящих норм, соответственно для участков без трещин и с трещинами в растянутой зоне;

значение *ϕb2* в формуле (173) СНиП 2.03.01-84 ⎯ равным  (где *ωpl* коэффициент, определяемый согласно указаниям п. 4.10настоящих норм;

величину *G* в формуле (173) СНиП 2.03.01-84 ⎯ согласно указаниям п. 2.15настоящих норм.

**5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

5.1. При проектировании бетонных и железобетонных конструкций из силикатного бетона для обеспечения условий их изготовления, долговечности и совместной работы арматуры и бетона следует выполнять конструктивные требования, приведенные в СНиП 2.03.01-84 для тяжелого бетона, а также дополнительные требования, изложенные в пп. 5.2-5.4 настоящих норм.

**5.2.** Минимальную толщину защитного слоя бетона для продольной рабочей арматуры, поперечной (хомутов и отогнутых стержней) и распределительной арматуры в конструкциях, предназначенных для эксплуатации при относительной влажности внутреннего воздуха помещений свыше 75 *%,* или во влажной зоне (см. пп. 1.3 и 1.5 настоящих норм), а также в агрессивных средах следует увеличивать на 5 мм по сравнению с требованиями СНиП 2.03.01-84.

**5.3.** В стеновых панелях, изготовляемых из жестких бетонных смесей, необходимо предусматривать следующие дополнительные мероприятия:

толщину защитного слоя арматуры принимать равной 3 см;

длину заделки строповочных петель необходимо увеличивать на 5d по сравнению с заделкой строповочных петель в панелях, формуемых без применения жестких смесей;

расстояние строповочных петель до проема должно быть не менее 30 см.

**5.4.** Конструктивное армирование бетонных панелей несущих стен, как правило, должно предусматриваться двусторонним независимо от того, в какой степени используется их несущая способность, причем площадь вертикальной арматуры на 1 м длины горизонтального сечения и горизонтальной арматуры на 1 м длины вертикального сечения с каждой стороны панели должна приниматься такой же, как для панелей из тяжелого цементного бетона.

**5.5.** Для конструктивного армирования элементов следует применять арматуру возможно меньших диаметров, но не менее 4 мм, причем при проектировании элементов, бетонируемых в горизонтальном положении, верхняя конструктивная арматура для сохранения ее в проектном положении при бетонировании должна быть снабжена связями, установленными вдоль толщины изделия не реже чем через 85 ее диаметров по длине стержней.

ПРИЛОЖЕНИЕ

*Справочное*

**ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН**

УСИЛИЯ ОТ ВНЕШНИХ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ЭЛЕМЕНТА

*М —* изгибающий момент;

*N —* продольная сила;

*Q —* поперечная сила;

*Т—* крутящий момент.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЭЛЕМЕНТА

Р — усилие предварительного обжатия, определяемое по формуле (8) СНиП 2.03.01-84, с учетом потерь предварительного напряжения в арматуре, соответствующих рассматриваемой стадии работы элемента;

*σsp, σ′sp ⎯* предварительные напряжения соответственно в напрягаемой арматуре *S* и *S′* до обжатия бетона (при натяжении арматуры на упоры) либо в момент снижения величины предварительного напряжения в бетоне до нуля воздействием на элемент внешних фактических или условных сил, определяемые согласно указаниям пп. 1.9, 1.11 и 1.14 настоящих норм с учетом потерь предварительного напряжения в арматуре, соответствующих рассматриваемой стадии работы элемента;

*σbp —* сжимающие напряжения в бетоне в стадии предварительного обжатия, определяемые согласно указаниям пп. 1.11, 1.14 и 1.15 настоящих норм с учетом потерь предварительного напряжения в арматуре, соответствующих рассматриваемой стадии работы элемента;

γ*sp* — коэффициент точности натяжения арматуры, определяемый согласно указаниям п. 1.27 СНиП 2.03.01-84.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

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

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

*Rbp ⎯* передаточная прочность бетона, назначаемая согласно указаниям п. 2.6 СНиП 2.03.01-84 с учетом п. 1.15 настоящих норм;

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

*rsw ⎯* расчетное сопротивление поперечной арматуры растяжению, определяемое согласно указаниям п. 2.28 СНиП 2.03.01-84;

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

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

*Es —* модуль упругости арматуры.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ЭЛЕМЕНТА

*S —* обозначение продольной арматуры:

а) при наличии сжатой и растянутой от действия внешней нагрузки зон сечения — расположенной в растянутой зоне;

б) при полностью сжатом от действия внешней нагрузки сечении — расположенной у менее сжатой грани сечения;

в) при полностью растянутом от действия внешней нагрузки сечении:

для внецентренно растянутых элементов — располо­жен­ной у более растянутой грани сечения;

для центрально растянутых элементов — всей в попе­реч­ном сечении элемента;

*S' —* обозначение продольной арматуры:

а) при наличии сжатой и растянутой от действия внешней нагрузки зон сечения — расположенной в сжатой зоне;

б) при полностью сжатом от действия внешней нагрузки сечении — расположенной у более сжатой грани сечения;

в) при полностью растянутом от действия внешней нагрузки сечении внецентренно растянутых элементов — расположенной у менее растянутой грани сечения.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*b ⎯* ширина прямоугольного сечения; ширина ребра таврового и двутаврового сечений;

*bf,* *b′f* — ширина полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

*h —* высота прямоугольного, таврового и двутаврового сечений;

*hf, h'f —* высота полки таврового и двутаврового сечений соответственно в растянутой и сжатой зонах;

*а, а′ —* расстояния от равнодействующей усилий в арматуре соответственно *S* и *S′* до ближайшей грани сечения;

*ho,* *h′o* — рабочая высота сечения, равная соответственно *h ‑ a* и *h ‑ a';*

*х —* высота сжатой зоны бетона;

*ξ* — относительная высота сжатой зоны бетона, равная ;

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

*eо* ⎯ эксцентриситет продольной силы *N* относительно центра тяжести приведенного сечения, определяемый согласно указаниям п. 1.21 СНиП 2.03.01-84;

*eор* — эксцентриситет усилия предварительного обжатия относительно центра тяжести приведенного сечения, определяемый согласно указаниям п. 1.28 СНиП 2.03.01-84;

*eо,tot —* эксцентриситет равнодействующей продольной силы *N* и усилия предварительного обжатия *Р* относительно центра тяжести приведенного сечения;

*е*, *е′ —* расстояния от точки приложения продольной силы *N* до равнодействующей усилий в арматуре соответственно *S* и *S′*;

*es, esр —* расстояния соответственно от точки приложения продольной силы *N* и усилия предварительного обжатия *Р* до центра тяжести площади сечения арматуры *S;*

*l —* пролет элемента;

*lо* ⎯ расчетная длина элемента, подвергающегося действию сжимающей продольной силы; значение *lо* принимается по табл. 32 и п. 325 СНиП 2.03.01-84;

*i* ⎯ радиус инерции поперечного сечения элемента относительно центра тяжести сечения;

*d* — номинальный диаметр стержней арматурной стали;

*As, A's —* площади сечения напрягаемой и ненапрягаемой арматуры соответственно *S* и *S',* при определении усилия предварительного обжатия *Р —* площади сечения ненапрягаемой части арматуры соответственно *S* и *S'*;

*Asр, A'sр —* площади сечения напрягаемой части арматуры соответственно *S* и *S';*

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

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

*μ —* коэффициент армирования, определяемый как отношение площади сечения арматуры *S* к площади поперечного сечения элемента *bho* без учета свесов сжатых и растянутых полок;

*А —* площадь всего бетона в поперечном сечении;

*Ab —* площадь сечения сжатой зоны бетона;

*Abt —* площадь сечения растянутой зоны бетона;

*Ared* ⎯ площадь приведенного сечения элемента, определяемая согласно указаниям п. 1.28 СНиП 2.03.01-84;

*Аlос1 ⎯* площадь смятия бетона;

*Sb0, Sbt —* статические моменты площадей сечения соответственно сжатой и растянутой зон бетона относительно нулевой линии;

*Sso,* *S′so —* статические моменты площадей сечения арматуры соответственно *S* и *S'* относительно нулевой линии;

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

*Ired —* момент инерции приведенного сечения элемента относительно его центра тяжести, определяемый согласно указаниям п. 1.28 СНиП 2.03.01-84:

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

*Ibo* ⎯ момент инерции площади сечения сжатой зоны бетона относительно нулевой линии;

*Iso,* *I′so ⎯* моменты инерции площадей сечения арматуры соответственно *S* и *S'* относительно нулевой линии;

*Wred ⎯* момент сопротивления приведенного сечения элемента для крайнего растянутого волокна, определяемый как для упругого материала согласно указаниям п. 1.28 СНиП 2.03.01-84.