

СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ

**ПОСОБИЕ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
МОРСКИХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ
к ВСН 3-67
ММФ**

БРОШЮРА 1

Часть 2

Бетонные и железобетонные конструкции

Москва 1969

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО ФЛОТА
СОЮЗМОРНИИПРОЕКТ

ОТДЕЛ ОБЩЕГО И ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ПОСОБИЕ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
МОРСКИХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ
к ВСН 3-67
ММФ

БРОШЮРА I

Часть 2

Бетонные и железобетонные конструкции

Москва 1969

УДК 627.33.001.2(083.96)

Состав пособия по проектированию
морских причальных сооружений к
ВСН 3-67
ММФ

Брошюра I:

Часть I – Общие положения по проектированию, основные конструктивные требования и методы статических расчетов.

Часть 2 – Бетонные и железобетонные конструкции.

Часть 3 – Металлические конструкции.

Брошюра 2. Пояснительная записка.

Брошюра 3. Список отзывов, заключений и прочие материалы.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Часть 2.

| | |
|---|-----|
| I.Общие положения | 4 |
| 2.Материалы для бетонных и железобетонных конструкций. | 6 |
| 3.Характеристика материалов | 10 |
| 4.Основные расчетные положения | 20 |
| 5.Определение напряжений в предварительно напряженных элементах. | 29 |
| 6.Расчет элементов бетонных конструкций по прочности | 39 |
| 7.Расчет элементов железобетонных конструкций по прочности. | 41 |
| 8.Расчет предварительно напряженных элементов железобетонных конструкций по образованию трещин. | 101 |
| 9.Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям | 120 |
| 10.Расчет элементов железобетонных конструкций по раскрытию трещин | 132 |
| II.Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурно-влажностные воздействия. | 140 |
| I2.Общие конструктивные требования и дополнительные указания по конструированию предварительно напряженных железобетонных элементов | 144 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ: | |
| I.Значения коэффициента χ для определения момента сопротивления сечения | 148 |
| II.Области применения арматурных сталей в железобетонных конструкциях морских гидротехнических сооружений | 150 |
| III.Допускаемые вертикальные прогибы пролетных строений эстакадных сооружений | 155 |
| IV.Межсезонный годовой перепад температур. | 156 |

| | | |
|-----------------|---|---------------------|
| Союзморнипроект | Ведомственные строительные нормы | К ВСН 3 - 67 МКФ |
| | Пособие по проектированию морских причальных сооружений | |

I. Общие положения.

I.1. Настоящие указания распространяются на проектирование несущих бетонных и железобетонных конструкций / надводных, подводных, подземных и зоны переменных уровней воды/ морских гидротехнических сооружений, из предусмотренных в главе СНиП I-В.3-62 тяжелых бетонов на цементном вяжущем.

Примечание. Настоящие указания не распространяются на проектирование бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, входящих в состав мостов и других родственных им сооружений.

I.2. При проектировании несущих бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений, помимо требований настоящей части, надлежит соблюдать требования предъявляемые к отдельным видам сооружений, предусмотренных частью I настоящего "Пособия" к ВСН 3 - 67 и главы СНиП МКФ П-И.2-62 "Гидротехнические сооружения морские. Основные положения проектирования".

Кроме этого необходимо руководствоваться соответствующими главами СНиП и другими нормативными документами, относящимися к материалам, к технологии строительных работ, а также к особым условиям строительства в сейсмических районах, в районах Крайнего Севера и в зонах распространения вечно мерзлых и просадочных грунтов.

I.3. При проектировании необходимо предусматривать применение таких железобетонных конструкций, которые обеспечивают индустриализацию и механизацию строительных работ, повышение темпов строительства и его удешевление.

I.4. Типы конструкций, а также основные размеры элементов, должны приниматься на основе технико-экономических сравнений вариантов с целью получения наивыгоднейшего решения при

| | | |
|------------------------------|---|---------------------------------------|
| Внесены Союзморнипроектом | Утверждены главным инженером Союз- морнипроекта | Срок введения 6 февраля 1969 г. |
| 6 февраля 1969 г. | | |

соблюдении требуемых эксплуатационных качеств и обеспечения достаточной надежности и долговечности сооружений.

Применение малоармированных конструкций экономически нецелесообразно и может быть вызвано только конструктивными соображениями.

1.5. При проектировании железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений следует рассматривать целесообразность применения предварительного натяжения арматуры и обжатия бетона с целью повышения жесткости, трещиностойкости, долговечности, водонепроницаемости, уменьшения объема и веса элементов и снижения расхода металла за счет применения высокопрочных сталей. Применение предварительного напряжения арматуры рекомендуется в элементах, работающих при эксплуатации, транспортировании и монтаже на изгиб, осевое или внецентренное растяжение и внецентренное сжатие с относительно большим эксцентризитетом.

Особенно целесообразно применение предварительного напряжения в элементах, которые по условиям их работы должны рассматриваться на недопущение образования трещин или ограничения их раскрытия в пределах $\sigma_c = 0,05$ мм (смотри п.10.4. таблица 21).

1.6. Проектом должен предусматриваться комплекс мероприятий для уменьшения вредного влияния температурно-усадочных воздействий. При этом следует руководствоваться указаниями раздела II.

1.7. В сборных конструкциях особое внимание должно быть обращено на прочность, трещиностойкость, жесткость, водонепроницаемость и долговечность соединений.

При этом предпочтение следует отдавать таким конструктивным решениям, в которых стыки преимущественно работают на сжатие, а количество стыков, работающих на растяжение и размеры

р' стянутой зоны этих стыков были бы минимальными.

1.8. В рабочих чертежах конструкций должны указываться марки бетона, характеристики арматуры, способыстыкования арматуры, толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры, мероприятия по антакоррозийной защите, если они необходимы, сроки распалубки, мероприятия по снижению температурно-усадочных напряжений; в необходимых случаях - расчетные схемы и нагрузки и т.п.

Для элементов сборных конструкций, кроме того, должны быть указаны места для захвата элементов при подъеме и монтаже, места их опищения при транспортировании и складировании, характерстыкуемых поверхностей и их обработка, схемы испытания и монтажная прочность элементов.

Для предварительно напряженных элементов также указывается величина усилий и последовательность натяжения арматуры и начальные напряжения, условия и порядок отпуска натянутой арматуры и прочность бетона при отпуске арматуры, величина разницы температур напрягаемой арматуры и натяжных устройств при термообработке /пропаривании/ элементов, принятая для определения потерь предварительного напряжения.

2. Материалы для бетонных и железобетонных конструкций.

Бетон гидротехнический.

2.1. Качество гидротехнического бетона должно удовлетворять требованиям ГОСТ 4795-68 "Бетон гидротехнический. Технические требования" и глав СНиП I-В.3-62, II-A.10-62, а методы контроля - соответствующим государственным стандартам.

2.2. Выбор проектной марки гидротехнического бетона

производится по одной из основных определяющих его характеристик или по их совокупности, исходя из конкретных условий работы всего сооружения или отдельных его элементов конструкции.

2.3. В соответствии с ГОСТ 4795-68 и дополнительными требованиями устанавливаются следующие проектные марки гидротехнического бетона для морских сооружений:

- а/ по величине временного сопротивления бетона сжатию в кг/см²-I00, I50, 200, 250, 300, 400, 500 и 600;
- б/ по величине временного сопротивления осевому растяжению в кг/см²-PII, PI5, PI8, P20, P23, P27, P31 и P35;
- в/ по морозостойкости в зависимости от заданного расчетного числа циклов попаременного замораживания и оттаяния- $M_{рз}^{50}$, $M_{рз}^{100}$, $M_{рз}^{150}$, $M_{рз}^{200}$ и $M_{рз}^{300}$;
- г/ по водонепроницаемости в зависимости от давления воды в кг/см²-B2, B4, B6 и B8.

Примечание. Для бетона проектной марки Р35 прочностные характеристики устанавливаются по экспериментальным данным.

2.4. Проектная марка бетона должна устанавливаться с учетом его возраста, заданного в проекте к моменту загружения, условий твердения, а также вида цемента.

Марки гидротехнического бетона по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости для морских причальных сооружений устанавливаются в соответствии с "Указаниями по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений", ВСН 6-69

ММД

2.5. В конструкциях морских гидротехнических сооружений, рассчитываемых на раскрытие трещин, марка бетона по водонепроницаемости должна быть не менее В6.

2.6. Для элементов конструкций, образование трещин в которых недопустимо, а также в других конструкциях, эксплуатационные качества которых определяются работой растянутого бетона, рекомендуется задавать проектные марки бетона на прочность при растяжении.

Арматура.

2.7. Для ненапрягаемой рабочей арматуры железобетонных конструкций 3 категории трещиностойкости / см.п. 4.3, таблица 6 в морских гидротехнических сооружениях рекомендуется применять следующие виды арматурных сталей / см.главы СНиП I-В.4-62, II-А.10-62, II-В.1-62 и приложение П/:

а/ горячекатаную арматурную сталь класса А-III марок Ст.25Г2С и Ст.35ГС диаметром от 6 до 40 мм и класса А-II марки Ст.5 диаметром от 6 до 40 мм, а также класса А-II стали марки 10ГТ в соответствии с "Временными указаниями по применению в железобетонных конструкциях опытно-промышленных партий арматурной стали периодического профиля", НИИЖБ, ЦНИИСК, ЦНИИС, Москва 1967 г.

Допускается также применять:

б/ горячекатаную арматурную сталь класса А-I марки Ст.3 диаметром от 6 до 40 мм / ГОСТ 5781-61/ в основном для поперечной арматуры линейных элементов, монтажной арматуры, а также в качестве продольной рабочей арматуры в случаях, когда другие виды ненапрягаемой арматуры согласно п.2.10 не допускаются;

в/ упрочненную вытяжкой арматурную сталь класса А-Пв диаметром от 10 до 40 мм для продольной растянутой рабочей арматуры;

г/ горячекатаную арматурную сталь упрочненную вытяжкой класса А-Шв диаметром от 6 до 40 мм только для продольной рас-

тянутой рабочей арматуры вязанных каркасов и сеток. При этом должны приниматься меры, обеспечивающие анкеровку концов стержней как для напрягаемой арматуры в соответствии с указаниями п.п. I2.5, I3.16 и I3.17 "г" СНиП II-В.1-62.

Ненапрягаемую арматуру из горячекатаной стали классов А-Ш, А-П и А-І рекомендуется применять в виде сварных каркасов и сварных сеток.

2.8. Для предварительно напряженных конструкций I-ой категории трещиностойкости /см.п.4.3/ в качестве напрягаемой арматуры следует преимущественно применять:

а/ высокопрочную арматурную проволоку /ГОСТ 7348-68/ диаметром от 5 до 8 мм^{х/};

х/ Применяется в верхнем строении большепролетных конструкций эстакад.

б/ горячекатаную арматурную сталь класса А-ІУ марки 20ХГ2Ц диаметром от 10 до 32 мм.

Допускается также применять:

в/ семипроволочные арматурные пряди, отвечающие требованиям технических условий ЧМТУ/ЦНИИЧМ 426-61;

г/ арматурную сталь класса А-ІІв, упрочненную вытяжкой с контролем напряжений и удлинений, марки 25Г2С диаметром от 6 до 40 мм.

2.9. В качестве напрягаемой арматуры предварительно напряженных конструкций 2-ой категории трещиностойкости /см.п.4.3, табл.6/ следует преимущественно применять:

а/ горячекатаную арматурную сталь класса А-ІУ марки 20ХГ2Ц диаметром от 10 до 32 мм;

б/ арматурную сталь класса А-Шв марки 25Г2С диаметром от 6 до 40 мм, упрочненную вытяжкой с контролем напряжений и удлинений.

Допускается также применять:

в/ арматурную сталь класса А-ІІв марки Ст.5 диаметром от 10 до 40 мм, упрочненную вытяжкой с контролем напряжений и удлинений.

2.10. Выбор арматурных сталей при проектировании железобетонных конструкций гидротехнических сооружений производится в соответствии с требованиями СНиП II-В.І-62 п.п.2.14, 2.17-2.19 и действующих государственных стандартов с учетом следующих свойств арматурных сталей:

- а/ основных прочностных и пластических характеристик;
- б/ хладноломкости;
- в/ свариваемости;
- г/ коррозийной стойкости при действии агрессивной среды.

3. Характеристики материалов.

Бетон.

3.1. Пределы прочности при осевом сжатии /призменная прочность/, прочность на сжатие при изгибе, а также прочность при осевом растяжении бетона в тех случаях, когда она не определяется маркой бетона по растяжению, устанавливаются в зависимости от марки бетона на сжатие.

II

Пределы прочности бетона

Таблица I.

| № пп | Вид напряжен- ного состоя- ния | Услов- ные обозна- чения | Пределы прочности бетона в кг/см ² | | | | | | | |
|---------|---|-----------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | | При марке бетона на сжатие | | | | | | | |
| | | | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| | | | При марке бетона на растяжение | | | | | | | |
| P II | P 15 | P 18 | P 20 | P 23 | P 27 | P 31 | P 35 | | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II |
| 1 | Пределная прочность бетона /при осевом сжа- тии – приз- менная проч- ность/ | R_{φ} | 80 | 115 | 145 | 175 | 210 | 280 | 350 | 420 |
| 2 | Условный предел проч- ности сжатой зоны бетона при изгибе, внекентрен- ном сжатии и внекентрен- ном растяже- нии | R_u | 100 | 140 | 180 | 215 | 260 | 350 | 440 | 520 |
| 3 | Предел проч- ности бетона при растяже- нии | R_p | 10 | 18 | 16 | 18 | 21 | 25 | 28 | 30 |
| 4 | Предел прочнос- ти бетона при чистом срезе | R_{φ} | 20 | 27 | 34 | 39 | 46 | 58 | 69 | 79 |
| 5 | Предел прочнос- ти при растяже- нии при расчете по образованию трещин конст- рукций I кате- гории трещино- стойкости. | R_r | 6,3 | 8 | 10 | 12 | 14,5 | 17,5 | 19,5 | 21 |

- Причания: 1. Для тяжелых бетонов при установлении марки их по прочности на растяжение и удовлетворении этих бетонов требованиям, предъявляемым к гидротехническому бетону, разрешается принимать значения предела прочности бетона при растяжении R_p равными их проектной марке по прочности на растяжение R , а значения R_t - умноженными на коэффициент = 1,1.
2. При расчете конструкций, в которых прочность бетона не достигла проектной марки, пределы прочности бетона определяются по интерполяции между табличными значениями и фактической прочностью /маркой/ бетона /напр., в момент распалубливания, транспортирования, изготовления или монтажа,

3.2. Величина предела прочности бетона при местном смятии /скатии/ при частичном загружении площади сечения для элементов, толщина /длина/ которых больше наименьшего размера сечения, принимается по формуле

$$R_{cm} \leq R_{np} \sqrt[3]{\frac{F}{F_1}} \quad \text{кг/см}^2,$$

где

R_{np} кг/см²

- приизменная прочность при осевом сжатии, принимаемая по табл I;

F см²

- площадь всего сечения;

F_1 см²

- площадь сечения, по которой передается усилие при местном смятии.

Принимаемая в расчет величина должна быть $\frac{R_{cm}}{R_{np}} \leq 1,5$.

Примечание. В случае несовпадения центров тяжести площадей F и F_1 в расчет принимается только та часть площади F , которая симметрична относительно центра тяжести площади F_1 .

3.3. Объемный вес бетона рекомендуется принимать по фактическим измерениям опытным путем.

При отсутствии опытных данных объемный вес бетона разрешается принимать по таблице 2.

Таблица 2.

| № пп | Вид, применяемого крупного заполнителя | Объемный вес бетона в кг/м ³ |
|---------|--|--|
| I | 2 | 3 |
| I | Щебень или гравий из известняков или песчаника | 2400 |
| 2 | Щебень или гравий из изверженных пород | 2500 |

Приложения: 1. Объемный вес железобетона при содержании арматуры менее 0,5% допускается принимать как для бетона по таблице 2. При более высоком проценте армирования объемный вес железобетона определяется как сумма объемного веса бетона и 0,7 веса арматуры, содержащейся в I и 3 конструкции.

2. При типовом проектировании объемный вес бетона допускается принимать равным 2,4 т/м³ и железобетона 2,5 т/м³.

3.4. Модули упругости и деформации бетона принимаются по таблице 3 в соответствии с указанной в ней областью применения.

Таблица 3.

Модули упругости и деформации бетона E_f в кг/см²

| № п/п | Наименование модулей упругости и деформа- ции | Значение модулей упругости и деформации в кг/см ² при марке бетона | | | | | | | | Область применения |
|----------|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| | | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II |
| I | Начальный модуль упругости /кратко- временный для эле- ментов без трещин/ с однозначной эпю- рой напряжений | 190000 | 240000 | 290000 | 320000 | 340000 | 380000 | 410000 | 430000 | Для определения модуль- ных отношений "n" для статических расчетов рам; для определения кратковременных прогибов /с K=0.85/ трещиной- ких элементов |
| 2 | Начальный модуль упругости /кратко- временный для эле- ментов без трещин/ для расчета по ме- тоду предельных состояний | 190000 | 230000 | 265000 | 290000 | 315000 | 350000 | 380000 | 400000 | В расчетах по методике СНиП II-В.1-62, и др. |

Продолжение таблицы 3

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 3 | Кратковременный модуль деформации для элементов с трещинами с двузначной эпюрои напряжений | 120000 | 145000 | 180000 | 200000 | 210000 | 240000 | 260000 | 275000 | Для определения кратковременных прогибов и др. деформаций в элементах с трещинами |
| 4 | Длительный модуль деформации для элементов без трещин | 105000 | 135000 | 165000 | 180000 | 190000 | 215000 | 230000 | 240000 | Для расчета трещиностойких элементов по деформациям от длительных нагрузок и на межсезонный перепад температуры |
| 5 | Длительный модуль деформации для элементов с трещинами | 80000 | 95000 | 120000 | 130000 | 140000 | 160000 | 170000 | 180000 | Для расчета элементов с трещинами по деформациям от длительных нагрузок и на межсезонный перепад температуры |

Примечания: I. Для бетона в раннем возрасте значения модулей упругости и деформации следует принимать уменьшенными по опытным данным. При отсутствии опытных данных модули деформации определяются по таблице как для бетона марки, соответствующей кубиковой прочности раннего возраста /при необходимости применяется интерполяция/.

2. При определении жесткости трещиностойких элементов модули деформации принимаются по поз.1,2 и 4, а момент инерции принимается для всего сечения с учетом арматуры /приведенный момент инерции/. При этом, если напряжения в бетоне превосходят 30% от приизменной прочности, начальный модуль упругости /поз.1 и 2/ следует уменьшить на 15%. Для статических расчетов рамных конструкций, а также для иных предварительных расчетов момент инерции допускается определять без учета арматуры.

При определении жесткости элементов с трещинами модули деформации принимаются по поз.3 и 5, а момент инерции принимается условно для всего сечения без учета арматуры.

3.5. При отсутствии опытных данных начальный коэффициент попечной деформации бетона при сжатии /коэффициент Нуассона/ принимается равным $\gamma = 0,15$. Модуль сдвига для бетона принимается равным $G = 0,4E_s$, /где E_s – начальный модуль упругости бетона/.

3.6. Коэффициент линейного расширения предварительно напряженного бетона и бетона без предварительного напряжения разрешается принимать равным $\lambda = 10^{-5} = 0,00001$ /град.

Величины иных физических характеристик бетона рекомендуется определять опытным путем.

3.7. Для бетонных и железобетонных элементов конструкций морских причальных сооружений минимальные значения марок бетона по сжатию рекомендуется назначать по таблице 2, п.4.4, часть I, брошюра I настоящего "Пособия".

Арматура.

3.8. Значения пределов текучести и прочности арматуры при расчете прочности и трещиностойкости железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений должны приниматься по таблице 4.

Таблица 4

| №з пп | Вид арматурной стали | Среднее значение предела текучес- ти σ_t кг/см ² | Минималь- ные зна- чения предела текучес- ти /бра- ковочный минимум/ $\sigma_{t,0}$ кг/см ² | Браковоч- ный мини- мум преде- ла проч- ности /на разрыв/ σ_{br} кг/см ² |
|----------|--|--|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
| I | Горячекатаная круглая класса А-І группы ма- рок Ст.3 : при \varnothing до 40 мм; при $\varnothing > 40$ мм. | 2850 2700 | 2400 - | - |
| 2 | Горячекатаная периодиче- ского профиля класса А-ІІ марки Ст. 5: при \varnothing до 40 мм ; при $\varnothing > 40$ мм . | 3650 3500 | 3000 2800 | - |
| 3 | То же, класса А-ІІв мар- ки Ст. 5 упрочненная вытяжкой, но при удлинении не более 5,5% с контро- лем напряжения. | 4500 | 4500 | - |
| 4 | То же, класса А-ІІв, марки Ст.5, подверг- нутая вытяжке на 5,5%, но без контроля на- пряженя. | 4500 | 4500 | - |
| 5 | То же, класса А-ІІІ марки стали 25Г2С и 35ГС . | 4500 | 4000 | - |

Продолжение табл. 4

| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|---------------------------------|---------------------------------|---|
| 6 | То же, класса А-Шв при упрочнении вытяжкой с контролем: а/ удлинения и напряжения ; б/ только удлинения. | 5500 5500 | 5500 5500 | - - |
| 7 | Сталь горячекатаная периодического профиля класса А-ІУ марки 20ХГ2Ц, 20ХГСТ и 80С. | 7000 | 6000 | - |
| 8 | Проволока арматурная обыкновенная /в сварных сетках и каркасах/ диаметром от 3-5,5 мм включительно. | - | 5500 | - |
| 9 | То же, диаметром 6-8 мм включительно. | - | 4500 | - |
| 10 | Проволока высокопрочная гладкая по ГОСТ 7348-63 диаметром: 2,5 мм 3 " " 4 " " 5 " " 6 " " 7 " " 8 " " | - - - - - - - | - - - - - - - | 20000 19000 18000 17000 16000 15000 14000 |
| II | То же, периодического профиля по ГОСТ 8480-63 диаметром: 2,5 мм 3 " " 4 " " 5 " " 6 " " 7 " " 8 " " | - - - - - - - | - - - - - - - | 18000 17000 16000 15000 14000 13000 12000 |

Продолжение табл. 4

| I | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|---|---|-------|
| I2 | Семипроволочные арматурные пряди по ЧМУ 426-61 из проволоки: диаметром 1,5 мм | - | - | I9000 |
| | 2 " " | - | - | I8000 |
| | 2,5 " " | - | - | I8000 |
| | 3 " " | - | - | I7000 |
| | 4 " " | - | - | I6000 |
| | 5 " " | - | - | I5000 |

Примечания: I. Кроме указанных в табл.4 могут быть использованы и другие виды сталей повышенной прочности, технико-экономическая целесообразность применения которых проверена, а качество определено специальными техническими условиями.

2. Значения механических характеристик арматуры, вводимые в расчет, допускается определять опытным путем.

3.9. Модули упругости арматурных сталей в кг/см² при определении геометрических характеристик приведенного сечения элементов разрешается принимать по табл.5.

Таблица 5

Модули упругости арматуры $E_{a,n}$

| № п/п | Наименование арматурных стали | Величина модуля упругости, кг/см ² |
|----------|---|--|
| 1 | Горячекатаная арматура периоди- ческого профиля из сталей класса А-І, А-ІІ, А-ІІІ марки стали 3 и 5 | $2,1 \cdot 10^6$ |
| 2 | То же, из стали классов А-ІІІ, А-ІІІВ и А-ІУ марок 25Г2С, 35ГС, 30ХГ2С, 20ХГ2Ц, 20ХГСТ и 80С | $2 \cdot 10^6$ |
| 3 | Холднотянутая проволочная сталь круглая и периодического профиля в пучках и прядях /высокопрочная/ | $1,8 \cdot 10^6$ |

4. Основные расчетные положения.Общие указания.

4.1. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на прочность и трещиностойкость должен быть произведен для стадий эксплуатации, изготовления /только для предварительно напряженных конструкций и элементов/, транспортирования, монтажа и хранения; расчет железобетонных конструкций по деформациям производится в стадии эксплуатации для конструкций, в которых расчетные деформации могут превзойти их допускаемые величины, а для сборно-монолитных конструкций, кроме того, в стадии монтажа /смотри п.4.6/, при этом должны учитываться остаточные деформации элементов, которые могут возникнуть в период тран-

спортирования, складирования и монтажа.

4.2. Расчет железобетонных конструкций по деформациям и на раскрытие трещин может не производиться, если на основании практики применения или опытной проверки конструкции, выполненной в соответствии со специальной инструкцией, установлено, что жесткость ее в стадии эксплуатации достаточна /смотри п.4.6/ и величина раскрытия в ней трещин /на всех стадиях, перечисленных в п.4.1/ не превышает допустимой /смотри п.10.4, таблица 21/.

4.3. Расчет по образованию трещин производится для предварительно напряженных железобетонных конструкций, которые по предъявляемым к ним требованиям трещиностойкости подразделяются на две категории I и 2, в соответствии с табл.6. К 3 категории трещиностойкости /см.табл.6/ относятся элементы конструкций без предварительного напряжения, которые рассчитываются на раскрытие трещин.

4.4. Порядок учета нагрузок и воздействий при расчете бетонных и железобетонных конструкций производится в соответствии с табл.7.

А - в стадии эксплуатации; Б - в стадии изготовления, хранения, транспортирований и монтажа /в расчетах должны учитываться нагрузки и воздействия, возможные в стадии, для которой ведется расчет/.

4.5. При расчете сборных конструкций на воздействие усилий, возникающих при подъеме, транспортировании и монтаже, собственный вес элемента следует вводить в расчет с коэффициентом динамичности 1,5.

Примечание. Коэффициент динамичности может приниматься меньше 1,5, если это подтверждено многолетним опытом применения таких конструкций, но во всяком случае не менее 1,25.

Категории предварительно напряженных и без предварительного напряжения железобетонных конструкций по трещиностойкости и указания о необходимости расчета их по образованию трещин или по раскрытию трещин.

Таблица 6

| № пп | Категории конструкций по трещиностойкости | | Необходимость расчета конструкций по образованию или по раскрытию трещин |
|---------|---|---|--|
| I | 2 | 3 | 4 |
| I | I-я категория | Предварительно напряженные конструкции, в которых применяется высоко-прочная арматура с пределом прочности $\sigma_y > 10000 \text{ кг/см}^2$, находящиеся в любых климатических условиях и в любых зонах сооружения, а также конструкции с напрягаемой арматурой имеющей нормативное сопротивление не более 10000 кг/см^2 и располагающиеся в особо суровых и суровых климатических условиях в зоне попеременного замораживания и оттаивания. | Расчет конструкций по образованию трещин необходим во всех случаях. |
| 2 | 2-я категория | Конструкции с напрягаемой арматурой имеющей нормативное сопротивление менее 10000 кг/см^2 находящиеся в умеренных и мягких* климатических условиях в любых зонах сооружения. | Расчет конструкций по образованию трещин требуется, однако если эти конструкции не подвергаются воздействию агрессивной среды, то для отдельных их зон расчет по образованию трещин может не производиться в следующих случаях: а/ в наклонных сечениях изгиба-емых элементов при выполнении попереч- |

продолжение табл.6

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----------------|---|---|
| 3 | 3-я категория. | Все конструкции, кроме отнесенных к 1 и 2-й категориям трещиностойкости | <p>ной и отогнутой арматуры из горячекатаной стали или обычновенной арматурной проволоки;</p> <p>б/ в нормальных сечениях элементов, в зонах испытывающих при эксплуатации конструкций сжатие, а при воздействии предварительного обжатия - растяжение, если продольная арматура выполнена из горячекатаной стали, а при сварных каркасах из обычновенной арматурной проволоки; при этом площадь сечения арматуры в рассматриваемой зоне должна составлять не менее 0,1% от всей площади сечения элемента и должны быть учтены требования п.8.13 настоящих норм.</p> <p>Расчет конструкций по образованию трещин не требуется, но требуется расчет по раскрытию трещин.</p> |

23

Примечание. x/ Характеристики районов с суровыми и особо суровыми, умеренными и мягкими условиями службы конструкций сооружений следует определять по "Указаниям по обеспечению долговечности бетонных и железобетонных конструкций морских гидротехнических сооружений", ЛенморНИИ-проект, 1966 г.

Порядок учета нагрузок и воздействий при расчете бетонных и железобетонных конструкций в стадиях работы указанных в п.4.4.

Таблица 7.

| Вид конструкции | Расчет конструкций в стадии | На прочность | По деформациям | По образованию трещин | По раскрытию трещин |
|--|-----------------------------|--|--|-----------------------|--|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Бетонные | A | Требуется | - | - | - |
| | B | | - | - | - |
| Железобетонные без предварительного напряжения | A | Требуется с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности | Требуется с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности | - | Требуется с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности |
| | B | Требуется с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности | Требуется с учетом остаточных деформаций | - | Требуется с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности |

Продолжение табл. 7

| I | 2 | 8 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--|---|---|--|
| Железобетонные предварительно напряженные | A | Требуется в сочетании с предварительным напряжением арматуры сжатой зоны | Требуется в сочетании с предварительным напряжением с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности. При этом может быть учтен выгиб от предварительного обжатия бетона за исключением случаев ограничения общего прогиба конструктивного элемента по условиям эксплуатации. Для конструкций, по которым укладываются подкрановые или железнодорожные рельсы, учет выгиба-прогиба обязателен | Требуется для конструкций I и 2 категорий трещиностойкости в сочетании с предварительным напряжением с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности | Требуется в сочетании с предварительным напряжением с учетом в необходимых случаях коэффициента динамичности |
| | Б | На воздействие предварительного напряжения с учетом в необходимых случаях собственного веса конструкций и других нагрузок, действующих в стадиях Б, вводимых | Расчет производится только для сборно-монолитных конструкций; при этом может быть учтен выгиб от предварительного обжатия бетона | На воздействие предварительного напряжения с учетом собственного веса элемента и других действующих в стадиях Б нагрузок, вводимых | На воздействие предварительного напряжения с учетом собственного веса элемента и других действующих в стадиях Б нагрузок, вводимых |

Продолжение табл. 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | в расчет с коэффициен- том динамичности с учетом влияния обжатия бетона | | в расчет с коэф- фициентом динамич- ности | дии Б нагрузок, вводимых в рас- чет без коэф- фициента дина- мичности |

Примечания: 1. Прочерки в графах 4, 5 и 6 означают, что расчет по деформациям, образованию и раскрытию трещин не производится.

2

2. Расчет конструкций, охваченных настоящими нормами, на выносливость не про-
изводится.

4.6. Расчет сборно-монолитных конструкций и их элементов по прочности, деформациям, а также по образованию и раскрытию трещин должен производиться для следующих двух стадий работы конструкции:

а/ до приобретения дополнительно уложенным бетоном заданной прочности - на воздействие транспортных и монтажных нагрузок свежеуложенного бетона и других нагрузок, возникающих в процессе возведения;

б/ после приобретения дополнительно уложенным бетоном заданной прочности, т.е. при совместной работе со сборными элементами в условиях эксплуатации сооружения.

4.7. Ширина раскрытия трещин /нормальных и наклонных к оси элемента/ в железобетонных конструкциях должна быть не более величин указанных в табл.21 п.10.4.

Примечание. Допускаемая величина предельного раскрытия трещин в железобетонных элементах при специальных защитных мероприятиях устанавливается по соответствующим нормативным документам.

4.8. Для элементов, в которых ширина раскрытия трещин должна быть ограничена, определяется необходимая степень дисперсности армирования, т.е. наименьшее допустимое количество стержней при заданной общей площади сечения арматуры, полученной из расчета прочности.

Для ограничения ширины раскрытия наклонных трещин требуется назначать такие размеры поперечного сечения элемента и постановку такого количества поперечной арматуры, которые обеспечивают допустимую ширину раскрытия трещин.

Определение усилий в элементах статически неопределенных конструкций.

4.9. Усилия, действующие в статически неопределенных бетонных, а также железобетонных конструкциях рекомендуется определять по упругой стадии их работы.

4.10. При определении усилий в элементах статически неопределенных конструкций для расчета их прочности и по деформациям, рекомендуется учитывать пространственную работу конструкции по специальному нормативному документу.

5. Определение напряжений в предварительно напряженных элементах.

5.1. Напряжения в бетоне и арматуре предварительно напряженных железобетонных элементов необходимо определять при расчете:

- а/ потерю от ползучести бетона;
- б/ усилий в арматуре натягиваемой па бетон;
- в/ образования трещин в сечениях, наклонных к оси элемента;
- г/ деформаций элементов.

5.2. Напряжения в сечениях, нормальных к оси элемента определяют по приведенной площади сечения, вводя в расчет полное сечение бетона с учетом ослабления его каналами, пазами и т.п., а также площадь сечений всей продольной напрягаемой и ненапрягаемой арматуры /если она составляет более 0,008 F_1 /, умноженной на отношение модулей упругости арматуры и бетона. При этом, если части бетонного сечения выполнены из бетона разных проектных марок, их приводят к бетону одной марки, исходя из отношения их модулей упругости.

Напряжения в бетоне σ_s , в сечениях нормальных к оси элемента определяют для упругой стадии работы конструкции.

Равнодействующую усилий в напрягаемой и ненапрягаемой верхней и нижней арматуре N_0 рассматривают как внешнюю силу обжимающую /в общем случае внецентренно/ приведенное сечение бетона.

Усилие в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре определяют по формуле

$$N_0 = \sigma_s F_n + \sigma'_s F'_n - \sigma_s F_a - \sigma'_s F'_a \quad \text{кг,} \quad /2/$$

экцентричеситет силы

$$e_n = \frac{\sigma_s F_n u_n + \sigma'_s F'_n u'_n - \sigma'_s F'_n u_n - \sigma_s F_n u'_n}{N_0} \quad \text{см,} \quad /3/$$

где F_n и F_a см² – площади сечения соответственно напрягаемой и ненапрягаемой продольной арматуры: в изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементах – A_n и A , расположенной в наиболее обжатой зоне бетона,

в центрально сжатых и центрально растянутых элементах, а также во всех элементах кольцевого сечения – площадь сечения всей арматуры;

F'_n и F'_a см² – площади сечения соответственно напрягаемой и ненапрягаемой продольной арматуры A'_n и A' , расположенной в менее обжатой зоне бетона изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов;

σ_s и σ'_s кг/см² – напряжения соответственно в напрягаемой арматуре A_n и A'_n до обжатия бетона /при натяжении арматуры на упоры/, либо в момент снижения величины предварительного напряжения бетона до нуля;

σ_s и σ'_s принимаются с учетом потерь напряжений, определяемых для рассматриваемой стадии работы элемента /п.5.3/;

σ_a и σ'_a кг/см² – напряжения соответственно в

ненапрягаемой арматуре A и A' , вызванные усадкой и ползучестью бетона, в момент снижения напряжений в бетоне до нуля;

u_n , u'_n , u_a и u'_a см - расстояния от оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через центр тяжести приведенного сечения соответственно до линии приложения равнодействующей усилий в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре.

- Примечания: 1. При криволинейном расположении напрягаемой арматуры значения b_0 и b'_0 в формулах /2/ и /3/ умножают соответственно на $\cos \lambda$ и $\cos \lambda'$, где λ и λ' - углы наклона напрягаемой арматуры к продольной оси элемента, для рассматриваемого сечения.
2. При несимметричном сечении и двустороннем напряжении арматуры направление эксцентрикитета e_0 принимается условно; при этом отрицательное значение величины e_0 , полученное по формуле /3/, означает, что сила N_0 расположена от центральной оси сечения в сторону арматуры A'_n и A'_a .

5.3. При расчете предварительно напряженных конструкций и назначении для них контролируемого напряжения следует учитывать потери предварительного напряжения арматуры.

При натяжении арматуры на упоры учитывают потери, происходящие:

а/ до окончания обжатия бетона - от релаксации напряжений стали, деформации анкеров и температурного перепада;

б/ после обжатия бетона - от усадки и ползучести бетона.

При натяжении арматуры на бетон учитывают потери, происходящие:

а/ до окончания обжатия бетона - от деформации анкеров и трения арматуры о стенки канала или поверхность конструкции;

б/ после обжатия бетона - от усадки и ползучести бетона, релаксации напряжений стали, смятия бетона под витками арматуры.

Значения потерь предварительного напряжения арматуры определяют в соответствии с п.п.5.1 \div 5.10, а при наличии специальных опытных данных - по результатам опытов. Суммарную величину потерь следует принимать во всех случаях не менее 1000 кг/см².

5.4. Величины напряжений в арматуре σ_0 и σ'_0 без учета потерь, принимаемые в расчетах (смотри п.5.2), как правило, должны быть: для проволочной арматуры - не более 0,35 σ_{yr} , но не менее 0,4 σ_{yr} , для стержневой - не более 0,9 σ_r .

Величина наибольшего возможного напряжения в арматуре может быть повышена для проволочной арматуры до $\sigma_0 = \sigma'_0 \leq 0,75 \sigma_r$ и для стержневой - до $\sigma_0 = \sigma'_0 \leq 0,6$, в следующих случаях:

а/ в арматуре сжатой зоны с целью повышения ее трещиностойкости при обжатии элемента, при монтаже и транспортировании;

б/ при временной перетяжке арматуры с целью повышения ее предела пропорциональности или уменьшения потерь от релаксации напряжений;

в/ при компенсации потерь от релаксации напряжений или неодновременного натяжения арматуры, от трения арматуры о стены кантов, а также от перепада температуры между натянутой арматурой и устройствами, воспринимающими усилия ее натяжения.

Примечание. При расчете предварительно напряженных конструкций целесообразно назначать, указанные в данном пункте, максимальные величины напряжений арматуры из условия получения некоторой оптимальной величины предварительного обжатия бетона σ_c . Так для предварительно напряженных конструкций, в которых предварительно обжатые зоны от воздействия полных внешних нагрузок работают на растяжение, а в стадии эксплуатации могут испытывать незначительное сжатие или растяжение (нижние пояса ферм, балки и т. п.), напряжение обжатия бетона σ_c рекомендуется принимать не более следующих величин:

- а) при натяжении арматуры на упоры:
 - для центрально обжатых элементов - $(0,6-0,7) R_o$;
 - для внецентренно обжатых элементов - $(0,7-0,8) R_o$;
- б) при натяжении арматуры на бетон:
 - для центрально обжатых элементов - $(0,5-0,6) R_o$;
 - для внецентренно обжатых элементов - $(0,6-0,7) R_o$.

Для конструкций, предварительно обжатая зона которых от воздействия внешних нагрузок получает дополнительное сжатие (балки с симметрично напрягаемой арматурой, шанцы, сваи, колонны), а также для конструкций с обжатой зоной, находящейся преимущественно в состоянии почти полного обжатия (подкрановые балки, пролетные строения небольших мостов, воспринимающие малую постоянную нагрузку и относительно большую кратковременную), напряжение обжатия бетона σ_c рекомендуется принимать не более:

- а) при напряжении арматуры на упоры:
 - для центрально обжатых элементов - $(0,45-0,5) R_o$;
 - для внецентренно обжатых элементов - $(0,5-0,55) R_o$;
- б) при натяжении арматуры на бетон:
 - для центрально обжатых элементов - $(0,40-0,45) R_o$;
 - для внецентренно обжатых элементов - $(0,45-0,50) R_o$.

5.5. Величину напряжения в арматуре, контролируемого в процессе натяжения ее на упоры, принимают в соответствии с указаниями п.5.4.

Величины напряжений в напрягаемой арматуре A_n и A'_n , контролируемые при натяжении арматуры на сжатый бетон, определяют для сечения, по которому назначено σ_0 и σ'_0 , по формулам

$$\sigma_n = \sigma_0 - n \sigma_s = \sigma_0 - n \left(\frac{N_0}{J_n} + \frac{N_0 e_n \psi_n}{J_n} \right) \quad \text{кг/см}^2, \quad /4/$$

$$\sigma'_n = \sigma'_0 - n \sigma'_s = \sigma'_0 - n \left(\frac{N_0}{J_n} - \frac{N_0 e_n \psi'_n}{J_n} \right) \quad \text{кг/см}^2, \quad /5/$$

где $n = \frac{E_n}{E_s}$.

В формулах /4/ и /5/ σ_0 и σ'_0 принимают до проявления потерь; N_0 определяют после проявления потерь, происходящих до окончания обжатия бетона.

5.6. Величины установленных напряжений в бетоне σ_c и в арматуре σ_n после проявления всех потерь, используемые при вычислении главных напряжений в бетоне определяют: σ_n — по формуле /4/, а σ_c — по формуле /6/.

$$\sigma_c = \frac{N_0}{J_n} \pm \frac{N_0 e_n}{J_n} \psi \quad \text{кг/см}^2, \quad /6/$$

где N_0 и e_n определяют соответственно по формулам /2/ и /3/;

ψ см — расстояние от центра тяжести приведенного сечения до волокна, в котором определяется напряжение.

5.7. При определении напряжений и расчете сечений предварительно напряженных конструкций по образованию трещин следует учитывать напряжения в ненапрягаемой и напрягаемой арматуре.

При этом величины напряжений в напрягаемой арматуре σ_a и σ'_a принимают:

а/ непосредственно после обжатия бетона - с учетом потерь, происходящих до окончания обжатия бетона;

б/ в стадии эксплуатации элемента - с учетом всех потерь /п.5.8/.

Величины сжимающих напряжений в обычной ненапрягаемой арматуре σ_a и σ'_a принимают численно равными:

а/ в стадии обжатия бетона - потерям напряжений от усадки бетона;

б/ в стадии эксплуатации - сумме потерь напряжений от усадки и ползучести бетона.

Примечания: 1. Для стадии предварительного обжатия бетона, выполняемого не позднее 3-х суток после изготовления элемента, напряжения $\sigma_a = \sigma'_a = 0$;

2. При расположении равнодействующей усилий № на грани ядра сечения или вблизи него допускается принимать $\sigma'_a \approx 0$.

5.8. Значения потерь напряжения арматуры принимаются по табл.8.

Таблица 8

| № пп | Наименование факторов, которые вызывают потери предварительного напряжения | Величина потерь в кг/см ² при натяжении арматуры на | |
|---------|---|--|---|
| | | упоры | бетон |
| I | 2 | 3 | 4 |
| I | Усадка тяжелого бетона /смотри примечание I/ | 400 | 300 |
| 2 | Ползучесть тяжелого бетона /смотри примечание I/ | $\frac{k E_s R}{E_s R_0} \left[\sigma_s + 3R_0 \left(\frac{\sigma_s}{R_0} - 0.5 \right) \right]$ /смотри примечание 2/ | $0.75 \frac{k E_s R}{E_s R_0} \left[\sigma_s + 3R_0 \left(\frac{\sigma_s}{R_0} - 0.5 \right) \right]$ |
| 3 | Релаксация напряжений: а/ для высокопрочной арматурной проволоки и прядей | $\left(0.27 \frac{\sigma_s}{\sigma_{s0}} - 0.1 \right) \sigma_s$; $\left(0.27 \frac{\sigma_s'}{\sigma_{s0}'} - 0.1 \right) \sigma_s'$; /смотри примечание 3/ | |
| | б/ для горячекатаной стали класса А-IV | $0.4 \left(0.27 \frac{\sigma_s}{\sigma_{s0}} - 0.1 \right) \sigma_s$; $0.4 \left(0.27 \frac{\sigma_s'}{\sigma_{s0}'} - 0.1 \right) \sigma_s'$. /смотри примечания 3 и 4/ | |
| 4 | Деформация анкеров /обжатие шайб или прокладок, расположенных между анкерами и бетоном элемента/, равная $\lambda_1 = 0.1$ см на каждый анкер и деформация анкеров стаканного типа или колодок с пробками для пучковой арматуры или анкерных гаек для стержневой арматуры, равная $\lambda_2 = 0.1$ см на каждый анкер или захват | | $(\lambda_1 + \lambda_2) \frac{E_s}{\ell}$ где ℓ - длина натягивающего пучка или стержня в см /смотри примечание 5/ |

Продолжение табл. 8

| I | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 5 | Трение пучков, прядей или стержней арматуры о стенки каналов на прямолинейных и криволинейных участках | | $\sigma_a \left(1 - \frac{1}{e^{k_a t_{\text{рас}}}}\right)$ /смотри п.5.15 СНиП II-В.1-62/ |
| 6 | Смятие бетона под витками спиральной или кольцевой арматуры при диаметре конструкции до 3 м | - | 300 |
| 7 | Изменение разности температуры натянутой арматуры и устройства, воспринимающего усилие натяжения /например, при пропаривании или подогреве бетона и т.п./ | $20 \Delta t$, где $\Delta t \leq 80^\circ$ - разность между температурой арматуры и упоров, воспринимающих усилия натяжения | |

Примечания:

1. При наличии экспериментальных данных потери от усадки и ползучести бетона рекомендуется принимать по этим данным.

2. Величину напряжений σ_s определяют в соответствии с п.п.5.6 и 5.9 настоящих указаний до проявления потерь, происходящих после обжатия бетона; если при этом в процессе обжатия элемента его собственный вес оказывает влияние на распределение напряжений в сечении, то его следует учитывать наряду с другими нагрузками, которые действуют при обжатии бетона и остаются при эксплуатации конструкции.

При $\sigma_s \leq 0,5 R_c$ величины, стоящие в круглых скобках, при-

нимаются равными нулю.

Коэффициент λ принимается: $\lambda = 1$ при применении арматуры из высокопрочной арматурной проволоки и изделий из нее (пряди, пучки, канаты); $\lambda = 0,8$ – при применении других видов арматурной стали;

R_o кг/см² – кубиковая прочность бетона при его предварительном напряжении; принимается в размере не менее $R_o = 0,7 R$ кг/см².

Напряжения в бетоне σ_s , входящие в формулы поз.2 табл.8, определяются на уровне центра тяжести продольной арматуры A_s и A'_s .

3. При определении потерь от релаксации напряжений по формулам поз.3 таблицы 8 значения σ_s и σ'_s принимаются в соответствии с п. 5.2. настоящих указаний; если вычисленные значения этих потерь оказываются отрицательными, то следует принимать их равными нулю. Потери от релаксации напряжений в конструкциях, работающих при температуре более 40°, принимаются по опытным данным.

4. Для горячекатаной арматурной стали классов А-III, А-II и А-I, а также для арматурной стали А-ІІв и А-ІІв потери от релаксации принимаются равными нулю.

5. При применении анкеров в виде плотно завинчиваемых гаек или клиновых шайб, устанавливаемых между анкерами и элементом, либо между захватом и опорным устройством, потери за счет обжатия гаек и шайб могут не учитываться /т.е. $\lambda = 0$ /.

6. При передаче усилий от натяжения арматуры на металлические опорные балки, расположенные внутри камер пропаривания, или на металлическую опалубку потери напряжения арматуры от изменения разности температур можно принимать равными нулю.

5.9. Величина потерь от усадки и ползучести бетона по поз.1 и 2 табл.8 определяется для расчета конструкций в стадии эксплуатации.

Для промежуточных стадий работы конструкции, например при их контрольных заводских испытаниях, величина потерь от усадки и ползучести бетона, определенная по поз. I и 2 таблицы 8, умножается на коэффициент $\beta = \frac{4t}{100+3t}$, где

t - время в сутках, отсчитываемое при определении потерь от усадки бетона со дня окончания бетонирования конструкции, а при определении потерь от ползучести бетона - со дня его предварительного обжатия.

При этом значение β должно быть $\geq 0,4$.

Если заранее известно, что предварительно напряженная конструкция подвергается воздействию собственного веса и внешних нагрузок более чем через 100 суток после обжатия бетона, то величина потерь в стадии эксплуатации определяется при значении β , соответствующем фактическому сроку загружения конструкции.

5.10. При определении потерь от усадки и ползучести бетона должны быть учтены следующие указания:

а/ в конструкциях, подвергаемых для ускорения твердения бетона пропариванию или прогреву, потери за счет усадки и ползучести бетона во всех случаях следует принимать как для конструкций с натяжением арматуры на упоры;

б/ для свай и других конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности, величины потерь от усадки и ползучести бетона, указанные в поз. I и 2 таблицы 8, допускается снижать на 50%, а для конструктивных элементов ростверков эстакад - на 25%;

в/ для конструкций, предназначенных к эксплуатации в сухом и жарком климате /напр., в районах Средней Азии/, потери от усадки и ползучести бетона должны увеличиваться на 20-30%;

г/ в предварительно напряженных хомутах потери от ползучести не учитываются.

6. Расчет элементов бетонных конструкций
по прочности.

Общие указания.

6.1. Расчет прочности элементов бетонных конструкций должен производиться для сечений, нормальных к оси элементов.

6.2. При расчете бетонных конструкций допускаемые коэффициенты запаса прочности должны приниматься по таблице 9.

Таблица 9.

| № пп | Причины разру- шения бетонных элементов | допускаемые коэффициенты запаса проч- ности "К" при классе капитальности | | | | | |
|---------|---|---|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | | II | | III | | IV | |
| | | и при сочетании нагрузок и силовых воздействий | | | | | |
| | | основ- ные | осо- бые | основ- ные | осо- бые | основ- ные | осо- бые |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| I | Достижение бетоном пре- дела прочнос- ти при сжатии | 2,2 | 1,7 | 2,1 | 1,7 | 2 | 1,7 |
| 2 | Достижение бетоном пре- дела прочнос- ти при растя- жении | 3,3 | 2,5 | 3 | 2,3 | 2,8 | 2,3 |

Примечания:

I. Коэффициенты запаса прочности при учете сил, действую-

тих во время постройки, испытаний и ремонта сооружений, принимаются равными средним значениям между значениями коэффициентов основных и особых сочетаний нагрузок и воздействий.

При учете особых сочетаний в строительный и ремонтный периоды коэффициент запаса принимается по графе особых сочетаний.

2. При применении сборных элементов, изготавляемых на специализированных заводах, обеспечивающих постоянный контроль прочности выпускаемой продукции, коэффициент запаса прочности разрешается уменьшать на 10%, но не ниже 1,6.

3. При учете дополнительных сочетаний нагрузок и воздействий коэффициенты запаса прочности должны приниматься по графе основных сочетаний, уменьшенными на 10% /с округлением/.

Изгибающие элементы.

6.3. Расчет изгибающих бетонных элементов производится по формуле

$$kM \leq \gamma W_o R, \quad \text{кг.см},$$

где k - коэффициент запаса прочности, принимаемый по таблице 9, поз.2;

$\gamma = \frac{W_t}{W_o}$ - коэффициент перехода к упругопластическим характеристикам сечения, назначаемый по табл. 22 и 23 приложения I;

$$W_t = \gamma W_o \text{ или } W_t = \frac{2J_e}{h-x} + S, \quad \text{см}^3 \quad - \quad /87$$

- упругопластический момент сопротивления сечения для растянутой грани;

W_o см3 - упругий момент сопротивления сечения для растянутой грани;

J_e см4 - момент инерции сжатой части сечения относительно нулевой линии;

41

S_p см³ - статический момент растянутой части сечения относительно нулевой линии.

Положение нулевой линии сечения определяют из условия

$$S_c = 0,5(h-x)F_p \text{ см}^3, \quad /9/$$

где S_c - статический момент сжатой части сечения относительно нулевой линии;

F_p см² - площадь растянутой части сечения;

R_p кг/см² - предел прочности бетона, назначаемый по табл. I, поз. 3.

Расчет на местное смятие.

6.4. Расчет сечений при местном сжатии /смятии/ должен производиться по формуле

$$kN \leq \mu R_{cm} F_i \text{ кг,} \quad /10/$$

где

K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице 9, поз. I;

kN - нагрузка, приложенная к части рассматриваемого сечения /местная или сумма местной и основной нагрузок/;

- коэффициент, принимаемый равным 1 при равномерном распределении нагрузки на площади смятия и 0,75 - при неравномерном.

Остальные данные принимаются в соответствии с п.3.2.

7. Расчет элементов железобетонных конструкций по прочности.

Общие указания.

7.1. Расчет элементов железобетонных конструкций по

прочности должен производиться для нормальных, а также наклонных /наиболее опасного направления/ сечений к оси этих элементов.

Опорные части элементов должны быть проверены расчетом на смятие, а для предварительно напряженных конструкций, кроме того, следует проверять прочность концевых участков элемента при воздействии сосредоточенных усилий от натянутой арматуры.

В зонах действия местных нагрузок, сосредоточенных на небольших площадках производится проверка на местную прочность.

7.2. Для продольной арматуры A изгибаемых, внерадиально сжатых по первому случаю и внерадиально растянутых по первому случаю железобетонных элементов, расположенной в несколько рядов в пределах высоты, превышающей половину высоты растянутой зоны сечения, для арматурных стержней, расположенных на расстоянии более $0,5/h - X$ / от растянутой грани сечения, предел текучести или прочности арматуры вводится с коэффициентом 0,8.

Примечание. Указания п.7.2 не распространяются на элементы кольцевого сечения с арматурой, равномерно распределенной по периметру.

7.3. Если в центрально сжатых, изгибаемых или внерадиально сжатых железобетонных элементах площадь сечения продольной арматуры, расположенной в сжатой зоне, составляет более 3% от площади сечения этой зоны, то в расчетных формулах следует учитывать уменьшение действительной площади бетона сжатой зоны на величину площади сечения, расположенной в ней арматуры.

Уменьшение площади сжатой зоны бетона рекомендуется

учитывать в тех случаях, когда это приводит к существенному снижению прочности сечения /например, центрально и внецентренно сжатых по второму случаю элементах, в изгибаемых с количественным использованием сжатой зоны и близких к ним и т.д./.

7.4. Расчетную длину ℓ_0 при расчете центрально и внецентренно сжатых железобетонных элементов на прочность с учетом продольного изгиба можно определять как для элементов рамной конструкции /плоской или пространственной/ в предположении неодновременной потери их устойчивости полагая, что нагрузка расположена наиболее невыгодно для рассматриваемого элемента.

При определении расчетных длин стоек коэффициент приведения допускается принимать в соответствии с указанием п. 21.34, часть I настоящего "Пособия". В случаях, не охваченных указанным выше пунктом в зависимости от действительных условий работы конструкции и закреплений на концах.

Дополнительные указания по расчету прочности
предварительно напряженных элементов.

7.5. В изгибаемых, центрально и внецентренно сжатых, а также внецентрально растянутых по первому случаю предварительно напряженных железобетонных элементах напрягаемую арматуру, имеющую сцепление с бетоном и расположенную в зоне, сжатой от действия внешних усилий, вводят в расчет с напряжением, определяемым по формуле

$$\sigma_c = \zeta_{c, \text{пред}} E_n - \sigma'_s \quad \text{кг/см}^2, \quad /II/$$

где

$$E_n \text{ кг/см}^2$$

- модуль упругости напрягаемой арматуры, принимаемый в соответствии с табл.5;

$$\zeta_{c, \text{пред}} = 0,002$$

- предельное относительное укорочение сжатого бетонного волокна, принимаемое в соответствии с опытными дан-

ными, а при отсутствии таковых, величине, указанной выше;

σ'_c кг/см²

- растягивающее предварительное напряжение в арматуре, расположенной в зоне, сжатой от действия внешних усилий, принимаемое в зависимости от рассматриваемой стадии работы элемента, условий натяжения арматуры и величины потерь, согласно п.5.8 настоящих норм.

Напряжение σ'_c может быть сжимающим, нулевым или растягивающим. Если напряжение σ'_c будет сжимающим, то оно должно приниматься $\sigma'_c \leq \sigma_{(p,r)}$.

Если напрягаемая арматура, расположенная в зоне, сжатой от действия внешних усилий, выполняется из стали различных классов, или видов, каждая из них вводится в расчет со своим значением σ'_c .

7.6. При расчете прочности элементов в стадии изготавления на воздействие центрального или внецентренного предварительного обжатия /с учетом в необходимых случаях собственного веса и монтажных нагрузок/ усилия напрягаемой арматуры вводят в расчет как внешние нагрузки, при этом учитывают следующие указания:

а/ для элементов, обжимаемых центрально, усилие обжатия определяют с учетом всей напрягаемой арматуры N_u ;

б/ для элементов, обжимаемых внецентренно, усилие обжатия определяют только от напрягаемой арматуры, расположенной в наиболее обжатой зоне N'_u ;

в/ усилия обжатия N_u и N'_u вычисляются по формулам:
При натяжении арматуры на упоры

$$N_u = (\mathcal{F}_u + \mathcal{F}'_u)(\sigma_o - \zeta_{\text{сжатия}} E_u) \quad \text{кг,} \quad /12/$$

$$N_u' = F_u' (\sigma_o' - \zeta_{c, \text{upr}} E_u) \quad \text{кг} , \quad /I3/$$

где σ_o' и σ_o кг/см² - предварительное напряжение в арматуре сжатой и растянутой зоны после проявления потерь, происходящих до окончания обжатия бетона;

$\sigma_n = \zeta_{c, \text{upr}} E_u \leq \zeta_u$ кг/см² - величина снижения /потери/ предварительного напряжения в арматуре при доведении бетона сжатой зоны до разрушения;

F_u' см² - в формулах /I3/, /I5/ и /I7/ площадь арматуры сжатой зоны (наиболее обжатой части) сечения.

При натяжении одновременно всей арматуры на бетон

$$N_u = (F_u + F_u') \sigma_u \quad \text{кг} , \quad /I4/$$

$$N_u' = F_u' \sigma_u \quad \text{кг} , \quad /I5/$$

где σ_u кг/см² - контролируемое предварительное напряжение в арматуре по окончании обжатия бетона до проявления потерь.

При натяжении на бетон арматуры поочередно группами.

$$N_u = (F_u + F_u') (\sigma_o - \sigma_n) \quad \text{кг} , \quad /I6/$$

$$N_u' = F_u' (\sigma_o' - \sigma_n) \quad \text{кг} , \quad /I7/$$

где σ_o и σ_o' кг/см² - то же значение, что и при натяжении арматуры на упоры;

$$\sigma_n = \frac{F_u}{F_u} \frac{F_u'}{F_u} \zeta_{c, \text{upr}} E_u \quad \text{кг/см}^2 - \quad /I8/$$

- величина снижения /потери/ предва-

- рительного напряжения в арматуре;

F_a F_z см²

- соответственно наименьшая и наибольшая площади поперечных сечений обжимаемого элемента; для элементов с постоянным поперечным сечением принимают $\frac{F_z}{F_a} = 1$;

$F_{p,n}$ см²

- площадь напрягаемой арматуры всех групп обжимаемой зоны элемента, прочность которой проверяется, кроме площади последней группы, которая равна $F_a - F_{p,n}$;

F_n см²

- для элементов, обжимаемых центрально - площадь сечения всей напрягаемой арматуры; для элементов, обжимаемых внецентренно - площадь сечения всей напрягаемой арматуры обжимаемой зоны элемента, прочность которой проверяется.

Расчет прочности при обжатии бетона производят с учетом расчетного сопротивления бетона, соответствующего его фактической прочности в момент обжатия и назначают его по таблице I путем интерполяции.

Примечание. При натяжении арматуры на бетон в элементах, имеющих на отдельных участках местное уменьшение сечения /например, за счет устройства проемов/, расчет прочности сечений на этих участках должен производиться на усилие обжатия арматурой, определяемое с учетом указаний настоящего пункта, но при величине снижения предварительного напряжения в арматуре $\sigma_n = 0$.

7.7. Расчет прочности железобетонного элемента при обжатии бетона арматурой, натягиваемой на бетон, производят с учетом в необходимых случаях влияния продольного изгиба или прогиба элемента:

а/ при арматуре, не имеющей сцепления с бетоном и способной смещаться по поперечному сечению элемента, расположенной в каналах, пазах, выемках или за пределами сечения, следует учитывать: при осевом обжатии элемента - влияние продольного изгиба по указаниям п.7.9; при внецентренном обжатии элемента - влияние прогиба элемента в плоскости действия момента на величину эксцентричности продольной силы по указаниям пп. 7.39 и 7.40. При этом расчетную длину элемента принимают равной расстоянию между устройствами, прикрепляющими арматуру к бетону по длине элемента;

б/ при арматуре, расположенной в закрытых каналах и не смещающейся по поперечному сечению элемента, влияние продольного изгиба или прогиба элемента не учитывают. Расчет прочности железобетонного элемента при обжатии бетона арматурой, натянутой на упоры и имеющей сцепления с бетоном производится без учета влияния продольного изгиба или прогиба элемента от обжатия.

При определении прогиба элемента и при расчете его на продольный изгиб в стадии обжатия, кроме усилия обжатия, в необходимых случаях следует учитывать влияние собственного веса элемента, совместную работу его с другими элементами конструкций и т.п.

7.8. Для предварительно напряженных элементов, прочность которых исчерпывается с образованием трещин в растянутой зоне вследствие достижения растянутой арматурой предела прочности или предела текучести, усилия, воспринимаемые сечением элемента, должны приниматься уменьшенными на 15% против определенных расчетом.

7.9. Расчет прочности центрально сжатых железобетонных элементов в стадии изготовления на воздействие предварительного напряжения производится по формуле

$$kN_u = \varphi (R_{ap}^p F + \sigma_a F_a) \quad \text{кг,} \quad (19)$$

где K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2 или I3;

$\varphi = I$ - при натяжении арматуры на упоры.

При натяжении арматуры на бетон коэффициент φ определяется по таблице I0.

7.10. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов в стадии изготовления на воздействие предварительного напряжения с учетом собственного веса производится по формуле:

а) при "больших" эксцентрикитетах силы N' , т.е. для сечений, удовлетворяющих условию $s_s \leq \zeta \cdot s_0$,

$$kN'_u \leq R_{ap}^p F_s + \sigma_a (F_a - F'_a) - \sigma_{t,ap} (F'_a - f'_a) \quad \text{кг;} \quad (20)$$

положение нейтральной линии определяется из уравнения

$$R_{ap}^p s_{\text{нн}}' \pm kM \pm \sigma_a F_a e + \sigma_t F'_a e' + \sigma_{t,ap} F'_a e'_a \quad \text{кгсм;} \quad (21)$$

б) при "малых" эксцентрикитетах силы N' , т.е. для сечений при выполнении условия $s_s > \zeta \cdot s_0$,

$$kN'_u e' \pm kM \leq R_{ap}^p s'_0 + \sigma_t s'_a \quad \text{кгсм.} \quad (22)$$

В тавровых или двутавровых сечениях арматура, расположенная у менее сжатой или растянутой грани при проверке условия

$$s_t + \zeta \cdot s_0 \quad \text{или} \quad s_s > \zeta \cdot s_0 \quad \text{не учитывается.}$$

Значения коэффициентов ψ и m_{ψ} для железобетонных элементов

Таблица 10

| | $\frac{L_0}{d}$ | ≤ 8 | I0 | I2 | I4 | I6 | I8 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | $\frac{L_0}{d}$ | ≤ 7 | 8,5 | I0,5 | I2 | I4 | I5,5 | I7 | I9 | I1 | 22,5 | 24 | 26 | 28 | 29,5 | 31 | 33 | 34,5 |
| Бетон твя- жел- кий | $\frac{L_0}{d}$ | ≤ 28 | 35 | 42 | 48 | 55 | 62 | 69 | 76 | 83 | 90 | 97 | I04 | III | II8 | I25 | I32 | I39 |
| | ψ | I | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,77 | 0,73 | 0,68 | 0,64 | 0,59 | 0,54 | 0,49 | 0,44 | 0,40 | 0,35 |
| | m_{ψ} | I | I | 0,96 | 0,93 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,74 | 0,70 | 0,67 | 0,63 | 0,59 | 0,55 | 0,52 | 0,48 | 0,45 |

Полка, расположенная у менее сжатой грани - при отсутствии растяжения, учитывается полностью.

Если сила N'_h приложена между точками приложения равнодействующих усилий в арматуре A и A'_h , A' , то должно быть удовлетворено дополнительное условие

$$kN'_h e \neq kM \leq R_a^p S_o + \alpha_s S_a \quad \text{кгсм,} \quad /23/$$

где N'_h кг

- продольное сжимающее усилие от предварительно напрягаемой арматуры, определяемое в соответствии с требованиями п.7.6;

M кгсм

- изгибающий момент от собственного веса конструктивного элемента;

J_{δ_h} см³

- статический момент площади сечения сжатой зоны бетона J_{δ} относительно линии приложения силы N'_h ;

J'_o и J_o см³

- статические моменты всей рабочей площади поперечного сечения бетона высотой h , относительно центра тяжести арматуры A' и A соответственно;

J_{δ} см³

- статический момент площади сечения сжатой зоны бетона J_{δ} высотой X относительно центра тяжести арматуры A' ;

J'_a и J_a см³

- статические моменты площади сечения арматуры A и A' относительно центра тяжести арматуры A' и A ;

R_a^p кг/см²

- предел прочности бетона /сжатие при изгибе/, при имеемый с учетом прочности бетона, предусмотренной проектом к моменту создания предварительных напряжений, и назначаемый по интерполяции между табличными значениями /п.3.1, таблица I/;

- $f'_n \text{ см}^2$ - площадь сечения группы стержней арматуры A'_n , напрягаемой на последнем этапе напряжения;
- κ - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2 или I3;
- e и $e' \text{ см}$ - расстояния от линии действия силы N'_n до равнодействующих усилий в арматуре F_a и F'_a соответственно;
- $e'_n \text{ см}$ - то же до арматуры F'_a , находящейся в стадии эксплуатации в сжатой зоне сечения элемента;
- ζ - коэффициент, назначаемый по таблице II.

Таблица II

| Проектная марка бетона | 400 и ниже | 500 | 600 |
|-------------------------------|------------|-----|------|
| Значение коэффициента ζ | 0,8 | 0,7 | 0,65 |

Центрально растянутые элементы.

7.II. Расчет прочности центрально растянутых железобетонных элементов следует производить по формуле

$$kN \leq \sigma_{t,sp} F_a + \sigma_t F_a \quad \text{кг,} \quad /24/$$

где

κ - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2 или I3, соответственно по поз. I "б" и поз. I.

N кг - внешняя продольная сила.

Для предварительно напряженных элементов, армированных проволокой, пучками или прядями без анкеров, при проверке сечений у концов элемента в пределах длины зоны анкеровки напрягаемой арматуры (см. п.7.24, табл. I4) пределы прочности или пределы текучести этой арматуры в формуле (24) следует принимать уменьшенными в соответствии с указаниями п.7.24.

Допускаемые коэффициенты запаса прочности для железобетонных элементов конструкций при армировании стержневой мягкой сталью назначаются по табл. I2.

Допускаемые коэффициенты запаса прочности железобетонных предварительно напряженных элементов конструкций, армированных высокопрочной арматурой из твердой стали в пучках и прядях, назначаются по таблице I3.

Изгибающие элементы.

7.12. Расчет прямоугольных сечений, нормальных к продольной оси, изгибаемых железобетонных элементов производится из условия

$$kM \leq R_u \delta x (h_0 - 0,5x) + \sigma'_c F'_n (h_0 - a'_n) + \sigma'_r F'_a (h_0 - a'_a) \text{ кгсм}, \quad (25)$$

$$x = \frac{\sigma_{r,sp} F_n - \sigma'_c F'_n + \sigma'_r (F_n - F'_n)}{R_u \delta} > 2a' \text{ см.} \quad (26)$$

Для элементов с тавровым и двутавровым поперечным сечением имеющим полку в скатой зоне, если нейтральная ось проходит в полке, т.е. если соблюдается условие

$$\sigma_{r,sp} F_n + \sigma'_r F'_a \leq R_u \delta h'_n + \sigma'_c F'_n + \sigma'_r F'_a \text{ кг,} \quad (27)$$

то расчет производится как для прямоугольного сечения с шириной $\delta = \delta'_n$ по формулам (25) и (26), при этом если $\frac{h'_n}{h_n} \leq 0,2$ расчет разрешается производить по формуле

$$kM \leq (\sigma_{r,sp} F_n + \sigma'_r F'_a)(h_0 - 0,5h'_n) \text{ кгсм,} \quad (28)$$

Таблица I2

Продолжение табл. 12

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II |
|----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | жении /главные на- пражнения/: | | | | | | | | | |
| a/ | при отсутствии расчетной попе- речной арматуры /косые отдержки и хомуты, а также отгибы/; | 3,0 | 2,3 | 2,0 | 2,7 | 2,2 | 2,0 | 2,4 | 2,0 | 2,0 |
| b/ | при наличии расчетной попе- речной арматуры | I,3 | I,2 | I,I | I,3 | I,2 | I,I | I,2 | I,2 | I,I |

4

Примечания:

I и 2 смотри примечания табл.9.

3. Для отдельных элементов /сооружений/ II класса капитальности, прочность которых не влияет на прочность и устойчивость сооружения, значения коэффициентов разрешается принимать как для сооружений III класса капитальности.

4. При назначении нагрузок и воздействий при дополнительных сочетаниях коэффициенты запаса принимаются для поз. I "a", и "б" и 2 "a" таблицы I2 по графе основных сочетаний, уменьшенные на 10% с округлением, а для поз. 2 "б" - по графе основных сочетаний без снижения.

Таблица 13

| № пп | Причины разрушения железобетон- ных элемен- тов | Допускаемые коэффициенты запаса прочности "К" для железобетонных элемен- тов армированных высокопрочной арматурой из твердой стали при классе капитальности сооружений | | | | | | | | | |
|---------|--|--|-----|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|
| | | II | | | III | | | IV | | | |
| | | и при сочетаниях нагрузок и силовых воздействий | | основные | осоbые | монтажные | основные | осоbые | монтажные | основные | осоbые |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II | |
| I | Достижение арма- турой предела прочности при растяжении или бетоном предела прочности при сжа- тии | | | | | | | | | | |
| 2 | См.поз.2 "а" и 2 "б" табли- цы I2 | 2,6 | 2,8 | 1,9 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 2,2 | 2,1 | 1,7 | |
| | | Принимаются по таблице I2 | | | | | | | | | |

Примечания:

I и 2 смотри примечания табл.9.

3. При значительном содержании в конструктивном элементе арматуры из мягкой стали коэффициенты запаса прочности допускается определять по интерполяции в соответствии с соотношением площадей арматуры из мягкой и твердой стали, расположенной в растянутой зоне.

Если нейтральная ось проходит в ребре, т.е. когда не соблюдено условие (27), расчет производится по формуле

$$kM \leq R_u \delta x (h_n - 0,5x) + R_{np} h_n' (b_n' - \delta) (h_n - 0,5h_n') + \sigma_c' F_n' (h_n - a_n') + \sigma_r F_n' (h_n - a_n') \quad \text{кг.} \quad (29)$$

При этом положение нейтральной линии находится из выражения

$$\sigma_{c,np} F_n + \sigma_r F_n = R_u \delta x + R_{np} h_n' (b_n' - \delta) + \sigma_c' F_n' + \sigma_r F_n' \quad \text{кг.} \quad (30)$$

7.13. В изгибаемых железобетонных элементах с полкой в сжатой зоне вводимая в расчет ширина свеса полки в каждую сторону от ребра не должна превышать половины расстояния в свету между соседними ребрами и $I/6$ пролета рассчитываемого элемента.

Кроме того, для элементов, не имеющих на длине пролета поперечных ребер или имеющих поперечные ребра на расстояниях больше расстояния между продольными ребрами, при $h_n' < 0,1h$ вводимая в расчет ширина свеса полки в каждую сторону от ребра не должна превышать величины $6h_n'$.

Для отдельных балок таврового сечения (при консольных свесах полки) вводимая в расчет ширина свесов полки в каждую сторону от ребра должна составлять: при $h_n' > 0,1h$ — не более $6h_n'$, т.е. расчетная ширина $b_n' = 12h_n' + \delta$ см; (31) при $0,05h \leq h_n' \leq 0,1h$ — не более $3h_n'$, т.е. расчетная ширина $b_n' = 6h_n' + \delta$ см; (32) при $h_n' < 0,05h$ консольные свесы полки в расчет не вводятся, т.е. принимается $b_n' = \delta$.

7.14. В изгибаемых железобетонных элементах симметричных сечений положение нейтральной оси, отвечающее достаточной прочности бетона сжатой зоны, при изгибе в плоскости оси симметрии должно удовлетворять условию

$$\beta_c \leq \zeta \cdot \beta_0 \quad \text{см}^3. \quad (33)$$

Для элементов, имеющих полку в сжатой зоне, при расположении нейтральной оси в ребре, проверка условия /33/ производится как для прямоугольного сечения, без учета свесов полки. Свесы полки, расположенные в растянутой зоне, при проверке условия /33/ не учитываются во всех случаях.

Значения коэффициента ζ принимаются по таблице II.

Рекомендации настоящего пункта не распространяются на элементы кольцевого или круглого сечения с продольной арматурой равномерно распределенной по окружности /п.7.18/.

7.15. Если количество арматуры в растянутой зоне сечения изгибающего элемента принято большим, чем это требуется для соблюдения условий /25/, /28/ или /29/ (например, из условия расчета по образованию трещин), то при проверке условия /33/ следует учитывать лишь ту часть сечения арматуры растянутой зоны, которая требуется из расчета на прочность.

7.16. Если в расчете учитывается арматура, расположенная в сжатой зоне, то указанными п.7.12 можно пользоваться лишь при соблюдении условия

$$z_e \leq z_a \quad \text{см,} \quad /34/$$

где

z_e см

- расстояние между равнодействующими усилий в сжатой зоне бетона и равнодействующей усилий в арматуре A растянутой зоны;

z_a см

- расстояние между равнодействующими усилий в арматуре сжатой зоны и в арматуре растянутой зоны, при этом следует иметь в виду, что напрягаемую арматуру сжатой зоны, являющуюся растянутой при расчете прочности, при определении величины z_e не учитывают.

Если условие /34/ не соблюдается, что может иметь место в случае, если в сжатой зоне поставлена арматура,

избыточной против требуемой по расчету, то следует, не пользуясь формулами /25/ + /30/ определять требуемую площадь сечения растянутой арматуры из условия

$$kM \leq (\sigma_{t,sp} F_n + \sigma_t F_a) z_a \quad \text{кгсм.} \quad /35/$$

7.17. Постановка специальной расчетной ненапрягаемой арматуры в сжатой зоне изгибающихся элементов допускается только при ограниченной высоте сечения, при наличии изгибающихся моментов двух знаков или в случаях каких-либо особых требований.

Приложение сечений изгибающихся элементов с арматурой в сжатой зоне, не удовлетворяющих условию

$$kM \leq R_u S_o + \sigma'_c F'_n (h_o - a'_n) \quad \text{кгсм,} \quad /36/$$

не рекомендуется по соображениям экономии арматуры. Ненапрягаемую арматуру сжатой зоны не следует учитывать в расчете, если соблюдение условия /35/ приводит к уменьшению расчетной прочности элемента по сравнению с расчетом по формулам /25/ + /30/ без учета ненапрягаемой арматуры сжатой зоны.

7.18. Изгибающие железобетонные элементы колышевого сечения /трубчатые/ с напрягаемой и ненапрягаемой продольной арматурой, равномерно распределенной по длине окружности, должны удовлетворять условию

$$kM \leq 0,318 \left[R_u F \frac{l_1 + l_2}{2} + (\sigma_{t,sp} + \sigma'_c) F'_n l_n + 2\sigma_t F_a l_a \right] \sin(180^\circ \alpha_n) \quad \text{кгсм,} \quad /37/$$

где

$$\alpha_n = \frac{\sigma_{t,sp} F_n + \sigma_t F_a}{(\sigma_{t,sp} + \sigma'_c) F'_n + 2\sigma_t F_a + R_u F} ; \quad /38/$$

при этом значения α_n должны удовлетворять условиям:

а) для элементов с ненапрягаемой арматурой, а также для

элементов с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой при $G_a < 2000$ кг/см²

$$\alpha_k \leq \frac{\zeta}{2,7}; \quad /39/$$

б) для элементов только с напрягаемой арматурой

$$\alpha_k \leq \frac{\zeta}{1,6}; \quad /40/$$

в) для элементов с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой при $G_a \geq 2000$ кг/см²

$$\alpha_k = \frac{0,9F_a + F_n}{3F_a + 2F_n} \cdot \frac{\zeta}{0,8} \quad /41/$$

В формулах /37/ \div /41/:

- F см² - площадь всего сечения бетона;
- F_n см² - площадь сечения всей продольной ненапрягаемой арматуры;
- F_a см² - площадь сечения всей продольной напрягаемой арматуры;
- ζ_1 и ζ_2 см - соответственно внутренний и наружный радиусы кольцевого сечения;
- ζ_a и ζ_n см - соответственно радиусы окружностей, проходящих через центры сечения стержней продольной ненапрягаемой и напрягаемой арматуры;
- ζ - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2 или I3 в зависимости от вида армирования.

Примечание. Рекомендации п.7.18 распространяются на сечения с отношением $\frac{\zeta_2 - \zeta_1}{\zeta_2} \leq 0,5$ при числе продольных стержней в поперечном сечении элемента не менее 6.

7.19. Расчет сечений, наклонных к продольной оси железобетонного элемента, должен производиться как на действие изгибающего момента, так и на действие поперечной силы.

7.20. Элементы прямоугольного, таврового, двутаврового и коробчатого сечений следует проектировать так, чтобы удовлетворялось условие

$$kQ \leq 0,25 R_u b h_0 \quad \text{кг,} \quad /42/$$

где k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз.2 "а".

В случае несоблюдения условия /42/ следует повысить марку бетона или увеличить размеры поперечного сечения, либо одновременно повышать марку бетона и увеличивать размеры сечения.

7.21. Расчет прочности наклонных сечений железобетонных элементов по изгибающему моменту следует производить по формуле

$$kM \leq \sigma_{t,mp} F_n z_n + \sum \sigma_{t,mp} F_{n,e} z_{n,e} + \sum \sigma_{t,mp} F_{n,x} z_{n,x} + \\ + \sigma_t F_n z_n + \sum \sigma_t F_{n,e} z_e + \sum \sigma_t F_{n,x} z_x \quad \text{кг.см,} \quad /43/$$

где

k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз. I "б" или по таблице I3 поз. I;

F см²

- площадь сечения всех отогнутых ненапрягаемых стержней, расположенных в одной наклонной к оси элемента плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение;

F_e см²

- то же, напрягаемых;

| | | |
|--------------------|-----------------|--|
| \mathcal{F}_x | см ² | <ul style="list-style-type: none"> - площадь сечения всех поперечных ненапрягаемых стержней /ветвей хомутов/, расположенных параллельно плоскости изгиба в одной нормальной к оси элемента плоскости, пересекающей рассматриваемое наклонное сечение; при одинаковом диаметре поперечных стержней $\mathcal{F}_x = f_x n_x$; |
| \mathcal{F}_{nx} | см ² | <ul style="list-style-type: none"> - то же, напрягаемых; при одинаковом диаметре поперечных стержней $\mathcal{F}_{nx} = f_{nx} n_{nx}$; |
| f_x | см ² | <ul style="list-style-type: none"> - площадь сечения одного поперечного ненапрягаемого стержня, параллельного плоскости изгиба /одной ветви хомута/; |
| f_{nx} | см ² | <ul style="list-style-type: none"> - то же, напрягаемого; |
| n_x | | <ul style="list-style-type: none"> - число поперечных ненапрягаемых стержней /ветвей хомутов/, расположенных в одной нормальной к оси элемента плоскости; |
| n_{nx} | | <ul style="list-style-type: none"> - то же, напрягаемых; |
| Z_n | см | <ul style="list-style-type: none"> - расстояния от оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через центр тяжести сжатой зоны бетона до плоскостей расположения продольных напрягаемых стержней, пересекающих рассматриваемое наклонное сечение элемента; |
| Z_{no} | см | <ul style="list-style-type: none"> - то же, для отогнутых стержней; |
| Z_{nx} | см | <ul style="list-style-type: none"> - то же, для хомутов; |
| Z_a | см | <ul style="list-style-type: none"> - то же, для продольных ненапрягаемых стержней; |
| Z_o | см | <ul style="list-style-type: none"> - то же, для отгибов ненапрягаемых; |
| Z_x | см | <ul style="list-style-type: none"> - то же, для ненапрягаемых хомутов. |

Направление наиболее опасного наклонного сечения /по

изгибающему моменту/ для элементов с постоянной высотой сечения определяется из условия

$$KQ \leq \sum \sigma_{t,mp} F_{n,x} \sin \alpha_n + \sum \sigma_t F_o \sin \alpha + \sum \sigma_{t,mp} F_{n,x} + \sum \sigma_t F_x \quad \text{кг}, \quad /44/$$

где K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз.2 "а";

Q кг - поперечная сила у конца наклонного сечения в сжатой зоне элемента;

α и α_n - угол наклона отогнутых соответственно ненапрягаемых и напрягаемых стержней к продольной оси элемента в рассматриваемом сечении.

Примечание. При расчете наклонного сечения положение его нейтральной линии определяется из условия /26/ как для сечения, нормального к оси элемента и расположенного таким образом, что центр тяжести его сжатой зоны лежит на наклонном сечении.

7.22. Проверку на изгиб по наклонным сечениям для балок с постоянной или с плавно изменяющейся высотой сечения допускается не производить при обеспечении ряда расчетных и конструктивных требований п.п.7.36 и 7.40, п.п.I2.9, I2.12, I2.33 и I2.34 СНиП П-В.1-62, обеспечивающих достаточную прочность в наклонных сечениях при расчете по изгибающему моменту.

7.23. Для элементов с резко меняющейся высотой сечения, например для балок или колесолей с подрезкой должен производиться расчет на действие изгибающего момента в наклонном сечении, проходящем через входящий угол подрезки.

7.24. Для предварительно напряженных элементов, арми-

рованных проволокой, пучками или прядями без анкеров, должна быть проверена прочность на изгиб по наклонным сечениям, начинаяющимся у грани опоры, а также на длине зоны анкеровки ℓ_{an} ! При этом предел прочности арматуры принимается в начале зоны анкеровки равным "нулю", а в остальных точках - равным

$$\sigma_0 \frac{\ell_x}{\ell_{an}} \leq \sigma_{t,sp} \quad \text{кг/см}^2, \quad /45/$$

где

ℓ_x см - расстояние от начала зоны анкеровки до рассматриваемой точки.

Величина ℓ_{an} см принимается равной:

$$\text{при } \sigma_0 = 10000 \text{ кг/см}^2 \quad \ell_{an} = k_{an} d \quad \text{см}; \quad /46/$$

$$-\text{--} \quad \sigma_0 < 10000 \text{ кг/см}^2 \quad \ell_{an} = \frac{k_{an} d \sigma_0}{10000} \quad \text{см}; \quad /47/$$

$$-\text{--} \quad \sigma_0 > 10000 \text{ кг/см}^2 \quad \ell_{an} = k_{an} d + 3 \frac{\sigma_0 - 10000}{R_o} \quad \text{см}; \quad /48/$$

$$\text{при стержневом армировании } \ell_{an} = k_{an} \cdot d \quad \text{см}, \quad /48/$$

где

d см - диаметр стержня проволоки или пряди;

k_{an} - коэффициент, принимаемый по таблице I4.

Таблица I4

| Вид арматуры | Значения коэффициента K_{an} при кубиковой прочности бетона в момент его обжатия R_o в кг/см ² | | | |
|--|---|-----|-----|-----|
| | 200 | 300 | 400 | 500 |
| Высокопрочная проволока периодического профиля | 100 | 80 | 60 | 45 |
| Семипроволочные пряди диаметром 4,5-9 мм | 70 | 60 | 50 | 45 |
| То же, диаметром 12 и 15 мм | 50 | 40 | 35 | 30 |
| Стержневая арматура | 15 | 15 | 15 | 15 |

Примечание. При мгновенной передаче предварительного напряжения на бетон начало зоны анкеровки арматуры принимают на расстоянии от торца элемента из тяжелого бетона $- 0,25 \ell_{an}$.

- σ_0 кг/см² - значение предварительного напряжения в арматуре с учетом потерь, происходящих до окончания обжатия бетона /см. п. 5.7/;
- σ_c кг/см² - кубиковая прочность бетона при его обжатии, назначаемая в соответствии с требованиями проекта.

Проверка прочности на изгиб по наклонным сечениям должна производиться с учетом возможности частичного нарушения сцепления арматуры с бетоном /например, при мгновенной передаче на бетон предварительного напряжения/. В этом случае должна быть проверена также и прочность на изгиб по нормальному к оси элемента сечению, проходящему от торца элемента на расстоянии для тяжелого бетона $0,25 \ell_{an}$, при этом предварительно напряженная арматура в расчете не учитывается /в случае отсутствия на длине зоны анкеровки ненапрягаемой арматуры сечение рассчитывается как бетонное/.

7.25. Расчет наклонных сечений элементов по поперечной силе должен производиться в следующих местах по длине элемента:

- а/ в сечениях, проходящих через грань опоры;
- б/ в сечениях, проходящих через расположенные в растянутой зоне начала отгибов;
- в/ в сечениях, проходящих через расположенные в растянутой зоне точки изменения интенсивности поперечного армирования.

7.26. Расчет прочности наклонных сечений элементов, перечисленных в п.7.20, по поперечной силе, действующей в плоскости оси симметрии сечения, может не производиться, если соблюдается условие

$$kQ \leq R_p \delta h, \quad \text{кг,} \quad /49/$$

где k — коэффициент запаса, прочности, назначаемый по табл.12, поз.2 "а".

В этом случае для балок поперечное армирование назначается по конструктивным соображениям в соответствии с указаниями СНиП II-В.1-62 п.п.12.20 - 12.34.

7.27. В элементах постоянной высоты расчет наклонных сечений по поперечной силе производится из условия

$$kQ \leq \sum \sigma_{t,mp} F_{n,0} \sin \alpha_n + \sum \sigma_{t,mp} F_{n,x} + \sum \sigma_t F_x \sin \alpha + \sum \sigma_t F_x \cdot Q_f \quad \text{кг,} \quad /50/$$

где

Q кг — поперечная сила;

Q_f кг — проекция предельного усилия в бетоне любого наклонного сечения на нормаль к оси элемента.

Остальные обозначения те же, что и в формулах /43/ и /44/ п.7.21.

Значение проекции предельного усилия в бетоне для прямоугольных, тавровых, двутавровых и коробчатых сечений определяется по формуле

$$Q_f = \frac{0,15 R_p \delta h_x^2}{c} \quad \text{кг,} \quad /51/$$

где

C см — проекция длины наклонного сечения на ось элемента. .

Примечание. При расчете предварительно напряженных элементов, армированных проволокой, пучками или прядями без анкеров (в п. 7.27 и в последующих пунктах) следует учитывать уменьшение предела прочности напрягаемой арматуры (как отогнутой, так и поперечной) на длине зоны анкеровки в соответствии с указаниями п. 7.24.

7.28. При отсутствии отогнутой напрягаемой и ненапрягаемой арматуры элементы постоянного сечения следует рассчитывать по прочности от поперечной силы из условия

$$k Q \leq Q_{x,5} \text{ кг,} \quad (52)$$

где

k — коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. I2, поз. 2 "а";

$Q_{x,5}$ кг — предельная поперечная сила, воспринимаемая бетоном сжатой зоны и поперечными стержнями (хомутами), в невыгоднейшем наклонном сечении.

Для элементов прямоугольного, таврового, двутаврового и коробчатого сечений, армированных поперечными стержнями (хомутами), расположенными в плоскостях, нормальных к продольной оси элемента,

$$Q_{x,5} = \sqrt{0,6 R_u b h_0^2 q_x - (b_{\text{т,п}} \mathcal{F}_{u,x} + b_r \mathcal{F}_x) \text{ кг,}}$$

где $q_x = \frac{\mathcal{F}_{u,x} \mathcal{F}_{u,x}}{u_n} + \frac{\mathcal{F}_x \mathcal{F}_x}{u_n}$ — предельное усилие в поперечных напрягаемых и ненапрягаемых стержнях (хомутах) на единицу длины элемента;

$\mathcal{F}_{u,x}$ и \mathcal{F}_x см² — те же значения, что в формулах (43) и (44) п. 7.21;

u_n и u см — расстояния по длине элемента между поперечными соответственно напрягаемыми ($\mathcal{F}_{u,x}$) и ненапрягаемыми (\mathcal{F}_x) стержнями (хомутами).

Длина проекции невыгоднейшего наклонного сечения на продольную ось элемента с предварительным напряжением и без

кого равна увеличенной до целого числа шагов поперечных напрягаемых и ненапрягаемых стержней /хомутов/ величине c_0 ,

где $c_0 = \sqrt{\frac{0,15 R_u b h^2}{q_x}}$ см. /53/

7.29. При армировании элемента поперечными стержнями /хомутами/, расположенными нормально к продольной оси элемента, и отогнутыми стержнями необходимое сечение отгибов, располагаемых в одной наклонной плоскости, допускается определять по формуле

$$F_0 = \frac{kQ - Q_{xs}}{\sigma_t \sin \alpha} \text{ см}^2, \quad /54/$$

где

Q кг - поперечная сила в месте расположения данной плоскости отгибов;

k - коэффициент запаса прочности, принимаемый из таблицы I2, поз.2 "а".

7.30. Расстояние между поперечными стержнями /хомутами/, а также между концом предыдущего и началом последующего отгиба в тех случаях, когда поперечные стержни и отгибы требуются по расчету, должно быть не более величины, определяемой по формуле

$$u_{\max} = \frac{0,1 R_u b h^2}{kQ} \text{ см}, \quad /55/$$

где

k - коэффициент запаса прочности, принимаемый из таблицы I2, поз.2 "а".

Примечание. Расположение поперечных стержней и отгибов должно удовлетворять также требованиям СНиП П-В.1-62 п.п. I2.24, I2.33 и I2.34.

7.31. Продольные растянутые стержни, обрываемые в про-

лете, должны заводиться за точку теоретического обрыва, /т.е. за сечение, нормальное к оси элемента, в котором эти стержни перестают требоваться по расчету на изгибающий момент/ на длину не менее $20 d$ и для элементов постоянного сечения не менее величины

$$\omega = \frac{k_{1a}Q - k_{2a}Q_0}{2q_{xw}} \quad \text{см,} \quad /56/$$

где

K_{1a} - коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. I2, поз. I "б";

K_{2a} - коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. I2, поз. 2 "а";

Q кг - поперечная сила в элементах постоянной высоты -
- в сечении, нормальном к оси элемента;

Q_0 кг - поперечная сила, воспринимаемая отгибами в том же сечении элемента;

d см - расчетный диаметр обрываемого стержня;

$$q_{xw} = \frac{\sigma_x F_x}{u} + \frac{\sigma_{xw} F_{xw}}{u_w} \quad \text{кг/см} \quad /57/$$

- предельное усилие в поперечных стержнях на единицу длины элемента на участке ω .

Остальные обозначения принимаются из п. 7.28 /а также см. основные принятые буквенные обозначения/.

7.32. Расчет симметричных сечений при косом изгибе /рис. I/ производится по формулам /25/ - /35/ с выполнением условия параллельности плоскостей действия внешних и внутренних моментов по формуле

$$t_g \beta = \frac{M_y}{M_x} \quad , \quad /58/$$

где

M_x кгсм - составляющая изгибающего момента, вызывающая изгиб в плоскости оси X ;

M_y

КГСМ

- составляющая изгибающего момента, вызывающая изгиб в плоскости оси y , нормальной к оси X .

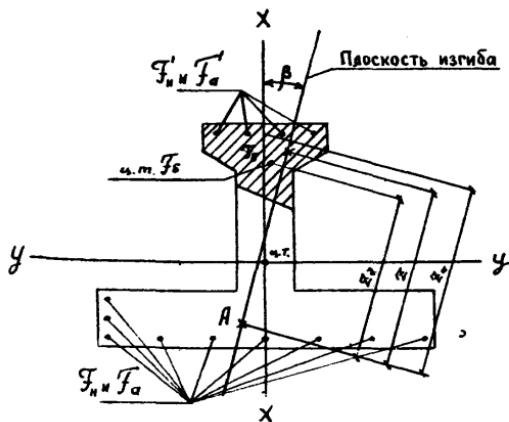


Рис. I

Для элементов прямоугольного сечения, подвергающихся косому изгибу, проверку достаточной прочности бетона сжатой зоны рекомендуется производить по условию

$$\frac{\frac{S_{xx}}{S_{xx}} + \frac{S_{xy}}{S_{xy}}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg} \beta}} < \zeta, \quad 159/$$

где $f_{\delta x}$ и f_{ox} см3

— статические моменты соответственно сжатой зоны бетона и всего рабочего сечения бетона относительно оси, нормальной к оси Х и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре, растянутой от действия момента M_x и расположенной у грани элемента нормальной к оси X;

\int_{δ_y} и \int_y см³

- то же, относительно оси, нормальной к оси y и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре, растянутой от действия момента M_y и расположенной у грани, нормальной к оси y ;

ζ - коэффициент, назначаемый по таблице II.

Внеклентренно сжатые элементы.

7.33. При расчете прочности внеклентренно сжатых железобетонных элементов необходимо рассматривать два возможных случая расчета:

- случай I, отвечающий "большим" эксцентриситетам;
- случай 2, отвечающий "малым" эксцентриситетам.

Расчет внеклентренно сжатых железобетонных элементов при $e_a < \frac{b}{60}$ производится как при осевом сжатии при наличии сцепления бетона с арматурой по формуле

$$kN_n \leq \psi (R_{np} F + \sigma'_c F_n + \sigma_r F_a) \quad \text{кг,} \quad /60/$$

где

k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. I "a" или по табл. I3, поз. I;

ψ - коэффициент продольного изгиба, принимаемый по табл. I0;

$$N_n = \frac{N_{34}}{m_{34}} + N_k \quad \text{кг-} \quad /61/$$

- приведенная продольная сила;

N_{34} кг - продольная сила от длительно действующей части нагрузки;

N_k кг — продольная сила от кратковременно действующей части нагрузки;

$\gamma_{\text{з}}$ — коэффициент, учитывающий влияние длительного действия нагрузки на несущую способность гибкого железобетонного элемента, принимаемый по таблице 10.

Расчет внерадиально сжатых элементов в плоскости действия момента при $\frac{e_0}{c_0} > \frac{14}{600}$ производится в соответствии с указаниями п.п.7.34 и 7.41.

При отношении $\frac{e_0}{c_0} > 14$ должно учитываться влияние прогиба элемента на величину эксцентриситета продольной силы коэффициентом γ согласно указаниям п.7.39.

В остальных случаях влияние прогиба не учитывают и принимают $\gamma = 1$.

7.34. Внерадиально сжатые железобетонные элементы, поперечные сечения которых имеют хотя бы одну ось симметрии, при эксцентриситете только в плоскости этой оси рассчитываются следующим образом:

а/ при "больших" эксцентриситетах, если удовлетворяется условие /33/ /случай I внерадиального сжатия/ — из условия

$$kN \leq R_u \mathcal{F}_s + \sigma_r \mathcal{F}_a' + \sigma_c \mathcal{F}_u' - \sigma_r \mathcal{F}_a - \sigma_{r,\text{up}} \mathcal{F}_u \quad \text{кг,} \quad /62/$$

$$\text{или} \quad kN \leq R_u \mathcal{F}_s + \sigma_r \mathcal{F}_a + \sigma_c' \mathcal{F}_u \quad \text{кгсм,} \quad /63/$$

где k — коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл.12, поз.1 "б" или из таблицы 13, поз.1.

При этом положение нулевой /нейтральной/ оси определяют из уравнения

$$R_u \mathcal{F}_{s,u} \pm \sigma_r \mathcal{F}_a' e_a' \pm \sigma_c \mathcal{F}_u' e_u' - \sigma_r \mathcal{F}_a e_a - \sigma_{r,\text{up}} \mathcal{F}_u e_u = 0 \quad \text{кгсм,} \quad /64/$$

где

\mathcal{S}_{σ_n} см³

- статический момент площади сечения сжатой зоны бетона относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения продольной силы N .

В формуле /64/ перед вторым и третьим слагаемыми знак плюс, если продольная сила N приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре A и A' ; минус, если продольная сила N приложена между равнодействующими усилий в арматуре A и A' .

Если в расчете учитывается арматура A' , то должно удовлетворяться условие /34/; допускается учитывать в расчете арматуру A' и при несоблюдении условия /34/ п.7.16, но при этом следует, не пользуясь формулами /62/ и /64/ производить расчет из условия

$$kN(e-z_a) = (\sigma_{\tau, \text{up}} F_a + \sigma_{\tau} F_a) z_a \quad \text{кгсм,} \quad /65/$$

где k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. I "б" или из табл. I3, поз. I.

Ненапрягаемую арматуру сжатой зоны не следует учитывать в расчете, если выполнение условия /34/ приводит к уменьшению расчетной прочности элемента по сравнению с расчетом без учета этой арматуры.

При расположении растянутой арматуры A в несколько рядов по высоте сечения элемента должно учитываться требование п.7.2;

б) при "малых" эксцентрикитетах, когда не удовлетворяется условие /33/ /случай 2 внецентренного сжатия/ расчет по прочности производится в зависимости от проектной марки бетона. Элементы, выполняемые из бетона проектной марки 400 и

ниже, рассчитываются по формуле

$$kNe \leq R_{ap} \delta_e + \sigma'_c \delta_n + \sigma'_t \delta_a \quad \text{кгсм}, \quad (66)$$

а из бетона проектной марки выше 400 и при $e > \bar{e}$ - из условия

$$kNe \leq R_u \bar{\delta}_t + \sigma'_c \delta_n + \sigma'_t \delta_a \quad \text{кгсм}, \quad (67)$$

и при $e \leq \bar{e}$ - из условия

$$kNe \leq R_{ap} \delta_e \frac{\bar{e} - 1,25 \frac{\bar{\delta}_t}{\delta_e} c - (1 - 1,25 \frac{\bar{\delta}_t}{\delta_e}) e}{\bar{e} - c} + \sigma'_c \delta_n + \sigma'_t \delta_a \quad \text{кгсм}, \quad (68)$$

где

K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. I "б" или табл. I3, поз. I;

\bar{e} см - расстояние от точки приложения равнодействующей усилий в арматуре и бетоне сжатой зоны сечения, соответствующих границе между I-м и 2-м случаями внеклентренного сжатия до равнодействующей усилий в арматуре A , определяемое по формуле

$$\bar{e} = \frac{R_u \bar{\delta}_t + \sigma'_c \delta_n + \sigma'_t \delta_a}{R_u \bar{\delta}_t + \sigma'_c \delta_n + \sigma'_t \delta_a} \quad \text{см}; \quad (69)$$

$\bar{\delta}_t$ см^3 - статический момент площади $\bar{\delta}_t$ относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре A ;

$\bar{\delta}_s$ см^2 - площадь сечения сжатой зоны бетона, соответствующая границе между I-м и 2-м случаями внеклентренного сжатия, т.е. $\delta_s = \zeta \delta_0$;

c см - расстояние от точки приложения равнодействующей всех внутренних усилий в бетоне и арматуре при равномерно сжатом сечении до равнодействующей усилий в арматуре A , определяемое по формуле

$$c = \frac{R_{ap} S + \sigma'_c S_n + \sigma_r S_a}{R_{ap} S + \sigma'_c (S_n + S'_n) + \sigma_r (S_a + S'_a)} \quad \text{см}, \quad 70/$$

где

S см³ - статический момент всего сечения бетона относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре A .

В элементах, рассчитываемых как по I-му, так и по 2-му случаю, ширина сжатой полки, вводимая в расчет, не должна быть более величин, определенных применительно к указаниям п.7.13.

Если в элементах таврового сечения с полкой в сжатой зоне нейтральная ось пересекает ребро, то расчет сечений должен производиться в соответствии с указаниями п.7.12 формул /29/ и /30/, т.е. при определении величин

\bar{S}_s , S_s , S_{sn} , \bar{S}_s и \bar{S}_s - площадь сечения свесов сжатой полки $(\ell'_n - \ell)h'_n$ следует умножать на отношение $\frac{R_{ap}}{R_s} = 0,8$.

При наличии напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой зоне от действия внешних усилий, эта арматура должна учитываться в расчете в соответствии с указаниями п.7.5.

При применении бетона нескольких марок и арматуры нескольких классов каждая марка бетона и каждый класс арматуры вводится в расчет со своим пределом прочности и пределом текучести /прочности/ соответственно.

Примечания:

1. При расчете тавровых сечений по формулам /62/ и /65/ полка, расположенная в растянутой зоне, не учитывается.

2. Для тавровых сечений с полкой, расположенной у менее

сжатой грани, при $e < \bar{e}$ допускается учитывать полку; при этом наибольшая ширина её, вводимая в расчет по формулам (66) – (68), определяется из условия

$$3_0 \leq 0,55 \cdot \delta h_0^2 \quad \text{см}^3. \quad (71)$$

3. Для внецентренно сжатых по второму случаю элементов при $e < \bar{e}$ положение наименее сжатой стороны сечения (арматуры A) и наиболее сжатой стороны сечения (арматуры A') определяется условием $e > c$.

4. Рекомендации п.7.34 не распространяются на элементы кольцевого сечения (трубчатые) с продольной арматурой, распределенной равномерно по окружности (п.7.36), а также на элементы круглого сечения с таким же армированием.

7.35. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов прямоугольного сечения может производиться следующим образом:

а) при "больших" эксцентричностях (случай I) по формулам

$$kN \leq R_u b x + \sigma'_c T'_u + \sigma'_t T'_a - \sigma_{t,sp} T_u - \sigma_t T_a \quad \text{кг} \quad (72)$$

или

$$kN e \leq R_u b x (h_0 - 0,5x) + \sigma'_c T'_u (h_0 - a'_u) + \sigma'_t T'_a (h_0 - a'_a) \quad \text{кгсм}; \quad (73)$$

при этом положение нейтральной оси определяют по формуле

$$R_u b x (e - h_0 + 0,5x) \pm \sigma'_c T'_u e'_u \pm \sigma'_t T'_a e'_a - \sigma_{t,sp} T_u e_u - \sigma_t T_a e_a \quad \text{кгсм}. \quad (74)$$

Правило знаков перед вторым и третьим слагаемыми принимается таким же, как и в формуле (64) п.7.34.

Высота сжатой зоны бетона, если учитывается арматура сжатой зоны, должна удовлетворять условию (34); допускается учитывать в расчете арматуру сжатой зоны и при несоблюдении

условия /34/, но при этом площадь сечения растянутой арматуры должна определяться по формуле

$$kN \left(\frac{e}{h_0 - a'} - 1 \right) \leq \sigma_{t,sp} F_u + \sigma_t F_a \quad \text{кгсм}, \quad /75/$$

где значение K , входящее в формулы /72/-/73/ и /75/, назначается по табл. I2, поз. I"б" или по табл. I3, поз. I;

б/ при "малых" эксцентрикитетах /случай 2/ расчет прочности производится в зависимости от проектной марки бетона, рассчитываемого элемента. При бетоне проектной марки 400 и менее из условия

$$kNe \leq 0,5 R_{sp} bh_0^2 + \sigma'_c F'_u (h_0 - a'_u) + \sigma'_t F'_a (h_0 - a'_a) \quad \text{кгсм}, \quad /76/$$

а в элементах из бетона марки выше 400 и при $e > \bar{e}$ - из условия

$$kNe \leq 0,5 \zeta R_u bh_0^2 + \sigma'_c F'_u (h_0 - a'_u) + \sigma'_t F'_a (h_0 - a'_a) \quad \text{кгсм} \quad /77/$$

и при $e \leq \bar{e}$ - из условия .

$$kNe \leq 0,5 R_{sp} bh_0^2 \frac{\bar{e} - 1,25 \zeta c - (1 - 1,25 \zeta) e}{\bar{e} - c} + \sigma'_c F'_u (h_0 - a'_u) + \sigma'_t F'_a (h_0 - a'_a) \quad \text{кгсм} /78/$$

где

K - коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл.I2, поз.I "б" или по табл.I3, поз.I.

Величины \bar{e} и c определяют по формулам /69/ и /70/ п.7.34.

7.36. Внеклентренно сжатые элементы трубчатого сечения с напрягаемой и ненапрягаемой арматурой, равномерно распределенной по окружности, рассчитываются по формулам:

а/ I-й случай, при $a_u \leq \frac{c}{7,6}$,

$$\text{где } a_u = \frac{\sigma_{t,sp} F_u + \sigma_t F_a + kN}{(\sigma_{t,sp} + \sigma'_c) F'_u + 2 \sigma'_t F'_a + R_u F} ; \quad /79/$$

$$kN\epsilon_0 \leq 0,318 [0,5 R_u F(z_1, z_2) + (\sigma_{\tau, \text{up}} + \sigma_c') F_u z_u + 2 \sigma_r F z_a] \sin(180^\circ - \alpha_u) \quad \text{кгсм; /80/}$$

б) 2-ой случай, при $\alpha_u > \frac{\pi}{6}$

$$kN(\epsilon_0 + z_u) \leq [R_{\text{up}} F + k_a (\sigma_{\tau, \text{up}} F_u + \sigma_r F_a) - \sigma_u F_u] z_u \quad \text{кгсм; /81/}$$

в формуле /81/:

$$\sigma_{\tau, \text{up}} = 0,002 E_u < \sigma_{\tau, \text{up}, r},$$

$$\sigma_r < 0,002 E_u;$$

K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. I "б" или табл. I3, поз. I;

k_a - коэффициент, который при $\epsilon_0 < z_u$ принимают $K_a = 1 - \frac{\epsilon_0}{3z_u}$,

а при $\epsilon_0 > z_u$ принимают $K_a = 0,667$;

$\epsilon_0 = \frac{M}{R}$ см - эксцентрикитет продольной силы N относительно центра тяжести приведенного сечения.

Остальные обозначения те же, что и в формулах /37/ и /38/. п. 7.18.

Примечания:

1. При отсутствии напрягаемой арматуры F_u следует принимать $F_u = 0$ и $z_u = z_a$.

2. Рекомендации п. 7.36 распространяются на сечения с отношением $\frac{z_1 - z_2}{z_2} \leq 0,5$ при числе продольных стержней в поперечном сечении не менее 6.

7.37. Расчет кольцевых сечений на внецентренное сжатие при соблюдении условия $z_u \approx z_a \approx z_{\text{up}} = 0,5(z_1 + z_2)$, а также примечания к п. 7.36 рекомендуется производить согласно указаниям п. 7.38.

7.38. Расчет прочности внецентренно сжатых железобетонных кольцевых сечений, указанных в п. 7.37, производится в зави-

симости от величины коэффициента λ_k , определяемого по формуле /79/ с заменой в ней продольной силы N приведенной продольной силой N_n , определяемой по формуле /61/.

а/ при $\alpha_k \leq \alpha_{k \text{ макс}}$ прочность сечения проверяется из условия

$$k N_n (e_{\alpha} \eta - \lambda_k \tau_{cp}) \leq (\sigma_{\tau,sp} F_u + \sigma_{\tau} F_a) \lambda_k \tau_{cp} \quad \text{кгсм}, \quad /82/$$

где e_{α} , см - эксцентрикитет приведенной продольной силы N_n относительно центра тяжести сечения, определяемый по формуле

$$e_{\alpha} = \frac{\frac{N_n}{m_{\text{сп}}} e_{\alpha,sp} + N_n e_{\alpha,a}}{N_n} \quad \text{см}, \quad /83/$$

где

$e_{\alpha,sp}$ и $e_{\alpha,a}$ см - расстояния от точки приложения усилий соответственно N_{sp} и N_a до центра тяжести попечного сечения элемента;

η - коэффициент, учитывающий влияние прогиба элемента, определяемый в соответствии с п.7.39;

K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз. I "б" или табл. I3, поз. I.

Таблица I5

| α_k | γ_k |
|------------|------------|
| 0,01 | 1,000 |
| 0,02 | 1,000 |
| 0,03 | 0,999 |
| 0,04 | 0,997 |
| 0,05 | 0,996 |
| 0,06 | 0,994 |
| 0,07 | 0,992 |
| 0,08 | 0,990 |
| 0,09 | 0,987 |
| 0,10 | 0,984 |
| 0,11 | 0,980 |
| 0,12 | 0,976 |
| 0,13 | 0,973 |
| 0,14 | 0,968 |
| 0,15 | 0,963 |
| 0,16 | 0,959 |
| 0,17 | 0,953 |
| 0,18 | 0,948 |
| 0,19 | 0,942 |
| 0,20 | 0,936 |
| 0,21 | 0,929 |
| 0,22 | 0,922 |
| 0,23 | 0,915 |
| 0,24 | 0,908 |
| 0,25 | 0,901 |

б) при $\alpha_a > \alpha_{a \text{ макс.3}}$ прочность сечения проверяется из условия

$$\therefore N_a (e_{on} \eta + \tau_{cp}) \leq [R_{np} F + k_a (\sigma_{t,np} F_n + \sigma_t F_a) - \sigma_o F_n] \tau_{cp} \quad \text{кгсм}, \quad /84/$$

где K - коэффициент запаса прочности, принимаемый по таблице I2, поз. I "б" или по таблице I3, поз. I;

k_a - коэффициент, который

при $e_{on} \eta < \tau_{cp}$ принимают $K_a = 1 - \frac{e_{on} \eta}{3 \tau_{cp}}$,
а при $e_{on} \eta > \tau_{cp}$ принимают $K_a = 0,667$.

$\alpha_{a \text{ макс.3}}$ определяется по таблице I6.

Таблица I6

| Характеристика армирования | Марка бетона | α макс. | |
|--|--------------|---|------------------|
| Элементы с ненапрягаемой арматурой и с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой при $\sigma_o < 2000 \text{ кг/см}^2$ | 400 и менее | 0,30 | α макс. I |
| | 500 | 0,26 | |
| | 600 | 0,24 | |
| Элементы с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой при $\sigma_o > 2000 \text{ кг/см}^2$ | 400 и менее | $\frac{F_n + 0,9 F_a}{2 F_n + 3 F_a}$ | α макс. 2 |
| | 500 | $0,9 \frac{F_n + 0,9 F_a}{2 F_n + 3 F_a}$ | |
| | 600 | $0,8 \frac{F_n + 0,9 F_a}{2 F_n + 3 F_a}$ | |
| Элементы с напрягаемой арматурой при $\sigma_o > 2000 \text{ кг/см}^2$ | 400 и менее | 0,50 | α макс. 3 |
| | 500 | 0,44 | |
| | 600 | 0,40 | |

Величина предельного эксцентрикитета $e_{\text{ср}}$, при которой сечение может воспринять заданную продольную силу, определяется по одному из равенств /82/ и /84/ в зависимости от величины α_x с учетом продольного изгиба и длительности действия нагрузки /при заданном соотношении кратковременной и длительной нагрузки/ последовательными приближениями, так как γ , $m_{\text{зд}}$ и K_a зависят от величины эксцентрикитета.

В первом приближении рекомендуется принимать γ при $c = 400$, $m_{\text{зд}} = m_{\text{зд}}$, $K_a \approx 0,667$.

7.39. Влияние прогиба элемента учитывается путем умножения величины "е." на коэффициент γ , определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{1}{1 - \frac{k_N}{12c, R_u \beta} \left(\frac{L_u}{l_u} \right)^2}, \quad /85/$$

где

K - коэффициент запаса прочности, принимаемый из табл. I2, поз. I "б" или из таблицы I3, поз. I;

$\tau_u = \sqrt{\frac{J_u}{f_u}}$ см - радиус инерции поперечного сечения в плоскости изгиба;

C , - коэффициент, который для тяжелого бетона определяется по эмпирической формуле

$$C_1 = \frac{66\,000}{R + 350} \left(\frac{1}{\frac{e_u}{h} + 0,6} + 200\mu + 1 \right), \quad /86/$$

где

R кг/см² - проектная марка бетона по прочности на сжатие;

$\mu = \frac{f_a + f_n}{f}$ - коэффициент армирования.

Если отношение $\frac{e_e}{h}$ не превышает значений, приведенных в табл. I7, то в формулу /86/ вместо фактических величин $\frac{e_e}{h}$ подставляются граничные значения этих отношений по таблице I7.

При гибкости элемента $\frac{L_e}{z_e} > 35$ / $\frac{L_e}{h} > 10$ / необходимо учитывать влияние длительного воздействия нагрузки на несущую способность элемента.

В этих случаях в формуле /85/, а также в формулах п.п. 7.33 - 7.38 продольную силу N заменяют приведенной продольной силой N_p , определяемой по формуле

$$N_p = \frac{N_{34}}{m_{34}} + N_k \quad \text{кг.} \quad /87/$$

Таблица I7

| Проектная марка бетона | Границные относительные эксцентрикитеты $\frac{e_e}{h}$ при | | | | | |
|------------------------------|--|------|------|------|------|------|
| | $\frac{L_e}{z_e} \leq 52$ | 69 | 86 | 104 | 122 | 139 |
| | $\frac{L_e}{h} \leq 15$ | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 150 | 0,60 | 0,45 | 0,30 | 0,20 | 0,15 | 0,07 |
| 200 | 0,55 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | - |
| 300 | 0,50 | 0,35 | 0,25 | 0,15 | 0,06 | - |
| 400 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | - | - |
| 500 | 0,35 | 0,25 | 0,15 | 0,05 | - | - |
| 600 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | - | - | - |

Причем эта сила приложена с эксцентрикитетом e_{on} , определяемым по формуле /83/, где

$$m_{34} = \frac{m_{34} + 2 \frac{e_{on}}{h}}{1 + 2 \frac{e_{on}}{h}}, \quad /88/$$

где m_{μ} - коэффициент, принимаемый по таблице 10, при замене в ней отношений $\frac{F_a}{F_s}$ и $\frac{F_a}{F_y}$ соответственно отношениями $\frac{F_a}{F_s}$ и $\frac{F_a}{F_u}$.

При расчете прочности внеконтренно сжатых железобетонных элементов, помимо учета гибкости в плоскости действия момента, должна также производиться проверка на продольный изгиб в плоскости, перпендикулярной к плоскости изгиба, как для элементов, работающих на осевое сжатие /без учета изгибающего момента/ согласно указаниям п.7.33 Формула /60/.

Примечания:

1. Если площадь сечения продольной арматуры F_a и F_y составляет $> 3\%$ от всей площади сечения элемента, то в формуле /60/ величина F заменяется величиной $F - (F_a + F_y)$.

2. При $14 < \frac{L}{d} < 35$ учет влияния прогиба на величину эксцентричности продольной силы допускается производить иными, упрощенными способами.

3. Расчетные длины L внеконтренно сжатых элементов /стоек/ должны приниматься в соответствии с указаниями п.7.4.

4. Если значение коэффициента γ в формуле /85/ окажется равным бесконечности или отрицательным, то следует увеличить размеры сечения.

5. При расчете элементов, имеющих несмещаемые опоры, значения m_{μ} и γ принимаются: для сечений в средней трети длины элемента - по формуле /85/, для сечений в пределах крайних третей длины элемента - путем линейной интерполяции, призначая в опорных сечениях коэффициент $m_{\mu} = 1$ и $\gamma = 1$.

7.40. Расчет прочности внеконтренно сжатых продольной внешней силой железобетонных предварительно напряженных элементов с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном и способной смещаться по поперечному сечению элемента /п.7.7/ производится для двух случаев:

а/ при полной расчетной длине элемента и приведенной продольной силе M_p ;

б/ при расчетной длине элемента, равной расстоянию между точками крепления арматуры, и приведенной продольной силе N_h , в которой учитывается равнодействующая усилий N_h во всей напрягаемой арматуре после обжатия бетона; в этом случае в формуле /61/ продольную силу N_d , следует заменять суммой сил $N_d + N_h$.

Если обжимаемый элемент может прогнуться до напрягаемой арматуры, препятствующей его дальнейшему изгибу, то расчетная величина добавочного эксцентричества /прогиба/ для усилия N_h не должна превышать расстояния от поверхности бетона до поверхности напрягаемой арматуры, измеряемого в плоскости изгиба, до обжатия элемента.

7.41. Проверка прочности наклонных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов должна производиться аналогично расчету изгибаемых железобетонных элементов в соответствии с указаниями п.п.7.19 - 7.31.

Для предварительно напряженных элементов, армированных проволокой, пучками или прядями без анкеров, должна быть проверена прочность наклонных и нормальных к оси элемента сечений на длине зоны анкеровки напрягаемой арматуры, с учетом возможности нарушения сцепления ее с бетоном /п.7.24/.

7.42. Внекентренно сжатые железобетонные элементы круглого сечения с ненапрягаемой арматурой, равномерно распределенной по окружности /в количестве не менее 6 стержней/, рассчитываются по формулам:

а) I-й случай, при $\alpha'_k \leq 0,5$,
где $\alpha'_k = \frac{\sigma_t F_a + kN}{2\sigma_t F_a + R_u F} ;$ /88/

$$kN_{e_0} = \frac{k_m}{\gamma} \left[\frac{2}{3} R_u F_a k^3 + 2\sigma_t F_a \gamma_a k \right] \quad \text{кгсм,} \quad /89/$$

где $k = \frac{\alpha'_k}{0,05 + 0,9\alpha'_k} ;$

б) 2-й случай, при $\alpha'_k > 0,5$

$$k N (e_o + \tau_a) \leq k_m \tau_a (R_{mp} F + k_a \sigma_r F_a) \quad \text{нгсм.} \quad /90/$$

где $k_a = 1 - \frac{e_o}{3\tau_a}$ при $e_o < \tau_a$

или $k_a = 0,667$ при $e_o \geq \tau_a$.

Значение коэффициента k_m в формулах /89/ и /90/ принимают равным:

$$K_m = \frac{I + m}{I + I,3m} \leq 1, \quad /91/$$

где $m = \frac{e_o}{D}$ при $\frac{e_o}{D} \leq 0,5$

или $m = 0,7 - 0,4 \frac{e_o}{D} \geq 0$ при $\frac{e_o}{D} > 0,5$.

В формулах /88/ + /91/:

τ - радиус сечения элемента;

D - диаметр сечения элемента;

остальные обозначения - по пп. 7.18 и 7.36.

7.43. Железобетонные элементы, имеющие сечения, симметричные относительно двух взаимно-перпендикулярных осей и подвергающиеся одновременному воздействию продольной силы и изгибающих моментов в направлении обеих осей симметрии /косое внецентренное сжатие, рис.2/ рассчитываются:

а/ при "больших" эксцентрикитетах /хотя бы в направлении одной из осей симметрии/ из условий /72/ или /73/. В указанном случае положение нейтральной линии находится из условия /74/, а также из условия расположения на одной прямой точек приложения равнодействующей внешних сил, равнодействующих всех внутренних усилий в сжатой зоне сечения и равнодействующей усилий в арматуре, расположенной в растянутой зоне. При этом должны соблюдаться все требования п. 7.34 "а".

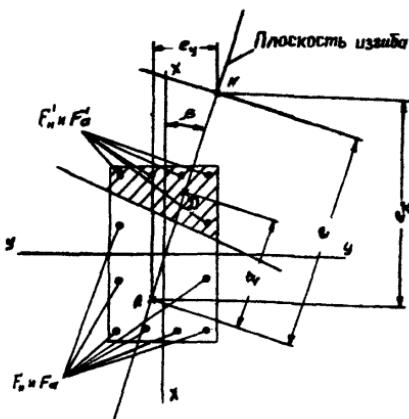


Рис.2.

б/ при "малых" эксцентриситетах в направлении обеих осей симметрии - по формуле

$$N \leq \frac{1}{\frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} - \frac{1}{N}} \quad \text{кг,} \quad /92/$$

где N кг - расчетная продольная сила при совокупности всех воздействий;

N_x кг - расчетная продольная сила, которая может быть воспринята сечением при центральном сжатии;

N_y кг - расчетная продольная сила, действующая в плоскости оси y с эксцентриситетом e_y , которая может быть воспринята сечением;

N_z кг - то же, в плоскости оси y с эксцентриситетом e_z ;

k - коэффициент запаса прочности, принимаемый по табл. I2, поз. I "б" или табл. I3, поз. I.

Несущая способность элемента принимается меньшей из двух значений, полученных при расчете по п. 7.43 "а" и п. 7.43 "б".

- Примечания: 1. При определении M_x и M_y , также как и при определении M_z , рекомендуется учитывать всю арматуру сечения.
2. При определении M_x и M_y гибкость элемента учитывается в соответствии с п. 7.39; при этом коэффициент Q вычисляется по заданной расчетной продольной нагрузке M ; при определении M_z гибкость не учитывается.

Внеклентренно растянутые элементы.

7.44. Расчет прочности внеклентренно растянутых железобетонных элементов прямоугольного, таврового, двутаврового, коробчатого и др. близких к ним сечений производится:

а/ при "малых" эксцентрикитетах, если сила M приложена между равнодействующими усилий в арматуре A и A' из условий

$$kN \leq \frac{\sigma_{t,mp} s_a + \sigma_t s_a}{e} \quad \text{кг,} \quad /93/$$

$$kN \leq \frac{\sigma_{t,mp} s_a' + \sigma_t s_a'}{e'} \quad \text{кг;} \quad /94/$$

б/ при "больших" эксцентрикитетах, если сила M приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре A и A' - из условия

$$kN \leq \sigma_t (F_a - F_a') + \sigma_{t,mp} F_a - \sigma_t' F_a' - R_a F \quad \text{кг.} \quad /95/$$

При этом положение нейтральной линии определяется из уравнения

$$R_a s_{en} + \sigma_t F_a' e_a' + \sigma_t' F_a' e_a' - \sigma_t F_a e_a - \sigma_{t,mp} F_a e_a = 0. \quad /96/$$

При этом высота сжатой зоны должна удовлетворять условию /33/, а при наличии учитываемой в расчете арматуры A', кроме того, условию /34/.

Допускается учитывать в расчете арматуру A' и при несоблюдении условия /34/, но при этом следует, не пользуясь формулами /95/ и /96/ производить расчет из условия

$$kN(e+z_a) \leq (\sigma_{t,mp} F_u + \sigma_t F_a) z_a \quad \text{кгсм}, \quad /97/$$

где K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз. I "б" или таблице I3, поз. I.

Ненапрягаемую арматуру A' не следует учитывать в расчете, если соблюдение условия /34/ приводит к уменьшению расчетной прочности элемента по сравнению с расчетом без учета этой арматуры.

При расположении арматуры A растянутой зоны в несколько рядов по высоте сечения элемента должно учитываться требование п.7.2.

При наличии в сжатой зоне сечения напрягаемой арматуры учет ее должен производиться в соответствии с рекомендациями п.7.5.

7.45. Расчет прочности внецентренно растянутых элементов прямоугольного сечения производится:

а/ если сила N приложена между равнодействующими усилий в арматуре A и A' - из условий /93/ и /94/;

б/ если сила N приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре A и A' - из условий

$$kN \leq \sigma_{t,mp} F_u + \sigma_t F_a - \sigma'_c F'_u - \sigma'_t F'_a - R_u b x \quad \text{кг} \quad /98/$$

или

$$kN e \leq R_u b x (h_o - 0,5x) + \sigma'_c F'_u (h_o - a'_u) + \sigma'_t F'_a (h_o - a'_a) \quad \text{кгсм}; \quad /99/$$

при этом положение нулевой /нейтральной/ оси определяют из

уравнения

$$R_u \theta x (e + h_o - 0,5x) + \sigma'_s F'_s e'_s + \sigma_s F_s e_s - \sigma_{s,sp} F_s e_s - \sigma_s F_s e_s = 0 \quad \text{кгсм,} \quad /100/$$

а высота сжатия зоны должна удовлетворять условию /33/.

Учет сжатой арматуры должен производиться применительно к указаниям п.7.5.

7.46. Прочность наклонных сечений внецентренно растянутых железобетонных элементов должна обеспечиваться соблюдением следующих требований:

а/ при "малых" эксцентрикитетах, если продольная сила проходит между равнодействующими усилий в арматуре A и A', вся поперечная сила в любом наклонном сечении, направленном под углом 60° и менее к продольной оси элемента, должна быть воспринята поперечной арматурой; проверка сечений, составляющих с продольной осью элемента угол более 60°, может не производиться;

б/ при "больших" эксцентрикитетах, если продольная сила приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре A и A', расчет наклонных сечений должен производиться, как для изгибаемых элементов, в соответствии с указаниями п.п.7.19 ÷ 7.31, при этом, если эксцентрикитет силы N относительно центра тяжести всего сечения бетона

$e_s \leq 1,5 h_o$, то величина Q_s /см.Формулу /51// умножается на коэффициент

$$k_e = \frac{e_o}{h_o} - 0,5. \quad /102/$$

Расчет прочности наклонных сечений внецентренно растянутых элементов может не производиться /поперечную арматуру в этом случае устанавливает конструктивно в соответствии с указаниями СНиП II-В.1-62 п.12.24/, если при "больших" эксцентрикитетах соблюдается хотя бы одно из следующих условий;

1) величина главных растягивающих напряжений $\sigma_{r,p}$

/п.п.7.47 - 7.51/ не превышает предела прочности бетона на осевое растяжение R_s с коэффициентом запаса прочности K , назначаемым по табл. I2, поз.2 "а";

$$2) kQ \leq k_s R_s b h, \quad \text{кг,} \quad /I037$$

где K - коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз.2 "а", а при "малых" эксцентрикитетах, если соблюдается первое из этих условий.

Величина главных растягивающих напряжений σ_{rp} определяется по правилам сопротивления упругих материалов по указаниям п.п.7.47 ÷ 7.51.

Примечание. Для элементов армированных проволокой, пучками или прядями без анкеров, следует проверять прочность на изгиб по наклонным и нормальным к оси элемента сечениям на длине зоны анкеровки арматуры /см. п.7.24/.

7.47. Главные растягивающие напряжения по нейтральной оси прямоугольного сечения, возникающие в изгибаемых железобетонных элементах без предварительного напряжения, определяются по формуле

$$\sigma_{rp} = \tau = \frac{Q}{b z} \quad \text{кг/см}^2, \quad /I04,$$

где

z см - плечо внутренней пары, принимаемое для конструкций, рассчитываемых на прочность или на раскрытие трещин, равным $0,9 h_0$ и для конструкций, рассчитываемых по образованию трещин, равным $0,667 h$.

Для сложных сечений σ_{rp} по нейтральной оси определяется по формуле

$$\sigma_{rp} = \tau = \frac{Q s_n}{b J_n} \quad \text{кг/см}^2, \quad /I05,$$

где \bar{J}_n см³

- статический момент части приведенного сечения, лежащей по одну сторону от оси, на уровне которой определяются напряжения. Статический момент должен быть взят относительно оси, проходящей через центр тяжести приведенного сечения.

Главные растягивающие напряжения во внерадиально сжатых и внерадиально растянутых железобетонных элементах без предварительного напряжения разрешается определять по формуле

$$\sigma_{rp} = 0,5 \sigma + \sqrt{0,25 \sigma^2 + \tau^2} \quad \text{кг/см}^2, \quad /106$$

где

 σ кг/см²

- напряжения соответственно со знаком минус или плюс, определяемые по формуле

$$\sigma = \frac{N}{J_n} \pm \frac{M_y}{J_n} \quad \text{кг/см}^2, \quad /107.$$

где y см

- расстояние от центра тяжести приведенного сечения до рассматриваемого волокна.

Главные напряжения следует определять по высоте сечения - только по оси, проходящей через центр тяжести приведенного сечения, а также в местах резкого изменения размеров сечения.

7.48. В любом сечении железобетонных элементов величина главных растягивающих напряжений, полученная по формулам /104/ - /106/ п.7.47 не должна превышать

$$\sigma_{rp} \leq \frac{R_p}{k_s} \quad \text{кг/см}^2, \quad /108,$$

где k_s - Коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. 2 "б".

На участках элементов, в пределах которых удовлетворяется условие

$$\sigma_{rp} \leq \frac{R_p}{K_a} \quad \text{кг/см}^2 \quad /109/$$

главные растягивающие напряжения могут полностью восприниматься бетоном /поперечная арматура устанавливается по конструктивным соображениям/.

В формуле /I09/k_z коэффициент запаса прочности, назначаемый по таблице I2, поз.2 "а",

На участках элементов, где выполняется условие

$$\frac{R_p}{k_a} < \sigma_{n,p} < \frac{R_p}{k_s} \quad \text{кг/см}^2 \quad /II0/$$

поперечное армирование назначается по расчету в соответствии с п.77 НИТУ /СН 55-59/.

7.49. Величину главных растягивающих напряжений железобетонных предварительно напряженных элементов рекомендуется определять по формуле

$$\sigma_{n,p} = 0,5(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{0,25(\sigma_x + \sigma_y)^2 + \sigma^2} \quad \text{кг/см}^2, \quad /III/$$

$$\text{где } \sigma_x = \frac{N_e}{J_n} + \frac{N_e e}{J_n} \gamma \pm \frac{M}{J_n} \pm \frac{M}{J_n} \gamma \quad \text{кг/см}^2. \quad /II2/$$

В формулах /III/ и /II2/ растягивающие напряжения следует подставлять со знаком "плюс", а сжимающие – со знаком "минус".

σ_y кг/см² – предварительное /сжимающее/ напряжение в бетоне, действующее в направлении, перпендикулярном к продольной оси элемента, и вызванное предварительным напряжением поперечной арматуры /хомутов/ или отгибов; абсолютное значение σ_y определяют по формуле

$$\sigma_y = \frac{\sigma_{ax} J_{nx}}{b u_x} + \frac{\sigma_{ax} J_{nx} \sin \alpha}{b u_o} \quad \text{кг/см}^2, \quad /II3/$$

$$\text{где } J_{nx} \text{ см}^2 \quad - \text{площадь сечения всех напрягаемых хомутов, расположенных в одной нормальной к оси элемента плоскости на рассматриваемом участке;}$$

$\mathcal{F}_{\text{н.о.}}$ см²

- площадь сечения напрягаемой отогнутой арматуры, заканчивающейся на участке u_0 длиной, равной $0,5h$, расположенным симметрично относительно рассматриваемого сечения $O-O$ (рис.3)

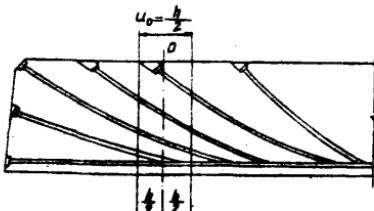


Рис. 3

 $\sigma_{\text{н.о.}}$ кг/см²

- предварительное напряжение поперечной арматуры /хомутов/ после проявления всех потерь;

 u_0 см

- шаг хомутов;

 σ_0 кг/см²

- предварительное напряжение в отогнутой арматуре после проявления всех потерь;

 τ кг/см²

- скальвающее напряжение в бетоне, определяемое по формулам /104/ и /105/;

 b см

- ширина элемента в рассматриваемом сечении;

λ - угол между осью арматуры и продольной осью элемента в рассматриваемом сечении.

В предварительно напряженных элементах с арматурой наклонной или криволинейного очертания величину поперечной силы Q , подставляемую в формулы /104/ и /105/, определяют как разность /или сумму/ поперечных сил от внешней нагрузки Q_e и

силы натяжения Q_{np} по формуле:

$$Q = Q_s - Q_{np} \quad \text{кг,} \quad /II4/$$

$$\text{где} \quad Q_{np} = \sum N_o \sin \alpha \quad \text{кг;} \quad /II5/$$

$$N_o = \sigma_s f_u \quad \text{кг -} \quad /II6/$$

- усилие в пучке или стержне, заканчивающемся на опоре или на участке между опорой и сечением, расположенным на расстоянии $0,25h$ от рассматриваемого сечения 0-0 /рис.3/;

f_u см² - площадь сечения одного стержня или пучка напрягаемой отогнутой арматуры.

При отсутствии предварительного напряжения поперечной арматуры $C_y = 0$.

Величина главных растягивающих напряжений в любом сечении элемента, определенная по формуле /III/, не должна превышать величины, определяемой условием /108/.

7.50. Для предварительно напряженных элементов, включая центрально обжатые элементы, рассчитываемые на осевое растяжение, армированных проволокой, пучками или прядями без анкеров, обязательна проверка соблюдения требований п.п.7.24, 7.49 и 8.3 в сечениях на грани опоры и на длине зоны анкеровки арматуры ℓ_{an} , определяемой согласно п.7.24. При проверке соблюдения этих условий следует учитывать возможность неполного обжатия бетона и нарушения сцепления арматуры с бетоном при мгновенной передаче предварительного напряжения на бетон /см.примечание 3 к п.7.23 СНиП П-В.1-62/.

7.51. Главные растягивающие напряжения должны определяться в наиболее опасных местах по длине элемента: на опорах, под сосредоточенными силами и в местах уменьшения ширины или высоты сечения. Величина наибольших главных растягивающих

напряжений в любом сечении железобетонного предварительно напряженного элемента не должна превышать

$$\sigma_{c,p} \leq \frac{R_p}{k_r} \quad \text{кг/см}^2, \quad /II7/$$

где K_r - коэффициент запаса по образованию трещин, принимаемый по табл.I8.

На участках элементов, в пределах которых удовлетворяется условие /I09/, главные растягивающие напряжения могут полностью восприниматься бетоном.

При выполнении условия

$$\frac{R_p}{k_a} < \sigma'_{c,p} < \frac{R_p}{k_r} \quad \text{кг/см}^2 \quad /II8/$$

поперечное армирование назначается по расчету.

Расчет поперечной арматуры рекомендуется производить по НИТУ СН 55-59 или по учебному пособию "Железобетонные конструкции", К.В.Сахновский, изд.1951 г.

Элементы с ненапрягаемой арматурой, работающие на кручение с изгибом.

7.52. Для железобетонных элементов прямоугольного сечения, работающих на кручение с изгибом или на чистое кручение, размеры сечения должны назначаться такими, чтобы соблюдалось условие

$$k M_k \leq 0,07 R_u b^2 h \quad \text{кгсм}, \quad /II9/$$

где k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл.I2, поз. I "а";

h и b см - соответственно больший и меньший размеры сечения.

7.53. Элементы прямоугольного сечения, подвергающиеся кручению или кручению и изгибу одновременно, рассчитываются

по нижеследующим указаниям.

а/ Определяется прочность элемента при совместном действии крутящего и изгибающего моментов/по схеме, рис.4 "а"/- из условия

$kM_x \left(\frac{c_1}{h} + \frac{1}{x} \right) \leq \left[\sigma_r F_{a1} + \sigma_{rx} \frac{f_{x1} \cdot c_1^2}{u_1(2h+b)} \right] (h - 0,5x_1) + \sigma_r F'_{a1} (0,5x - a_1) \text{ кгсм; /120/}$
при этом положение нейтральной оси определяется двумя параметрами: длиной проекции нейтральной оси на продольную ось элемента c_1 , которая принимается равной

$$c_1 = -\frac{b}{x} + \sqrt{\left(\frac{b}{x}\right)^2 + \frac{\sigma_r F_{a1} u_1}{\sigma_{rx} u_1} (2h+b)} \leq 2h+b \text{ см /121/}$$

и высотой сжатой зоны бетона x_1 , определяемой из условия

$$R_u (c_1^2 + b^2) x_1 = \left[\sigma_r F_{a1} + \sigma_{rx} \frac{f_{x1} \cdot c_1^2}{u_1(2h+b)} - \sigma_r F'_{a1} \right] b \text{ кгсм. /122/}$$

Сжатую арматуру A' в формулах /120/ и /122/ следует учитывать только в том случае, если значение x_1 , определенное из условия /122/ без учета сжатой арматуры, оказывается более $2a'$; если при этом величина x_1 , определенная из формулы /122/, с учетом сжатой арматуры оказывается менее $2a'$, то принимается $x_1 = 2a'$.

В случаях расчета только на крутящий момент величина x в формулах /120/ и /121/ принимается равной бесконечности.

б/ Определяется прочность элемента при совместном действии крутящего момента и поперечной силы /по схеме 2, рис.4"б"/ - из условия

$$kM_x \frac{c_2}{h} \left(1 + \frac{1}{x} \right) \leq \left[\sigma_r F_{a2} + \sigma_{rx} \frac{f_{x2} \cdot c_2^2}{u_2(h+b)} \right] (b - a_2 - 0,5x_2) \text{ кгсм; /123/}$$

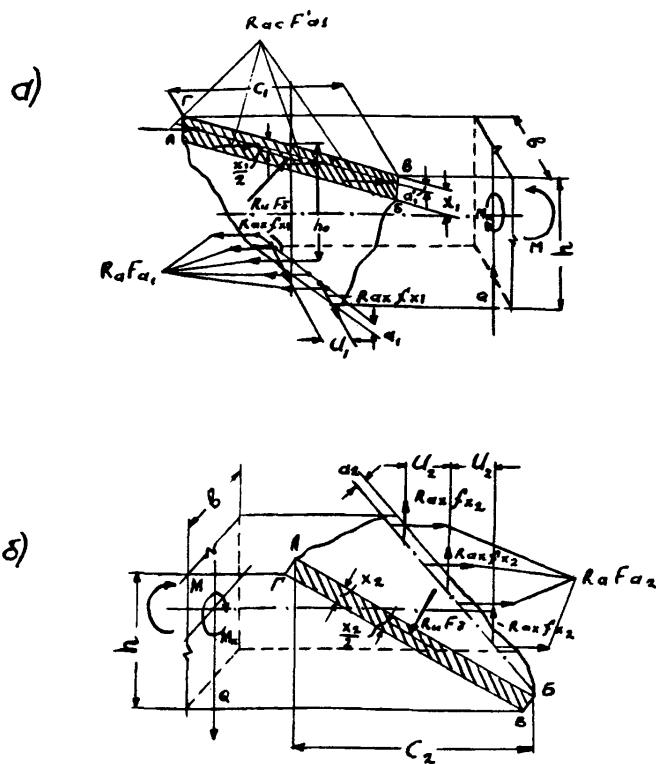


Рис.4. Схема образования пластического шарнира в железобетонном элементе при совместном действии изгиба и кручения.

а - 1-я схема; нейтральная ось располагается у грани элемента шириной " δ " (сжатой от изгиба); б - 2-я схема; нейтральная ось располагается у одной из граней элемента шириной " h " (параллельных плоскости действия изгибающего момента); АБ - нейтральная ось пространственного сечения элемента; АБВГ - сжатая зона бетона.

при этом положение нейтральной оси определяется величинами c_2 и x_2 ,

где

$$c_2 = \sqrt{\frac{\sigma_r F_{a2} u_k}{\sigma_{n2} F_{n2}}} (h+2\delta) \leq h+2\delta \quad \text{см,} \quad /I24/$$

а x_2 определяется из условия

$$R_u (c_2^2 + h^2) x_2 = \left[\sigma_r F_{a2} + \sigma_{n2} \frac{f_{k2} \cdot c_2^2}{u_k (h+2\delta)} \right] h \quad \text{кгсм.} \quad /I25/$$

При расчете только на крутящий момент /при отсутствии в рассматриваемой зоне поперечной силы/ величина λ в формуле /I23/ принимается равной бесконечности.

Прочность элемента выбирается по наименьшему из двух ее значений, полученных из формул /I20/ и /I23/. Кроме того, независимо от расчета по указаниям настоящего пункта, сечение элемента, работающего на изгиб с кручением, должно удовлетворять условиям п.7.12 при расчете без учета крутящего момента.

В формулах /I20/ - /I25/ приняты обозначения

$$\lambda = \frac{M_k}{M} \quad ; \quad \lambda = \frac{2 \cdot M_k}{Q \cdot \delta} \quad ;$$

M_k , M и Q - соответственно крутящий момент, изгибающий момент и поперечная сила, действующие по одну сторону от рассматриваемого /пространственного/ сечения элемента, показанного на рис.4, отнесенные по длине элемента к центру тяжести сжатой зоны бетона;

k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз. I "а";

F_a , см² - площадь сечения всех продольных стержней, расположенных у грани элемента шириной " δ ", растянутой от изгиба;

F_n , см² - то же, у грани элемента шириной " δ ", сжатой от изгиба;

| | | |
|---------------------|-----------------|--|
| \mathcal{F}_{a_2} | см ² | - то же, у каждой из граней шириной h /параллельных плоскости изгиба/; |
| f_x | см ² | - площадь сечения одного поперечного стержня из числа расположенных у граней шириной "6" /перпендикулярных к плоскости изгиба/; |
| f_{x_2} | см ² | - то же, у граней шириной "h" /параллельных плоскости изгиба/; |
| u_1 и u_2 см | | - расстояния между поперечными стержнями /соответственно у граней шириной "6" и шириной "h"/; |
| a_1 и a_2 см | | - расстояния от граней шириной "6" /нормальных к плоскости действия изгибающего момента/ соответственно растянутой и сжатой от изгиба, до оси продольных стержней, расположенных у данной грани; |
| a_2 | см | - расстояние от боковой грани элемента /шириной h / до оси продольных стержней, расположенных у этой грани. |

При $\lambda \leq 1 - 2 \frac{a_2}{b}$ расчет элемента по формулам /I23/ - /I25/ /по 2-й схеме/ не производится, а заменяется расчетом на изгиб по наклонным сечениям, согласно указаниям п.п.7.19 - 7.22.

Вводимые в расчет сечения продольной и поперечной арматуры в элементах, работающих на изгиб с кручением или на чистое кручение, должны удовлетворять следующим условиям:

а/ для граней элемента шириной "6" /перпендикулярных к плоскости действия изгибающего момента/

$$0,5 \leq \frac{\sigma_{t_{\text{эк}}} f_{x_1}}{\sigma_{t_{\text{эк}}} f_{x_2}} \cdot \frac{b}{u_1} \left(1 + \frac{2}{\lambda} \sqrt{\frac{6}{2h+6}} \right) \leq 1,5; \quad /I26/$$

б/ для граней элемента ширины „ h “/параллельных плоскости действия изгибающего момента/

$$0,5 \leq \frac{\sigma_m f_{x2}}{\sigma_r f_{a2}} \cdot \frac{h}{a_2} \leq 1,5. \quad /I27/$$

7.54. При $\chi \leq 0,2$ должно соблюдаться условие, обеспечивающее достаточную прочность бетона сжатой зоны

$$x_c \leq 0,7(\zeta - \sqrt{\chi})h_0 \quad \text{см}, \quad /I28/$$

где ζ - коэффициент, характеризующий положение нейтральной оси, соответствующее границе переармирования сечения, определяемый по указаниям п.п.7.14 и 7.32;

x_c см - расчетная высота сжатой зоны бетона для случая, когда несущая способность элемента определяется прочностью бетона у грани, сжатой от изгиба, вычисляемая по формуле

$$x_c = \frac{\sigma_r f_{a1} - \sigma_r f_{a1}'}{k_u b(1+5\chi)} . \quad /I29/$$

Сжатая арматура в формуле /I29/ учитывается только в том случае, если значение χ , определенное по этой формуле без учета сжатой арматуры, составляет более $2 a'$; если при этом учет сжатой арматуры дает уменьшение χ до величины, меньшей $2 a'$, то следует принимать $\chi = 2 a'$.

Если условие /I28/ не соблюдается, то необходимо увеличивать размеры сечения или повышать марку бетона. В отдельных случаях при невозможности или нецелесообразности увеличения размеров сечения или повышения марки бетона допускается увеличивать сечение сжатой арматуры, если учёт ее позволяет выполнить условие /I28/.

7.55. Если размеры сечения в элементе, работающем на изгиб с кручением, приняты такими, что соблюдается условие

$$k M_x < 0,167 R_p \ell^2 (3h - \ell) \quad \text{кгсм} \quad /130/$$

и при этом величина $\chi \leq 0,2$, то разрешается не ставить расчетной поперечной арматуры у грани элемента шириной "б" /перпендикулярной к плоскости изгиба/, сжатой от изгиба. В формуле /130/ k - коэффициент запаса прочности, назначаемый по табл. I2, поз.2 "а".

7.56. Величина поперечной силы в элементах прямоугольного сечения, подвергающихся одновременно кручению и изгибу, во всех случаях должна удовлетворять условию /42/, а также условию

$$k Q \leq \frac{Q_{xs}}{1+1,5\chi} \quad \text{кг,} \quad /131/$$

где Q_{xs} кг - предельная поперечная сила, воспринимаемая бетоном и вертикальными поперечными стержнями при простом изгибе /см.п.7.28/.

8. ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПО ОБРАЗОВАНИЮ ТРЕЩИН

8.1. Предварительно напряженные конструкции I-й и 2-й категорий трещиностойкости, в которых образование трещин как в стадии эксплуатации, так и в стадиях предварительного обжатия, транспортирования и монтажа не допускается /см.п.4.1/, рекомендуется проектировать так, чтобы равнодействующая усилий во всей напрягаемой продольной арматуре после обжатия бетона не выходила за пределы ядра сечения. При этом величина предварительного напряжения арматуры рекомендуется принимать наибольшей в соответствии с указаниями п.5.4.

Примечание. Учитывая, что в практике морского построения конструкции I категории трещиностойкости имеют небольшое распространение, расчет их приводится после расчета элементов 2 категории трещиностойкости.

Осьное растяжение центрально обжатых элементов.

8.2. Расчет по образованию трещин предварительно напряженных центрально обжатых железобетонных элементов конструкций 2-й категории трещиностойкости при осевом растяжении их производят из условия.

$$k_r N \leq N_r = R_p F + (300 - \sigma_0) F_a + (300 + \sigma_0) F_n \quad \text{кг,} \quad /182/$$

где k_r - коэффициент запаса по образованию трещин, назначаемый по таблице 18;

N кг - продольная сила от внешних нагрузок;

σ кг/см² - напряжение в арматуре с учетом потерь /см. п.п.5.2, 5.4 и 5.7/;

σ_a кг/см² - сжимающее напряжение в ненапрягаемой арматуре, принимаемое согласно п.5.7;

300 кг/см² - приращение напряжения в арматуре, отвечающее предельной относительной растяжимости бетона, принятой равной приблизительно 0,00015;

F_a см² - площадь сечения ненапрягаемой продольной арматуры;

F_n см² - площадь сечения предварительно напряженной продольной арматуры.

Для элементов, в которых до предварительного напряжения могут образоваться трещины, а также для стыковых сечений при расчете их по образованию трещин /началу раскрытия швов - стыков/ величину N_r определяют по формуле

$$N_r = C \cdot F_n \quad \text{кг.} \quad /133/$$

Таблица I8

| Причины разрушения железобетонных элементов | Допускаемые коэффициенты запаса по образованию трещин "к _т " для основных* сочетаний нагрузок и си- лозных воздействий при клас- се капитальности сооруже- ний | | |
|---|---|-----|-----|
| | II | III | IV |
| Достижение бетоном предела прочности при растяжении: | | | |
| конструкции 2-ой кате- грии трещиностойкости | | | |
| а/ центральное растяже- ние и внецентренное растяжение с "малым" эксцентрикитетом | I,2 | I,2 | I,2 |
| б/ изгиб, внецентренное сжатие и внецентрен- ное растяжение с "боль- шим" эксцентрикитетом | I,3 | I,3 | I,2 |
| конструкции I-ой кате- грии трещиностойкости | | | |
| в/ изгиб | I | I | I |

Примечание. При нагрузках и воздействиях, возникаю-
щих в период строительства /изготовления, транспортирования
и монтажа/, а также ремонта, коэффициенты запаса k_t прини-
маются по табл. I8 со снижением на 10%, но не менее $K_t = I$.

* Конструкции I-ой категории трещиностойкости рассчитываются
по образованию трещин на основные и особые сочетания нагру-
зок.

8.3. Расчет на осевое растяжение центрально обжатых элементов конструкций I категории трещиностойкости по образованию трещин /п.4.3, табл. 6/ рекомендуется производить по формуле

$$k_t N_p \leq R_t F + (300 - \sigma_a) F_a + (300 + m_t \sigma_a) F_u \quad \text{кг,} \quad /134/$$

где

k_t - коэффициент запаса по образованию трещин, назначаемый по табл. I8, поз. I "з";

$N_p : n N$ кг - расчетная продольная сила от внешних нагрузок, принимаемая с учетом дополнительного коэффициента запаса $n = 1,5$;

N кг - продольная сила от внешних нагрузок, определенная из статического расчета;

R_t кг/см² - расчетное сопротивление бетона при растяжении, назначаемое по табл. I;

$m_t = 0,9$ - коэффициент точности предварительного напряжения арматуры.

Элементы, работающие на изгиб, внецентрное сжатие, внецентрное растяжение, осевое растяжение при внецентренном обжатии.

8.4. Расчет по образованию трещин для сечений, нормальных к оси изгибаемых и внецентренно сжатых предварительно напряженных элементов конструкции 2-ой категории трещиностойкости, за исключением случаев, указанных в п. 8.9, производится исходя из положений, изложенных в п. 6.3.

При этом рекомендуется пользоваться следующей приближенной формулой

$$k_t M_t^3 \leq M_p = R_p W_t \pm M_{as}^3 \quad \text{кгсм,} \quad /135/$$

где k_t - коэффициент запаса по образованию трещин, назначаемый по табл. I8;

M_e^3 кгсм - момент внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через ядовую точку, наиболее удаленную от зоны сечения, трещинообразование которой проверяется.

Значение M_e^3 для изгибаемых элементов определяется как

$$M_e^3 = M \quad \text{кгсм.} \quad /136/$$

При внешней нагрузке, внерадиально сжимающей элемент,

$$M_e^3 = N(e_{ax} - z_s) \quad \text{кгсм.} \quad /137/$$

При внешней нагрузке, внерадиально растягивающей элемент,

$$M_e^3 = N(e_{ax} + z_s) \quad \text{кгсм.} \quad /138/$$

e_{ax} см - эксцентриситет продольной силы N относительно центра тяжести приведенного сечения, который принимается:

а/ при отсутствии конструктивного эксцентриситета

$$e_{ax} = e_s = \frac{M}{N} \quad \text{см,} \quad /139/$$

б/ при наличии конструктивного эксцентриситета (см. рис. 5)

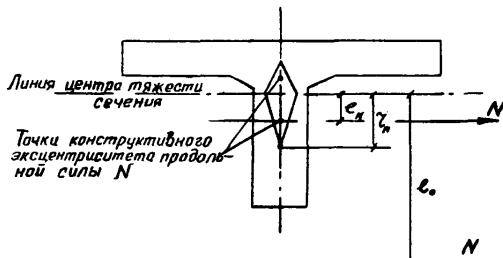


Рис. 5

$$e_{cr} = \frac{M \pm N_{cr}}{N} \quad \text{см.} \quad /140/$$

Знак "плюс" в формуле /140/ принимается, когда конструктивный эксцентрикитет сжимающей силы расположен ниже линии центра тяжести сечения /см. рис. 5/, а знак "минус", когда он располагается выше этой линии.

$$M_{cr}^s = N_c (e_n + z_s) \quad \text{кгсм} - \quad /141/$$

- момент равнодействующей усилий N_c в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре относительно оси, нормальной к плоскости изгиба, проходящей через ядовую точку, наиболее удаленную от зоны сечения, трещинообразование, которой проверяется.

При этом равнодействующую N_c определяют с учетом указаний п.п.5.2, 5.4 и 5.7; знак момента определяется направлением вращения.

W_t см³ - момент сопротивления приведенного сечения, определяемый с учетом неупругих деформаций бетона, в соответствии с положениями п.6.3. Приведенное сечение определяют согласно указаниям п.5.2.

Момент сопротивления для растянутого краевого волокна приведенного сечения W_t определяют, пользуясь формулами /8/ и /9/, в которых величины J_c , z_c , z_s и β_c , заменяются соответствующими характеристиками приведенного сечения.

Значения W_t допускается определять по таблицам приложения I.

$$z_s = \frac{W_t}{J_c} \quad \text{см} - \quad /142/$$

- расстояние от ядовной точки, наиболее удаленной от грани, растянутой внешними нагрузками, до центра тяжести приведенного сечения.

При расположении внекентренко сжимающей силы M в пределах ядра приведенного сечения /т.е. $e_{cr} < z_s$ / расчет по образованию трещин не производится.

8.5. Расчет элементов конструкций 2-й категории трещиностойкости по образованию трещин в зоне сечения, растянутой от действия усилий предварительного обжатия в стадии предварительного обжатия, транспортирования, монтажа /за исключением случаев, указанных в п. 8.9/ производят по приближенной формуле

$$k_t [N_o(e_n - \gamma_s) \pm M_e^A] \leq R_t W_t \quad \text{кгсм}, \quad /143/$$

где

k_t - допускаемый коэффициент запаса по образованию трещин, принимаемый по примечанию к табл. 18;

N_o кг - усилие напрягаемой арматуры при расчете в стадии предварительного обжатия, транспортирования и монтажа, определяемое с учетом потерь напряжения, происходящих до окончания обжатия бетона;

γ_s и W_t - определяются в соответствии с указаниями п.8.4, рассматривая в качестве растянутой зоны часть сечения, растянутую от действия усилий предварительного обжатия;

M_e^A кгсм - момент внешних сил относительно ядерной точки, определяемый согласно п.8.4, действующий на элемент в процессе предварительного обжатия, транспортирования и монтажа /например, от собственного веса/ при этом следует учитывать наиболее неблагоприятные значения.

Значения M_e^A принимаются со знаком "плюс", если действия моментов M_e^A и $M_o^A = N_o(e_n - \gamma_s)$ совпадают по направлению и со знаком "минус", если эти моменты действуют в противоположные направления.

Пределы прочности бетона R_p определяются кубиковой прочностью R_c , принятой при предварительном обжатии элемента.

Примечание. Для элементов I категории трещиностойкости в формуле (143) R_p заменяют R_t , а M_e^A принимают по указаниям п. 8.8.

8.6. Расчет по образованию трещин для сечений, нормаль-

ных к оси предварительно напряженных железобетонных элементов конструкций 2-й категории трещиностойкости, подвергающихся внерадиальному растяжению /а также осевому растяжению при внерадиальном обжатии/ производят по формуле /135/, если в стадии разрушения растягивающая сила не превышает усилия обжатия, что характеризуется следующими условиями:

а/ сила обжатия N и ядерная точка, наиболее удаленная от зоны сечения, проверяемой по образованию трещин, расположены по одну сторону от внешней силы N ;

б/ расстояние между внешней силой N и силой обжатия M

$$c - c_0 \geq \frac{W_t R_p}{N_0} \quad \text{см.} \quad /144/$$

Если одно из этих условий не удовлетворяется, следовательно, растягивающая сила в стадии разрушения превосходит силу обжатия, и расчет производят из условия

$$k_t M_s^y \leq R_p W_t \pm M_{s5}^y \quad \text{кгсм,} \quad /145/$$

где

k_t - допускаемый коэффициент запаса по образованию трещин, принимаемый по табл. I8;

c см - расстояние от ядерной расчетной точки до линии действия продольной силы N ;

c_0 см - расстояние от ядерной расчетной точки до линии действия силы N ;

M_s^y кгсм - момент внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через условную ядерную точку, отстоящую от центра тяжести сечения на расстоянии

$$Z_s = -\frac{W_t}{f_n} \quad \text{см;} \quad /146/$$

M_s^y кгсм - момент равнодействующей усилий N в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре относительно

той же оси, проходящей через условную ядро- вую точку, наиболее удаленную от зоны сече- ния, трещинообразование которой проверяется. При этом равнодействующую усилий определяют с учетом указаний п.5.2; знак момента опре- деляется направлением вращения.

Значение M_1^2 вычисляется по формуле

$$M_1^2 = N(e_{ax} + z_y) \quad \text{кгсм,} \quad /I47/$$

а значение M_2^2 – по формуле

$$M_2^2 = N_o(e_{ax} + z_y) \quad \text{кгсм,} \quad /I48/$$

где e_{ax} см – определяют по формулам /I39/ и /I40/.

8.7. Значение момента сопротивления для растянутой грани с учетом неупругих деформаций растянутого бетона W_r определяется по формуле

$$W_r = \frac{2}{h-x} (J_{sc} + n J_{ao} + n J'_{ao} + n J_{no} + n J'_{no}) + S_{sp}, \quad \text{см}^3; \quad /I49/$$

при этом положение нулевой линии определяется из уравнения

$$S_{sc} + n S'_{ao} + n S'_{no} - n S_{ao} - n S_{no} - 0,5(h-x) F_{sp} = 0, \quad /I50/$$

где S_{sc} см³ и J_{sc} см⁴ – статический момент и момент инерции сжатой зоны бетона относительно нулевой линии;

S_{ao} , S'_{ao} , S_{no} , S'_{no} см³ и J_{ao} , J'_{ao} , J_{no} , J'_{no} см⁴ – статические моменты и моменты инерции площади сечения напрягаемой и ненапрягаемой арматуры соответственно в растянутой и сжатой зоне сечения, относительно нулевой линии;

F_{sp} см² и S_{sp} см³ – площадь и статический момент площади растянутой зоны бетона относительно нулевой линии.

В том случае, когда нулевая линия заведомо пересекает сечение в зоне, где оно имеет постоянную ширину, расстояние ее от крайнего растянутого волокна вычисляется по формуле

$$h-x = \frac{S_a + S_{peb} + nS_a + nS'_a + nS_n + nS'_n}{F_a + F_{peb} + 0,5F_{un} + nF_a + nF'_a + nF_n + nF'_n} \text{ см,} \quad /151/$$

где F_a , F_{peb} и F_{un} см² - площади соответственно свесов сжатой зоны, ребра и уширений в растянутой зоне бетонного сечения /см.рис.6/;

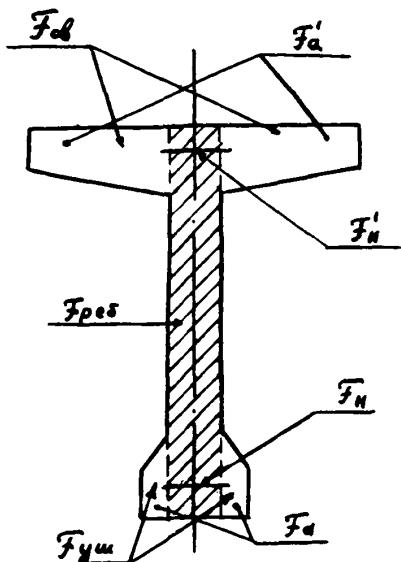


Рис. 6

S_a и S_{peb} см³ - статические моменты соответственно площадей F_a и F_{peb} относительно крайнего растянутого волокна;

S_n , S'_n , S_a и S'_a см³ - статические моменты относительно крайнего растянутого волокна напрягаемой и ненапрягаемой арматуры соответственно в растянутой и сжатой зоне сечения.

Значение W_t допускается определять по табл.22 или 23 приложения I.

В случаях, когда неточности при вычислении величины W_t могут ощутимо влиять на расход материалов или оценку тре-

III

щностойкости осуществленной конструкции (например, при расчете по формулам /143/ и /145/, рекомендуется определять величину W_t по формуле /149/ или по табл.23 приложения I.

Кроме того, рекомендуется использовать непосредственно формулы /149/ - /151/ для определения W_t в тех случаях, когда заранее не вычисляются геометрические характеристики приведенного сечения (например, при оценке возможности образования трещин в железобетонных элементах без предварительного напряжения).

8.8. Расчет изгибаемых и внецентренно сжатых элементов конструкций I-й категории трещностойкости по образованию трещин /п. 4.3, табл. 6/ рекомендуется производить по формуле

$$k_t M_{\text{c}}^2 \leq R_t W_t \pm M_{\text{as}}^2 \quad \text{кгсм,} \quad /152/$$

где

k_t - коэффициент запаса по образованию трещин, назначаемый по табл. I8, поз. I "б";

$M_{\text{c}}^2 \pm M$ кгсм - расчетный изгибающий момент от внешних нагрузок, принимаемый с учетом дополнительного коэффициента запаса $n \approx 1,25$;

M кгсм - изгибающий момент от внешних нагрузок, определяемый из статического расчета;

R_t кг/см² - расчетное сопротивление бетона при растяжении, назначаемое по табл. 1;

$m_t = 0,9$ - коэффициент точности предварительного напряжения арматуры при определении M_{as}^2 .

8.9. Железобетонные предварительно напряженные внецентренно сжатые элементы, а также изгибающие элементы таврового сечения с полкой в растянутой зоне (или другие сечения близкие по форме к указанному), в тех случаях, когда не соблюдается условие

II2

$$N + N_0 \leq 0,5 R_u b h - R_t F_n \quad \text{кг} \quad /I53/$$

следует рассчитывать по образованию трещин с учетом неупругих деформаций в сжатой зоне /отклонения эпюры сжимающих напряжений от треугольной/ согласно указаниям п.8.10.

Более точное выражение условия /I53/ имеет вид

$$N + N_0 \leq N_1 = (F_{ct} + n F'_a + n F'_n) R_u - (F_{cy} + 2n F_a + 2n F_n) R_t + (0,5 R_u - R_t) F_{ps} \quad \text{кг} \quad /I54/$$

где

N_1 , кг — равнодействующая внутренних сил в сечении;

R_t , F_{ct} , F_{ps} и F_{cy} — обозначения те же, что и в п.8.6;

R_u кг/см² — принимается по табл.2, СНиП II-В.1-62.

8.10. Расчет по образованию трещин в нормальных сечениях элементов 2-ой категории трещиностойкости, указанных в п.8.9, с учетом неупругих деформаций сжатого бетона, когда не соблюдается условие /I53/ или /I54/, производится из условия

$$k_t M_c \leq M_{tc} = R_p W_{tc} \pm M_{ob} \quad \text{кгсм}, \quad /I55/$$

где

k_t — коэффициент запаса по образованию трещин, назначаемый по табл.18;

M_c кгсм — момент внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения относительно оси, проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне сечения;

M_{ob} кгсм — момент равнодействующей усилий N в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре /п.5.2/ относительно оси, проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне сечения;

W_{tc} см³ — момент сопротивления приведенного сечения для растянутой грани с учетом неупругих дефор-

113

маций растянутого и сжатого бетона.

Значение W_{rc} вычисляется по формуле

$$W_{rc} = S_p + 2nS_{a1} \quad \text{см}^3, \quad /156/$$

где

S_p и S_{a1} см³

— статические моменты соответственно пло-
щади бетона и всей арматуры /напрягаемой и
ненапрягаемой/ растянутой зоны относительно
оси, проходящей через точку приложения рав-
нодействующей усилий в сжатой зоне сечения.

Положение нейтральной линии и точки приложения рав-
нодействующей усилий в сжатой зоне сечения определяются со-
гласно указаниям п.8.II.

Знаки моментов внешних сил и усилия предварительного
обжатия M_b и M_a определяются направлением их действия относи-
тельно оси, проходящей через точку приложения равнодействую-
щей усилий в сжатой зоне сечения.

Усилие M определяется с учетом потерь предваритель-
ного напряжения в соответствии с указаниями п.5.2.

8.II. Положение точки приложения равнодействующей
усилий в сжатой зоне сечения относительно крайнего сжатого
волокна определяется по формуле

$$y' = \frac{\alpha \beta x^2 + S_{a1} + \frac{n}{3} F_a' a_a' + \frac{n}{3} F_u' a_u'}{\beta \beta x + F_{a1} + \frac{n}{3} F_a' + \frac{n}{3} F_u'} \quad \text{см}, \quad /157/$$

где

S_{a1} см² и S_{a1} см³ — площадь сечения и статический
момент свесов полки в сжатой зоне относи-
тельно крайнего сжатого волокна;

α и β — коэффициенты, учитывающие влияние неупругих
деформаций сжатого бетона, определяемые в за-
висимости от значения "γ" по формулам

III4

$$\alpha = \frac{\psi^2 - 3\psi + 3}{6} , \quad /I58/$$

$$\beta = 1 - 0,5\psi \quad /I59/$$

или по табл.I9.

Коэффициент ψ , определяющий упругую часть сжатой зоны бетона, вычисляется по формуле

$$\psi = 6 \frac{1 - \alpha}{\alpha + 3,1} . \quad /I60/$$

Высота сжатой зоны при расчете сечений с учетом неупругих деформаций сжатого бетона вычисляется по формуле

$$x = \frac{\psi + 3,1}{4,1} h \quad \text{см.} \quad /I61/$$

Таблица I9

| Коэффициенты | ψ | | | | | | |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| α | 0,184 | 0,207 | 0,232 | 0,260 | 0,292 | 0,337 | 0,365 |
| β | 0,550 | 0,600 | 0,650 | 0,700 | 0,750 | 0,800 | 0,850 |
| γ | 0,335 | 0,345 | 0,357 | 0,372 | 0,390 | 0,422 | 0,430 |

В формулах /I60/ и /I61/

$$\psi = \frac{N + N_o - (F_{a0} + nF_a' + nF_n)R_u + (F_{au} + 2nF_a + 2nF_n)R_r}{8h R_u} , \quad /I62/$$

где R_u кг/см² - по табл.2 СНиП II-В.1-62.

В том случае, если нейтральная ось пересекает полку в растянутой зоне, в формуле /I62/ значение F_{a0} определяется по высоте растянутой зоны полки h_n , равной $h_n = h - x$, если $x \geq h_0$, то при вычислении значения ψ принимается $F_a = F_n = 0$.

Если площадь сечения сжатой арматуры / $\mathcal{F}_a' + \mathcal{F}_n' /$ составляет более 1,5% от площади ребра \mathcal{F}_{ps} , рекомендуется произвести уточнение расчета, принимая при вычислении ψ приведенную площадь сжатой арматуры равной $\frac{n}{V} \mathcal{F}_a' + \frac{n}{V} \mathcal{F}_n'$.

Значение ψ должно быть не менее 0,3.

Если по расчету получаем $x > h$, проверка трещиностойкости не производится.

При отсутствии полки в сжатой зоне и при суммарной площади сечения арматуры в сжатой зоне / $\mathcal{F}_a' + \mathcal{F}_n' /$, составляющей не более 1,5% от площади ребра \mathcal{F}_{ps} , значение ψ' допускается определять по формуле

$$\psi' = \psi x \quad \text{см,} \quad /163/$$

где ψ - коэффициент, учитывающий влияние неупругих действий сжатого бетона, определяемый по формуле

$$\psi = 0,333 \frac{v^2 - 3v + 3}{2 - v} \quad /164/$$

или по табл. I9.

8.12. Расчет по образованию трещин в нормальных сечениях элементов I-ой категории трещиностойкости, указанных в п. 8.9, когда не соблюдается условие / I53 / или / I54 / следует выполнять по указаниям п.п. 8.9 + 8.11 при замене в формулах / I53 /, / I54 / и / I62 / N на 1,25N и N_0 на 0,9 N_0 , а в формуле / I55 / - R_p на R_t и M_8 на 1,25 M_6 ,

где R_t кг/см² - осевое растяжение бетона, принимаемое по табл. I.

8.13. При внерадиальном сжатии или внерадиальном растяжении, величина предельной продольной силы, которую может воспринять сечение при заданном эксцентриките непосредственно перед началом раскрытия /появлением/ трещин, определяется по формуле

$$N_r = \frac{M_r}{e'} \quad \text{кг,} \quad /165/$$

где

e' см - расстояние от точки приложения продольной силы до оси, относительно которой определяется момент M_r /см.п.п.8.4-8.6 и 8.10/.

8.14. При расчете сборно-монолитных 2-й категории трещиностойкости предварительно напряженных железобетонных конструкций по образованию трещин в изгибаемых и внерадиально сжатых элементах после достижения дополнительно уложенным бетоном заданной прочности, в тех случаях, когда величина M_r^3 в сечении сборно-монолитной конструкции больше, чем в сечении сборного элемента, для определения M_r вместо формулы /135/ допускается пользоваться формулой

$$M_r = R_p W_r + M_{os}^3 - M_1 \left(\frac{z_1}{z_{s1}} - 1 \right) \quad \text{кгсм,} \quad /166/$$

где

M_{os} кгсм - момент усилия обжатия N_r относительно ядровой точки сечения сборно-монолитной конструкции, наиболее удаленной от зоны сечения, в которой проверяется образование трещин;

M_1 кгсм - изгибающий момент от внешней нагрузки, действовавший в сечении сборного элемента до приобретения дополнительно уложенным бетоном требуемой прочности;

z_{s1} см - расстояние от силы N_r до ядровой точки сечения сборного элемента, наиболее удаленной от зоны сечения, в которой проверяется образование трещин;

- W_t см³ - упругопластический момент сопротивления сечения сборно-монолитной конструкции;
- z , см - расстояние от силы M до ядерной точки сечения сборно-монолитной конструкции наиболее удаленной от зоны сечения, в которой проводится образование трещин.

Положение нулевой линии приближенно определяется по формулам /150/ или /151/, учитывая полное сечение сборно-монолитной конструкции.

Этот случай распространяется только на сечения с дополнительно уложенным бетоном в сжатой зоне; иные случаи рассчитываются по специальной инструкции.

8.15. При расчете стыковых сечений составных блочных конструкций на раскрытие швов величина R_p в формулах п.п.8.2 - 8.14 принимается равной нулю.

8.16. Для расчета конструкций I категории трещиностойкости в формуле /163/ R_p заменяется на R_t , $M_{t\sigma}$ вводится в расчет с $m_t = 0,9$ и M_t с дополнительным коэффициентом запаса равным $\approx 1,25$.

8.17. Если в конструкциях 2-й категории трещиностойкости допущено образование трещин в зонах, испытывающих сжатие от внешних нагрузок, то на участках с этими трещинами значения M_t , определенные по формулам /135/, /145/ или /166/ для зон, испытывающих растяжение от внешних нагрузок, поникаются на 10%.

Такое снижение M_t производится для рассматриваемого сечения, если на более ранних стадиях работы конструкции, например от действия предварительного обжатия, в указанной зоне этого сечения действительно имели место трещины, т.е. не выполнялось условие /143/.

8.18. Предварительное определение необходимого количества продольной напрягаемой арматуры A_n и A'_n для обеспечения трещиностойкости зоны, растянутой от действия внешней нагрузки, в наиболее опасных по длине элемента сечениях в конструкциях 2-й категории трещиностойкости рекомендуется производить по формулам

$$F_n = \frac{F_{n2} - k_2 F_{n1}}{1 - k_2 k_1} \quad \text{см}^2, \quad /I67/$$

$$F'_n = k_1 F_n - F_{n1} \quad \text{см}^2, \quad /I68/$$

где $F_{n2} = \frac{k_t M_2 - R_{p2} W_{t2}}{\sigma_{02} (y_{n2} + z_{n2})} \quad \text{см}^2; \quad /I39/$

$$F_{n1} = \frac{R_{p1} W_{t1} \mp k_t M_1}{\sigma_{01} (y'_{n1} + z_{n1})} \quad \text{см}^2; \quad /I70/$$

$$k_2 = \frac{y'_{n2} - z_{n2}}{y_{n2} + z_{n2}} \cdot \frac{\sigma'_{02}}{\sigma_{02}}; \quad /I71/$$

$$k_1 = \frac{y_{n1} - z_{n1}}{y'_{n1} + z_{n1}}. \quad /I72/$$

Значения M_1 , W_{t1} , z_{n1} , y_{n1} , y'_{n1} , R_{p1} , σ_{01} и σ'_{01} – соответствуют расчету по образованию трещин зоны, растянутой от действия внешней нагрузки, для наиболее опасного по длине элемента сечения.

Значения M_2 , W_{t2} , z_{n2} , y_{n2} , y'_{n2} , R_{p2} и σ'_{02} – соответствуют расчету по образованию трещин зоны, растянутой от действия усилий предварительного обжатия в наиболее опасном по длине элемента сечении.

В том случае, если значение F'_n получается отрицательным, значение F_n принимается равным F_{n2} .

В том случае, если требуется обеспечить только трещиностойкость зоны, растянутой от действия внешней нагрузки, в конструкциях 2-й категории трещиностойкости, и при этом, напрягаемая арматура A'_n не устанавливается, площадь арматуры A_n определяется по формуле

$$F_n = \frac{k_t k_1 M_2 - R_{p2} W_{t2}}{\sigma_{02} (y_{n2} + z_{n2})} \quad \text{см}^2. \quad /I73/$$

При этом коэффициент K_T принимается по табл. 18; K принимается равным $K = 1,1$, если значение σ'_h , вычисляемое по формуле /168/, получается положительным /т. е. при действии предварительного напряжения образуются трещины/ и $K = 1$, если значение σ'_h , вычисляемое по формуле /168/, получается равным нулю или отрицательным.

При предварительном подборе арматуры, потери от ползучести для арматуры A'_n допускается принимать равными нулю, а для арматуры A_n определять по формуле

$$C_n = 0,12 \frac{R}{R_0} \sigma_n \quad \text{кг/см}^2 \quad /174/$$

где R и R_0 кг/см² – кубиковая прочность бетона соответственно при эксплуатации /проектная марка бетона/ и при предварительной обжатии.

Примечания:

1. Подбор арматуры по формулам /167/ и /168/ производится в том случае, если площади арматуры A_n и A'_n одинаковы в рассматриваемых сечениях по длине элемента.

2. При определении необходимой площади арматуры A'_n в формуле /168/ учитывается фактическая площадь арматуры $A_n - \sigma_n$; при этом фактическая площадь арматуры $A'_n - \sigma'_n$ принимается не более $\sigma'_n \cdot \frac{A'_n}{A_n}$; если площадь арматуры A'_n принимается большей, чем требуется по расчету, соответственно увеличивается площадь арматуры A_n .

3. После подбора арматуры по формулам /167/ и /168/ следует проверять трещиностойкость сечений согласно указаниям п.п.8.4 – 8.6.

8.19. При расчете по образованию трещин элементов из бетонов разных марок сечение приводится к бетону растянутой зоны по формуле

$$n_c = \frac{E_s}{E_s} \quad , \quad /175/$$

где E_s кг/см²

— модуль упругости бетона растянутой зоны, принимаемый по строке I или 2 табл. 3.

8.20. При расчете гибких внецентренно сжатых элементов по образованию трещин допускается учитывать прогиб и гибкость путем умножения момента внешних сил /п.п.8.4, 8.8 и 8.10/ на коэффициент

$$\eta_r = 1 + \frac{4}{\pi \left(\frac{8\pi^2}{l^2 N} - 1 \right)} . \quad /176/$$

Учет коэффициента η_r рекомендуется производить при свободных длинах, указанных ниже.

При $l > 25$ м — для опор из цилиндрических оболочек
 $D = 1,6$ м;

при $l \leq 7$ м — для призматических свай.

9. Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям.

9.1. При расчете железобетонных конструкций деформации (прогибы и углы поворота) элементов вычисляют по формулам строительной механики, определяя их жесткость или кривизну в соответствии с настоящими указаниями и "Инструкцией по проектированию железобетонных конструкций", изд. 1968 г.

9.2. Допускаемые при проектировании вертикальные прогибы пролетных строений рекомендуется устанавливать в соответствии с приложением Ш.

9.3. При определении деформаций в необходимых случаях должно учитываться влияние длительного действия нагрузок, согласно указаниям п.п.9.5 и 9.II.

9.4. Для элементов железобетонных конструкций, при эксплуатации которых не допускаются трещины в растянутой зоне

или появление трещин маловероятно /например, предварительно напряженные элементы I и 2 категории трещиностойкости, слабо армированные элементы/, деформации определяют как для сплошного упругого тела с учетом работы бетона сжатой и растянутой зон; при этом в расчет вводят полное приведенное сечение элемента /п.5.2/.

В указанном случае жесткость элементов при кратковременном действии нагрузки определяется по формуле

$$B_k = 0,85 E_s J_s \quad \text{кг.см}^2, \quad /177/$$

где E_s кг/см² – начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении, назначаемый по таблице 3.

При определении деформаций балочных элементов таврового и двутаврового сечений постоянной высоты с отношением высоты сечения к пролету $> 0,143$, подвергающихся действию значительных сосредоточенных нагрузок /подкрановые балки и другие элементы конструкций/, значение B_k в формуле /177/ следует умножать на 0,9.

Для предварительно напряженных элементов конструкций 2-й категории трещиностойкости, в отдельных зонах которых допускается образование трещин при предварительном обжатии /табл.6/, значение B_k в формуле /177/ следует умножать на 0,85.

9.5. Для элементов конструкций указанных в п.9.4, полную величину деформаций при учете длительного действия части нагрузок и выгиба от предварительного обжатия бетона определяют по формуле

$$\delta = \delta_k + (\delta_1 - \delta_k) c \quad \text{см,} \quad /178/$$

где

δ_k см – начальная /кратковременная/ деформация от длительно действующей части нагрузки;

- f_k см - деформация от кратковременно действующей части нагрузки;
- f_c см - деформация от кратковременного действия предварительного обжатия бетона /выгиб/; при вычислении указанной деформации, усилие в напрягаемой арматуре определяют с учетом всех потерь.

Значения f_k , f_c и f_e определяют по жесткости B_k , определенной в соответствии с п.9.4.

С - коэффициент увеличения деформации вследствие ползучести бетона от длительного действия нагрузки.

Значения "С" рекомендуется принимать:

- при сухом режиме $c = 3$;
- при нормальном режиме $c = 2$;
- при влажном режиме $c = 1,5$.

9.6. Деформации изгибаемых элементов, внецентренно растянутых элементов с эксцентрикитетом $e_c > 0,8 h_0$ и внецентренно сжатых элементов, в которых при нагрузках, соответствующих стадии определения деформаций, могут появиться трещины в растянутой зоне /элементы, выполняемые без предварительного напряжения 3-й категории трещиностойкости/ находят в соответствии с указаниями п.п.9.11, 9.13 - 9.16, используя методы строительной механики по значениям кривизны $1/\rho$, определяемым в соответствии с требованиями п.п.9.7-9.9.

Для предварительно напряженных элементов эти значения кривизны и деформаций отсчитывают от начального /до их предварительного обжатия/ состояния конструктивных элементов.

Примечание. В п.9.6 e_c см - расстояние от центра тяжести приведенного сечения до внешней растягивающей силы M_c , а в предварительно напряженных элементах - до растягивающей силы M_c /п.9.7/.

9.7. Кривизну $1/\rho$ железобетонных элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений, указанных в п.9.6, определяют по формулам:

а/ для изгибаемых элементов, выполняемых без предварительного напряжения

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{h_0 z_1} \left[\frac{\Psi_a}{E_a \bar{X}_a} + \frac{\Psi_c}{(\gamma' + \xi) B h_0 E_c \gamma} \right]; \quad /179/$$

б/ для предварительно напряженных изгибаемых, внецентренно растянутых при $e_c > 0,8 h_0$, внецентренно сжатых элементов, как предварительно напряженных, так и без предварительного напряжения

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_3}{h_0 z_1} \left[\frac{\Psi_{a,n}}{E_a \bar{X}_a + E_n \bar{X}_n} + \frac{\Psi_c}{(\gamma' + \xi) B h_0 E_c \gamma} \right] - \frac{N_c}{h_0} \cdot \frac{\Psi_{a,n}}{E_a \bar{X}_a + E_n \bar{X}_n}, \quad /180/$$

где

M_3 кг.см - заменяющий момент, т.е. момент относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящий через центр тяжести арматуры растянутой зоны от всех внешних усилий, приложенных по одну сторону сечения, и от силы предварительного обжатия N_c /определенной с учетом полных потерь по п.5.2/, вычисляемый по формулам:

для изгибаемых элементов

$$M_3 = M + N_c e_x \quad \text{кгсм}; \quad /181/$$

для внецентренно растянутых и внецентренно сжатых элементов

$$M_3 = N_c e_x + N_c e_x \quad \text{кгсм}; \quad /182/$$

e_x см - расстояние от центра тяжести арматуры А до точки приложения усилия обжатия N_c ; при отсутствии напрягаемой арматуры А допускается принимать $e_x = 0$;

e см - расстояние от центра тяжести площади сечения арматуры А до точки приложения внешней продольной силы N ;

N_c

кг

- суммарное продольное усилие от внешней силы N и силы обжатия N_c с учетом всех потерь /см.п.5.2./

$$N_c = N_o \pm N$$

кг .

/183/

 $\xi - \frac{x}{h_0}$

Значение сжимающей продольной силы N принимается со знаком "плюс", растягивающей продольной силы - со знаком "минус";

 ξ

см

- относительная высота сжатой зоны бетона в сечении с трещиной (где x - высота сжатой зоны в сечении с трещиной), определяемая согласно п. 9.8;

 z_1

- расстояние от центра тяжести площади сечения всей арматуры, расположенной в растянутой зоне, до точки приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне сечения над трещиной /плечо внутренней пары сил/, определяемое в соответствии с п.9.8;

$$\gamma' = \frac{(b' - b)h'_n + \frac{n_a}{\gamma} F'_a + \frac{n_n}{\gamma} F'_n}{b h_0} ;$$

/184/

 Ψ и $\Psi_{a,n}$

- коэффициенты, учитывающие работу растянутого бетона между трещинами для ненапряженных и напряженных элементов соответственно и определяемые согласно п.9.9;

 $\Psi_s = 0,9$

- коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего волокна сжатой грани сечения на участке между трещинами, как при кратковременном, так и при длительном действии нагрузки;

 ψ

- отношение упругой части деформации крайнего волокна сжатой грани сечения к полной его деформации.

Значение γ при кратковременном действии нагрузки принимают равным:

а/ для изгибаемых элементов, выполняемых без предварительного напряжения, т.е. при использовании формулы /179/ - 0,5;

б/ в остальных случаях, т.е. при использовании формулы /180/ - 0,45.

При длительном воздействии нагрузок значение этого коэффициента принимают равным как в формуле /179/, так и в формуле /180/:

а/ при сухом режиме - 0,1;

б/ при нормальном режиме - 0,15;

в/ при влажном режиме - 0,20.

9.8. Плечо внутренней пары Z , определяется по формуле

$$z_1 = h_0 \left[1 - \frac{\frac{h_1'}{h_0} \gamma_1' + \frac{2\alpha'}{h_0} \gamma_2' + \xi^2}{2(\gamma_1' + \gamma_2' + \xi)} \right] \text{ см,} \quad /185/$$

где

$$\gamma_1' = \frac{(b_n' - \ell) h_n'}{8h_0}; \quad /186/$$

$$\gamma_2' = \frac{\frac{n}{\gamma} \gamma_a' + \frac{n}{\gamma} \gamma_b'}{8h_0}. \quad /187/$$

Расчетную ширину полки ℓ_n' следует определять с учетом указаний п.7.13.

Величину Z , можно также определять по формуле /6.9/ п.6.7 /9.7/ "Инструкции по проектированию железобетонных конструкций", ч.2, изд.1964 г.

Относительную высоту сжатой зоны бетона в уравнениях /179/, /180/ и /185/ при кратковременном действии нагрузки принимают равной

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(Z+1)}{10\mu n}} \pm \frac{1,5 + \delta^1}{11,5 \frac{e_1}{h_0} + 5} \leq 1, \quad /188/$$

где

$$Z = \frac{M_x}{K_u \frac{b}{6} h_0^2}; \quad /189/$$

$$T = \gamma'_1 \left(1 - \frac{h'_n}{2h_0}\right) + \gamma'_2 \left(1 - \frac{a'}{h_0}\right); \quad /190/$$

$$\delta^1 = \gamma'_1 + \gamma'_2;$$

$$\mu n = \frac{n_a \bar{F}_a}{6h_0} + \frac{n_n \bar{F}_n}{6h_0};$$

см - абсолютная величина эксцентрикитета продольной силы /включая и силу обжатия/ относительно центра тяжести арматуры растянутой зоны, соответствующая изгибающему моменту M_x ;

$$e_1 = \frac{M_x}{N_c} \quad \text{см.} \quad /191/$$

Для изгибаемых элементов без предварительного напряжения последнее слагаемое правой части формулы /188/ принимается равным нулю.

Для последнего слагаемого в правой части формулы /188/ верхние знаки принимаются при сжимающем усилии N_c , а нижние знаки - при растягивающем усилии N_c .

Если знаменатель последнего слагаемого в правой части формулы /188/ имеет отрицательную величину, значение $\xi = 1$.

При длительном действии нагрузки допускается принимать значение ξ таким же как и при кратковременном действии нагрузки по формуле /188/.

Если значение $x = \xi h_0 < h'_n$, т.е. $\xi < \frac{h'_n}{h_0}$, /192/ то величины $x(\xi)$ и Z , а также I/p следует определять без учета арматуры A .

9.9. Коэффициенты Ψ_a и $\Psi_{a,n}$ принимаются равными:

а) для изгибаемых элементов, выполняемых без предварительного напряжения, т.е. в формуле (I79),

$$\psi_a = 1,3 - 5 \frac{M_{bx}}{M} \leq 1 ; \quad (I93)$$

б) для остальных случаев, т.е. в формуле (I80),

$$\psi_a = 1,3 - 5m - \frac{1-m}{6-4,5m} \leq 1 \quad (I94)$$

или по таблице 20.

Таблица 20

| Характер действия нагрузки | Характер профиля стержней рабочей арматуры | m | | | | | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 10 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Кратко-временное действие | Периодический профиль $\beta = 1,1$ | 0,82 | 0,72 | 0,62 | 0,52 | 0,43 | 0,34 | 0,26 | 0,20 |
| | Гладкий профиль $\beta = 1,0$ | 0,85 | 0,76 | 0,67 | 0,58 | 0,50 | 0,42 | 0,35 | 0,30 |
| Длительное действие | Любые профили $\beta = 0,8$ | 0,91 | 0,84 | 0,77 | 0,70 | 0,64 | 0,59 | 0,53 | 0,50 |

В формуле (I93):

$$M_{bx} = 0,8 \cdot R_p W_{s,r} \quad \text{кг. см.} - \quad (I95)$$

— момент относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в слабой зоне сечения, воспринимаемый сечением элемента конструкции без учета арматуры растянутой зоны непосредственно перед появлением трещин;

$W_{s,T}$

см3 – момент сопротивления приведенного сечения, определяемый с учетом неупругих деформаций бетона в соответствии с указанием п.8.7 без учета растянутой арматуры.

Отношение, входящее в формулу /193/, должно быть

$$\frac{M_{3T}}{M} \leq 1.$$

Значение "m" в формуле /194/ определяется из выражения

$$m = \frac{M'_T}{M_c} \leq 1, \quad /195/$$

где

 M'_T и M_c

кгсм – моменты всех расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения усилий /включая и силу обжатия N_e / относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в скатой зоне сечения над трещиной; M_c определяют в той стадии, для которой определяют деформации, а M'_T – в стадии непосредственно после образования трещин при изгибающем моменте M_T ;

$$m = \frac{M_{3T} - N_{et} z_{et}}{M_c - N_c z_c}, \quad /196/$$

M_{3T} – определяется по формулам:

для изгибаемых элементов

$$M_{3T} = N_e e_x + M_T \quad \text{кгсм}; \quad /197/$$

для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов

$$M_{3T} = N_e e_x + N_T e \quad \text{кгсм}. \quad /198/$$

$$\text{Величина } N_{et} = N_e + N_T \quad \text{кг}, \quad /199/$$

где

 M_T кгсм

– изгибающий момент, соответствующий образованию трещин и приницаемый по формулам /135/, /152/, /155/ и /163/;

N_t кг — продольная сила, соответствующая образованию трещин и принимаемая по формуле /165/ со знаком "плюс" при внецентренном сжатии и со знаком "минус" при внецентренном растяжении.

Значение ξ_t определяют по формуле /185/. При этом для вычисления относительной высоты сжатой зоны ζ значение M_3 заменяют величиной M_{tr} , а значение N_c — величиной N_{ct} .

Если при вычислении коэффициента m знаменатель правой части формулы /196/ меньше нуля, коэффициент $m = 1$.

9.10. Для изгибаемых элементов, выполняемых без предварительного напряжения, величина жесткости может определяться по формуле

$$B = \frac{h_0 z_1}{\frac{\Psi_a}{E_a \bar{z}_a} + \frac{\Psi_c}{(1+\xi) E_b \bar{z} h_0 \sqrt{}}}. \quad /200/$$

9.11. Полную величину деформаций элементов, перечисленных в п.9.6, включая деформации от длительного действия части нагрузки, определяют по формуле

$$f = f_1 - f_2 + f_3 \quad \text{см,} \quad /201/$$

где

f_1 см — деформация от кратковременного действия всей нагрузки;

f_2 см — начальная /кратковременная/ деформация от длительно действующей части нагрузки;

f_3 см — полная /длительная/ деформация от длительно действующей части нагрузки.

Значения f_1 , f_2 и f_3 находят по значениям кривизн и жесткостей, определяемых согласно п.п.9.7-9.10; при этом

величины f_1 и f_2 вычисляют при значениях Ψ_a , $\Psi_{a,n}$ и ν , отвечающих кратковременному действию нагрузки, величину f_3 – при Ψ_a , $\Psi_{a,n}$ и ν , отвечающих длительному действию нагрузки; величины f_2 и f_3 всегда вычисляют в предположении наличия трещин в растянутой зоне элемента.

9.12. Для конструктивных элементов постоянного сечения, имеющих трещины в бетоне, на каждом участке, в пределах которого изгибающий момент не меняет знака, кривизна $1/\rho$ вычисляется для наиболее напряженного сечения.

В других сечениях такого участка допускается принимать кривизну, изменяющейся пропорционально изменению значений изгибающего момента /рис.7/.

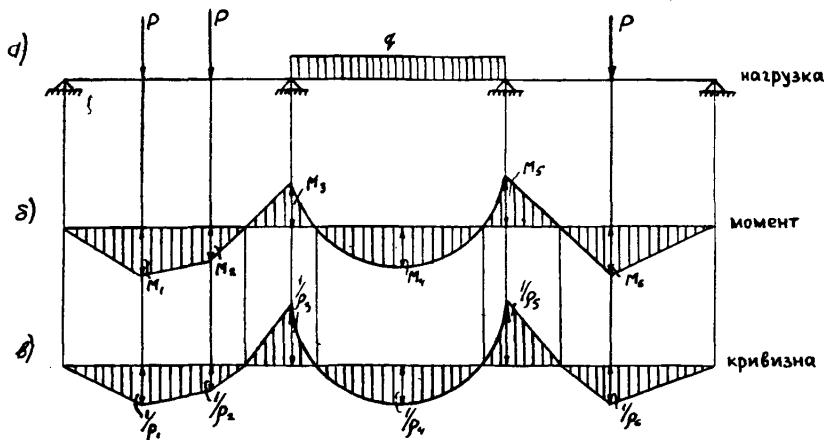


Рис.7.

9.13. Для элементов, указанных в п.9.6, в которых при предварительном обжатии могут возникнуть трещины в зоне,

сжатой от действия внешней нагрузки, т.е. не выполняется условие /143/, значения деформаций, определенные по формуле /201/, следует увеличить на 15%.

9.14. Для элементов, указанных в п.9.6, имеющих тавровое или двутавровое сечение с постоянной по длине пролета высотой при отношении высоты к пролету 1/7 и более и при действии значительных сосредоточенных нагрузок /например, подкрановые балки и др.элементы/, полную величину деформаций следует увеличить на 20% по сравнению с полученной расчетом.

9.15. Для сборно-монолитных конструкций полную величину деформаций определяют по формуле

$$\varphi_n = \varphi + \varphi_c - \varphi_{cm} \quad \text{см,} \quad /202/$$

где

φ см, - деформация сборно-монолитного элемента от действия полной нагрузки, которую допускается определять по формуле /178/ при отсутствии трещин или /201/ при наличии трещин в растянутой зоне;

φ_c см - деформация сборного элемента, определяемая по формуле /178/ при отсутствии трещин или /201/ при наличии трещин в растянутой зоне от нагрузки, действовавшей до приобретения дополнительно уложенным бетоном требуемой прочности;

φ_{cm} см - деформация сборно-монолитного элемента от той же нагрузки, эту величину допускается определять по формуле /178/ в предположении отсутствия трещин в растянутой зоне.

При вычислении коэффициента "m" по формуле /195/ M_t определяют по формуле /135/ для полного сечения сборно-монолитного элемента.

9.16. При определении деформаций пустотных настилов

к значению ϕ , определенному по формуле /201/,
следует вводить коэффициент 0,8.

При толщине железобетонных элементов ≤ 16 см значения полных прогибов умножаются на коэффициент $\frac{4}{\sqrt{h}}$, где h — толщина элемента в см.

10. Расчет элементов железобетонных конструкций по раскрытию трещин.

10.1. Расчет по раскрытию трещин должен производиться для элементов или их отдельных зон, при этом:

а/ проверки ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента /как предварительно напряженного, так и выполняемого без предварительного напряжения/, не требуется, если соблюдаются условия раздела 8 /для рассматриваемых сечений/; при этом для элементов без предварительного напряжения усилие N принимается равным нулю;

б/ проверки ширины раскрытия наклонных трещин не требуется, если для железобетонных элементов соблюдается условие /109/.

10.2. Ширина раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента a_t в центрально растянутых, изгибаемых, внецентрически растянутых при $e_t > 0,8 h$ и внецентрически сжатых элементах должна определяться по формуле

$$a_t = \psi_{a_t} \frac{\sigma_{a_t}}{E_{a_t}} l_t \quad \text{мм или см,} \quad /203/$$

где

l_t см — расстояние между трещинами;

σ_{a_t} кг/см² — напряжение в растянутой арматуре, принимаемое при расчете ширины раскрытия трещин:

а/ для конструкций, выполняемых без предварительного напряжения:

для изгибающихся элементов - по формуле

$$\sigma_a = \frac{M}{F_a z_1} \text{ кг/см}^2; \quad /204/$$

для внерадиально растянутых при $e_o > 0,8 h_0$ и внерадиально сжатых элементов - по формуле

$$\sigma_a = \frac{N(e \pm z_1)}{F_a z_1} \text{ кг/см}^2; \quad /205/$$

б/ для предварительно напряженных конструкций:
для изгибающихся элементов - по формуле

$$\sigma_{a,n} = \frac{M + N_0(e_x - z_1)}{(F_a + F_0) z_1} \text{ кг/см}^2; \quad /206/$$

для внерадиально растянутых при $e_o > 0,8 h_0$ и внерадиально сжатых - по формуле

$$\sigma_{a,n} = \frac{N(e \pm z_1) + N_0(e_x - z_1)}{(F_a + F_0) z_1} \text{ кг/см}^2. \quad /207/$$

В формулах /205/ и /207/ знак "плюс" принимается при внерадиальном растяжении, а знак "минус" - при внерадиальном сжатии.

В формулах /204/+/207/:

e и e_x см - принимаются по п.9.7;

z_1 см - плечо внутренней пары, определяемое согласно п.9.8.

При определении a_t от усилия предварительного напряжения N_0 напряжения σ_a принимаются по формуле /205/, рассматривая усилие N_0 как внешнюю продольную силу N .

При определении ширины раскрытия трещин в стадии обжатия элемента усилием напрягаемой арматуры значения σ_a должны приниматься не более σ_t .

Значения Ψ_a и $\Psi_{a,n}$ в формуле /203/ определяют -

- для изгибаемых, внецентренно растянутых при $e_o > 0,8 h_o$ и внецентренно сжатых элементов, выполняемых как с предварительным напряжением, так и без него, в соответствии с п.9.9.

Примечание. Обозначение эксцентрикитета e_o дано в примечании п.9.6.

10.3. Расстояние между трещинами в формуле /203/ определяют как при длительном, так и при кратковременном действии нагрузки.

Для изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов при $e_o > 0,8 h_o$ расстояние между трещинами определяют по формуле

$$\ell_t = k_1 n \cdot u \cdot \eta \quad \text{см,} \quad /208/$$

где

$$u = \frac{F_u + F_a}{3} ; \quad /209/$$

$$\mu = \frac{F_u + F_a}{F} ; \quad /210/$$

Σ см - периметр сечения арматуры;

$$k_1 = \frac{W_t}{n (F_u + F_a) \chi_1} - 2 ; \quad /211/$$

W_t см³ - упругопластический момент сопротивления, определяемый согласно п.8.7 с учетом всей арматуры;

χ - коэффициент, зависящий от вида продольной растянутой арматуры и принимаемый равным:

$\chi = 0,7$ - для стержней периодического профиля;

$\chi = 1,0$ - для гладких стержней горячекатаной арматуры;

$\chi = 1,25$ - для обычновенной арматурной проволоки в сварных каркасах и сетках.

Примечание. δ - периметр сечения стержней арматуры периодического профиля принимается равным длине окружности, соответствующей номинальному диаметру, без учета выступов и ребер.

10.4. При совместном действии кратковременной и длительно действующей нагрузок ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси железобетонного элемента, рекомендуется определять по формуле

$$a_t = a_{t1} - a_{t2} + a_{t3} \leq [a_t] \quad \text{мм,} \quad /2I2/$$

где

- a_{t1} , мм или см - ширина раскрытия трещин от кратковременного действия всей нагрузки;
- a_{t2} , мм или см - начальная ширина раскрытия трещин от длительно действующей нагрузки /при ее кратковременном действии/;
- a_{t3} , мм или см - полная ширина раскрытия трещин от длительно действующей нагрузки;
- $[a_t]$ мм - допускаемая ширина раскрытия трещин, называемая по табл.2I.

Величины a_{t1} , a_{t2} и a_{t3} определяются по формуле /203/, считая a_{t1} и a_{t2} -при кратковременном действии нагрузки, а a_{t3} - при длительном действии нагрузки.

Расстояние ℓ_t допускается принимать постоянным, как при кратковременном действии полной нагрузки.

10.5. Ширина раскрытия наклонных трещин в изгибаемых элементах определяется по формуле

$$a_t = \frac{4 t^2 \ell_t}{(\mu_s + \mu_o) R_u E_{s,u}} \leq [a_t] \quad \text{мм или см,} \quad /2I3/$$

Таблица 41

Требования, предъявляемые к основным конструктивным элементам
морских причальных сооружений при расчете трещиностойкости.

| № пп | Конструктивный элемент сооружения | Зона размещения конструктивного элемента или условия службы конструкции | Армирование конструктив- ного элемента | Необходимость расчета на трещи- ностойкость | | Преельные /допускает- мые/ вели- чины расчес- тного раскры- тия треци- ны Га, мм | Примечания |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | по образованию трещин | по раскрытию трещин | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Конструктивные элементы всех видов сооружений | Поверхности, расположенные в зоне переменного уровня морской воды и подвергаю- щиеся попеременному замора- живанию и оттаиванию или намоканию и высыханию, а также расположенные под во- дой или в надводной зоне, но подвергающиеся интенсив- ному воздействию конденса- та и паров морской воды /нижние поверхности роствер- ков/ | Высокопрочная проволока в пучках и прядях с $\sigma_y > 10\ 000\ \text{кг}/\text{см}^2$ | Требуется для основных и особых сочета- ний нагрузок | - | - | |
| | | | Стрелевая с предвари- тельным напряжением $\sigma_y \leq 10\ 000\ \text{кг}/\text{см}^2$ | Требуется для основных со- четаний нагру- зок | Требуется для особых соче- таний нагру- зок | 0,05 | |
| | | | Стрелевая без предвари- тельного напряжения с $\sigma_y < 10\ 000\ \text{кг}/\text{см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочета- ний нагрузок | 0,05 0,10 | Заделатель для подводной зоны конструкций |
| 2 | Конструктивные эле- менты верхнего строения эстакад | Верхняя поверхность эле- мента, обращенная к покрытию | Высокопрочная проволока в пучках и прядях с $\sigma_y > 10\ 000\ \text{кг}/\text{см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочета- ний нагрузок | 0,10 | |
| | | | Стрелевая с предвари- тельным напряжением при $\sigma_y \leq 10\ 000\ \text{кг}/\text{см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочета- ний нагрузок | 0,15 0,20 | Числитель - для ос- новных сочетаний нагрузок, знамена- тель - для особых. |

Продолжение таблицы 21.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|--|---|---|--|------------------|--|
| 3 | Конструктивные элементы опор эстакадных сооружений и лицевые стены бойлеров | В грунте основания | Стержневая с предварительным напряжением $\sigma_p \leq 10000 \text{ кг/см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочетаний нагрузок | $0,15$ $0,20$ | Числитель - для основных сочетаний нагрузок, знаменатель - для особых При грунтовых водах, агрессивных по отношению к бетону $a_r \leq 0,10 \text{ мм}$ |
| 4 | Конструктивные лицевые элементы углковых стенок и надстроек гравитационных стенок и бойлеров. | Поверхности элементов, взаимодействующие с грунтом | Стержневая с предварительным напряжением при $\sigma_p \leq 10000 \text{ кг/см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочетаний нагрузок | $0,10$ $0,15$ | Числитель - для основных сочетаний нагрузок, знаменатель - для особых. При грунтовых водах, агрессивных по отношению к бетону $a_r \leq 0,05 \text{ мм}$ |
| 5 | Фундаментные панели углковых стенок. | Верхняя поверхность на контакте с грунтом засыпки | Стержневая без предварительного напряжения $\sigma_p < 10000 \text{ кг/см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочетаний нагрузок | $0,10$ | При грунтовых водах, агрессивных по отношению к бетону $a_r \leq 0,05 \text{ мм}$ |
| 6 | Анкерные устройства в виде плит, стенок, козловых и полукозловых опор | Нижняя поверхность на контакте с каменной постелью | Стержневая без предварительного напряжения $\sigma_p < 10000 \text{ кг/см}^2$ | - | Требуется для основных и особых сочетаний нагрузок | $0,10$ $0,15$ | При грунтовых водах, агрессивных по отношению к бетону $a_r \leq 0,05 \text{ мм}$ |
| | | Зона взаимодействия с грунтом | Стержневая класса А-П без предварительного напряжения $\sigma_p < 10000 \text{ кг/см}^2$ | - | - | Не нормируется | Требуется обеспечить только прочность конструкции. При грунтовых водах агрессивных по отношению к бетону требуется расчет на раскрытие трещин $a_r \leq 0,05 \text{ мм}$ |

где $t = \frac{Q}{\ell h_0}$ кг/см² ; /214/

$$l_t = \frac{1}{3\left(\frac{\mu_x}{\eta_t d_x} + \frac{\mu_o}{\eta_t d_o}\right)} \leq 30 d_{max} + h_0 \text{ см} ; /215/$$

d_x и d_o см - диаметры стержней соответственно поперечных и отогнутых;
 d_{max} см - наибольший из этих диаметров;

$\mu_x = \frac{f_x}{u \cdot \delta}$ - коэффициент армирования поперечной арматуры;

$\mu_o = \frac{f_o}{u \cdot \delta}$ - коэффициент армирования, наклонными к продольной оси элемента стержнями /наклонные хомуты, отгибы и др./;

Q кг - наибольшая поперечная сила /смотри брошюру I, часть I/;

η_x и η_o - коэффициенты, учитывающие профиль арматурных стержней /соответственно, нормальных и наклонных к продольной оси/, принимаемые по п.10.3;

f_x и f_o см² - смотри п.7.21;

u , см - расстояния между плоскостями отгибов /наклонных арматурных стержней/, измеренные по нормали к ним; при разных расстояниях между отгибами величина u , определяется как полусумма расстояний между рассматриваемой плоскостью отгибов и двумя соседними с ней плоскостями отгибов, измеренных по нормали к отгибам: для первой от опоры плоскости отгибов

$$u_o = 0,5(u_{o1} + u_{o2}) \text{ см};$$

для второй от опоры плоскости отгибов $u_o = 0,5(u_{o2} + u_{os}) \text{ см};$

для последней n -ой плоскости отгибов величина u_o принимается равной расстоянию между ней и предыдущей плоскостью отгибов, т.е. $u_o = u_{on}$ см.

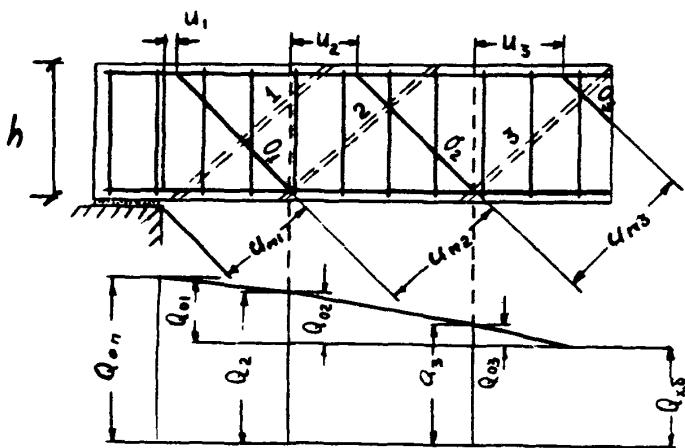


Рис.8. Места расположения наиболее опасных наклонных сечений

I - сечение, проходящее через грань опоры;
 2 и 3 - сечения, проходящие через расположенные в растянутой зоне начала отгибов.

Отгибы могут учитываться в расчете лишь на тех участках, где расстояние от грани опоры до начала первого отгиба $/u_1/$, а также расстояния между концом предыдущего и началом следующего отгиба $/u_2$ и $u_3/$, не были бы больше $0,2h$.

Величину a_t , определенную по формуле /213/, допускается уменьшать в 1,5 раза, если элемент конструкции армирован поперечными стержнями, нормальными к оси элемента, и продольными стержнями того же диаметра с расстояниями по высоте сечения, равными шагу поперечных стержней.

II. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурно-влажностные воздействия.

II.1. Учет температурных и влажностных воздействий при проектировании морских гидротехнических сооружений производится:

а/ при расчете несущей способности /прочности/ железобетонных статически неопределенных конструкций, а также тех статически определенных конструкций, которые вследствие температурных воздействий могут испытывать дополнительные внешние силовые воздействия;

б/ при определении температурных и влажностных деформаций и перемещений элементов сооружений для назначения конструкции температурно-осадочных швов и уплотнительных швов для обеспечения грунтонепроницаемости;

в/ для обоснования программы и проекта организации наблюдений за сооружением в строительный и эксплуатационный периоды.

Примечания:

1. Температурно-влажностные воздействия допускается не учитывать для эксплуатационной стадии работы в конструкциях подземных сооружений, а также для тонкостенных элементов сооружений, в которых практически обеспечена свобода перемещения.

2. В конструкциях железобетонных морских причальных сооружений с относительно большой длиной секции $/Z \geq 30\text{ м}/$

необходимо производить учет межсезонного /годового/ перепада температуры. Модули деформации для определения усилий от межсезонного температурного перепада должны учитывать полезучесть бетона и приниматься в соответствии с таблицей 3, поз. 4 /для трещиностойких элементов/ и поз.5 /для элементов при наличии трещин/. Момент инерции, независимо от трещиностойкости допускается определять без учета арматуры. Межсезонный /годовой/ перепад температуры определяется по приложению IV.

II.2. В расчетах рекомендуется учитывать следующие основные температурные и влажностные воздействия:

- а/ изменение температуры воздуха, окружающего сооружение, а также воды в море;
- б/ влагоотдача бетона с открытой поверхности в окружающую среду.

II.3. Температурно-влажностные воздействия относят к сочетаниям нагрузок и воздействий в соответствии с указаниями части I, брошюры I настоящего "Пособия".

Примечания:

1. Температурные воздействия относятся к основному сочетанию, если они определены для года характерного средними климатическими температурными условиями, в том числе средними амплитудами колебаний температур, и к особым сочетаниям, если они определены для года с наиболее суровыми климатическими условиями, в том числе с наибольшей, за многолетний ряд, амплитудой колебаний температуры воздуха.

2. Изменение температурного состояния статически неопределенной конструкции при переходе от температур замыкания этой конструкции к установленным температурам относится к основному сочетанию нагрузок и воздействий.

3. Выбор расчетного сочетания нагрузок и воздействий должен быть обоснован. Не разрешается учитывать в особом соче-

тании наихудшие температурные условия совместно с другими особыми воздействиями /сейсмика, взрывная волна и др./, а следует лишь учитывать температурные воздействия, относящиеся к основным сочетаниям.

II.4. Учет температурно-влажностных воздействий рекомендуется выполнять в два этапа:

а/ расчет температурного и при необходимости влажностного режима сооружения, конструкций и их отдельных элементов;

б/ расчет усилий и напряжений, возникающих при температурных и влажностных воздействиях.

II.5. Определение усилий для внешне статически неопределеных систем производится по правилам строительной механики с использованием решений теории упругости и учетом ползучести бетона в зависимости от рода конструкции и расчетной схемы, принятой для расчета на внешние силы.

Расчет усилий и деформаций в бетонных и железобетонных статически неопределеных конструкциях, состоящих из стержневых и плитных элементов, производится:

а/ на изменение средних расчетных температур T_p и влажности W_p ;

б/ на изменение средних расчетных градиентов температуры ΔT_p и влажности W_p .

Расчет рекомендуется выполнять в два этапа:

первый - на изменение температуры /влажности/ элементов конструкций в период их нормальной эксплуатации;

второй - на изменение температуры /влажности/ конструкции от момента замыкания ее элементов в статически неопределенную систему до установившегося состояния сооружения в период

эксплуатации.

Примечания:

1. Под средней расчетной температурой /влажностью/ элемента, с которой связаны его осевые деформации, подразумевается объем эпюры распределения температуры /влажности/ по поперечному сечению элемента, деленный на площадь поперечного сечения. Для плитных элементов прямоугольного сечения средняя температура /влажность/ определяется как частное от деления площади эпюры распределения температуры /влажности/ по толщине элемента на толщину последнего.

2. Средний расчетный градиент температуры /влажности/ элемента в рассматриваемом направлении, с которым связаны углы поворота его поперечных сечений, определяются как тангенс угла в этом направлении между основаниями условной приватической эпюры распределения температуры/влажности/ по сечению элемента. При этом объем и статический момент условной эпюры должен быть равен объему и статическому моменту действительной эпюры распределения температуры /влажности/ по сечению элемента.

Для плитных элементов прямоугольного сечения средний градиент температуры /влажности/ определяется как тангенс угла между основаниями условной трапециедальной эпюры распределения температуры /влажности/ по толщине элемента.

II.3. В расчетах температурно-влажностных усилий, напряжений и перемещений в период строительства сооружений и в начале их эксплуатации следует учитывать изменение во времени модуля упругости и ползучесть бетона.

Примечание. Учет ползучести бетона в эксплуатационный период допускается после специального обоснования.

I2. Общие конструктивные требования и дополнительные указания по конструированию предварительно напряженных железобетонных элементов.

I2.1. Для выполнения конструктивных требований железобетонных элементов морских причальных сооружений рекомендуется пользоваться указаниями СНиП II-В.1-62, "Инструкцией по проектированию железобетонных конструкций", изд. 1968 г., настоящим "Пособием" к ВСН-3-67 ч.ч. I и 2, проектом СНиП II-И.14-68 "Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений", изд. 1968 г., ВНИИГ им. Веденеева Б. Е., Ленинград, разд. II с учетом дополнительных специфических указаний по толщине защитного слоя /см.п. I2.2/.

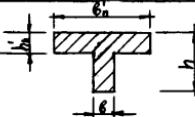
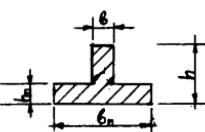
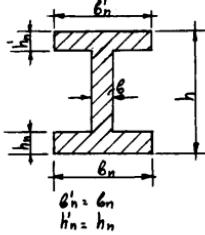
I2.2. Толщину защитного слоя бетона в чистоте следует принимать:

- а/ для рабочей арматуры из высокопрочной проволоки в пучках и прядях - 7 см;
- б/ для стержневой рабочей арматуры лицевых поверхностей, обращенных к морю - 5 см;
- в/ то же для поверхностей, обращенных к грунту и верхних поверхностей ростверка, обращенных к покрытию - 4 см;
- г/ для распределительной арматуры и хомутов - 3 см.

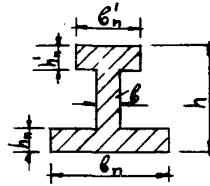
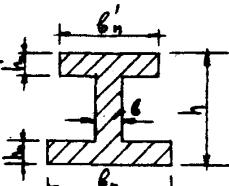
Приложение I

Таблица 22

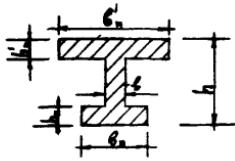
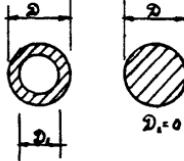
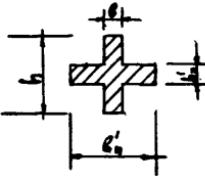
Значения коэффициента χ для определения
момента сопротивления сечения
 $W_T = \chi \cdot W_0$

| № пп | Характеристика сечения | χ | Форма поперечного сечения |
|---------|--|---------------------|---|
| I | 2 | 3 | 4 |
| I | Прямоугольное | I,75 |  |
| 2 | Тавровое с полкой, расположенной в сжатой зоне | I,75 |  |
| 3 | Тавровое с полкой /уширениями/, рас- положенной в рас- тянутой зоне: а/ при $\frac{b_n}{b} \leq 2$ при любом отноше- нии $\frac{h_n}{h}$ б/ при $\frac{b_n}{b} > 2$ и $\frac{h_n}{h} > 0,2$ в/ при $\frac{b_n}{b} > 2$ и $\frac{h_n}{h} < 0,2$ | I,75 I,75 I,5 |  |
| 4 | Двутавровое сим- метричное /короб- чатое/: а/ при $\frac{b'_n}{b} = \frac{b_n}{b} \leq 2$ независимо от отношений $\frac{h_n}{h} = \frac{h'_n}{h}$ | I,75 |  |

Продолжение таблицы 22

| I | 2 | 3 | 4 |
|---|--|---|--|
| | <p>б/ при $2 < \frac{b_n'}{b} = \frac{b_n}{b} \leq 6$ независимо от отношений $\frac{h_n}{h} = \frac{h_n'}{h}$</p> <p>в/ при $\frac{b_n'}{b} = \frac{b_n}{b} > 6$ и $\frac{h_n}{h} = \frac{h_n'}{h} > 0,2$</p> <p>г/ при $6 < \frac{b_n'}{b} = \frac{b_n}{b} \leq 15$ и $\frac{h_n}{h} = \frac{h_n'}{h} < 0,2$</p> <p>д/ $\frac{b_n'}{b} = \frac{b_n}{b} > 15$ и $\frac{h_n}{h} = \frac{h_n'}{h} < 0,1$</p> | <p>1,5</p> <p>1,5</p> <p>1,25</p> <p>1,10</p> | |
| 5 | <p>Двутавровое несимметрич- ное, удовлет- воряющее ус- ловию $\frac{b_n}{b} \leq 3$</p> <p>а/ при $\frac{b_n}{b} \leq 2$ независимо от отношения $\frac{h_n}{h}$</p> <p>б/ при $2 < \frac{b_n}{b} \leq 6$ независимо от отношения $\frac{h_n}{h}$</p> <p>в/ при $\frac{b_n}{b} > 6$ и $\frac{h_n}{h} > 0,1$</p> | <p>1,75</p> <p>1,50</p> <p>1,50</p> |  |
| 6 | <p>Двутавровое не- симметричное, удовлетворяющее условию $3 < \frac{b_n}{b} \leq 8$:</p> <p>а/ при $\frac{b_n}{b} \leq 4$ не- зависимо от отношения $\frac{h_n}{h}$</p> | 1,5 |  |

Продолжение таблицы 22

| I | 2 | 3 | 4 |
|---|---|-----------------------|--|
| | а/ при $\frac{b}{b_0} > 4$ и $\frac{h}{h_0} > 0,2$ в/ при $\frac{b}{b_0} > 4$ и $\frac{h}{h_0} < 0,2$ | I,5 | |
| 7 | Двутавровое не- симметричное, удовлетворяющее условию $\frac{b}{b_0} > 8$: а/ при $\frac{h}{h_0} > 0,3$ в/ при $\frac{h}{h_0} < 0,3$ | I,5 I,25 |  |
| 8 | Кольцевое и круговое | $2-0,4 \frac{D}{D_0}$ |  |
| 9 | Крестовое: а/ при $\frac{b}{b_0} > 2$ и $0,9 > \frac{h}{h_0} > 0,2$, в/ в оставль- ных случаях | 2 I,75 |  |

Примечания:

1. В табл.приложения I обозначения b_0 и h_0 соответствуют размерам полки, которая при расчёте по образованию трещин является растянутой, а b'_0 и h'_0 – размерам полки, которая для этого случая расчёта является сжатой.

2. W_c – момент сопротивления для растянутой грани сечения, определяемый по закону сопротивления упругих материалов.

Приложение I

Таблица 23

Значение величины γ

| $\frac{h}{a}$ | $\frac{h}{a}$ | I | | | | | S | | | | | S | | | | | 7 | | | | | 9 | | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | II | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 0,1 | 1,0 | I,75 | I,75 | I,75 | I,75 | I,75 | I,73 | I,73 | I,73 | I,73 | I,71 | I,71 | I,71 | I,71 | I,71 | I,69 |
| | 1,5 | I,75 | I,67 | I,66 | I,70 | I,75 | I,73 | I,65 | I,64 | I,65 | I,70 | I,71 | I,64 | I,62 | I,63 | I,67 | I,69 | I,62 | I,60 | I,61 | I,34 | I,67 | I,60 | I,58 | I,59 | I,62 |
| | 2,0 | I,75 | I,61 | I,61 | I,68 | I,78 | I,73 | I,60 | I,59 | I,63 | I,71 | I,71 | I,58 | I,56 | I,59 | I,66 | I,69 | I,56 | I,54 | I,57 | I,68 | I,67 | I,55 | I,53 | I,55 | I,60 |
| | 3,0 | I,75 | I,53 | I,57 | I,71 | I,81 | I,78 | I,52 | I,54 | I,63 | I,77 | I,71 | I,50 | I,50 | I,58 | I,70 | I,69 | I,49 | I,43 | I,55 | I,65 | I,67 | I,48 | I,46 | I,52 | I,62 |
| | 4,0 | I,75 | I,48 | I,56 | I,76 | I,83 | I,73 | I,47 | I,51 | I,66 | I,82 | I,71 | I,45 | I,48 | I,59 | I,75 | I,69 | I,44 | I,45 | I,55 | I,69 | I,67 | I,42 | I,43 | I,32 | I,64 |
| | 6,0 | I,75 | I,42 | I,59 | I,86 | I,84 | I,73 | I,40 | I,51 | I,74 | I,84 | I,71 | I,39 | I,46 | I,65 | I,69 | I,37 | I,43 | I,59 | I,80 | I,67 | I,36 | I,41 | I,55 | I,73 | |
| | 8,0 | I,75 | I,40 | I,64 | I,87 | I,84 | I,79 | I,37 | I,54 | I,84 | I,85 | I,71 | I,35 | I,48 | I,73 | I,87 | I,59 | I,34 | I,44 | I,65 | I,84 | I,67 | I,33 | I,41 | I,60 | I,83 |
| | 1,0 | I,75 | I,75 | I,75 | I,75 | I,75 | I,69 | I,69 | I,69 | I,69 | I,65 | I,65 | I,65 | I,65 | I,65 | I,64 | I,54 | I,64 | I,64 | I,64 | I,63 | I,63 | I,63 | I,63 | I,63 | I,63 |
| 0,3 | 1,5 | I,75 | I,67 | I,66 | I,70 | I,75 | I,69 | I,68 | I,60 | I,61 | I,64 | I,65 | I,59 | I,57 | I,58 | I,60 | I,64 | I,60 | I,57 | I,57 | I,58 | I,63 | I,73 | I,72 | I,74 | I,77 |
| | 2,0 | I,75 | I,61 | I,61 | I,68 | I,78 | I,69 | I,56 | I,54 | I,58 | I,64 | I,65 | I,53 | I,51 | I,53 | I,56 | I,64 | I,59 | I,50 | I,51 | I,55 | I,68 | I,69 | I,68 | I,72 | I,78 |
| | 3,0 | I,75 | I,53 | I,57 | I,71 | I,81 | I,69 | I,48 | I,48 | I,56 | I,66 | I,65 | I,41 | I,45 | I,50 | I,58 | I,64 | I,45 | I,43 | I,47 | I,54 | I,63 | I,48 | I,43 | I,45 | I,52 |
| | 4,0 | I,75 | I,48 | I,56 | I,76 | I,83 | I,69 | I,43 | I,44 | I,56 | I,71 | I,65 | I,41 | I,41 | I,49 | I,61 | I,64 | I,40 | I,39 | I,46 | I,55 | 0,68 | I,41 | I,38 | I,44 | I,52 |
| | 6,0 | I,75 | I,42 | I,59 | I,86 | I,84 | I,69 | I,37 | I,44 | I,61 | I,82 | I,65 | I,35 | I,38 | I,51 | I,68 | I,64 | I,33 | I,36 | I,46 | I,60 | I,63 | I,33 | I,34 | I,43 | I,56 |
| | 8,0 | I,75 | I,40 | I,64 | I,87 | I,84 | I,69 | I,34 | I,45 | I,68 | I,88 | I,65 | I,31 | I,40 | I,55 | I,77 | I,64 | I,30 | I,35 | I,49 | I,67 | I,63 | I,29 | I,33 | I,47 | I,60 |

Примечания к таблице 23:

1. Значения b_{ny} , h_{ny} , b'_{ny} и h'_{ny} определяются по формулам

$$b_{ny} = b_n + \frac{2n\beta_a}{h_{ny}} \quad , \quad h_{ny} = h_n \quad ;$$

$$b'_{ny} = b'_n + \frac{n\beta'_a}{h'_{ny}} \quad , \quad h'_{ny} = h'_n$$

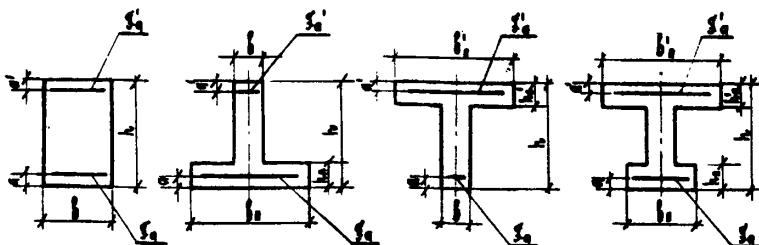
при $b_n = b$, $h_{ny} = 2a$, $b_{ny} = b + \frac{n\beta_a}{a}$;

при $b'_n = b$, $h'_{ny} = 2a'$, $b'_{ny} = b + \frac{n\beta'_a}{2a'}$.

2. Обозначения b'_n , h'_n , b_n , h_n , b , h , β_a , β'_a , a и a' даны на рисунках.

3. В таблице обозначения b_{ny} и h_{ny} соответствуют размерам полки, которая при расчете по образованию трещин является растянутой, а b'_{ny} и h'_{ny} – размерам полки, которая для этого случая ската.

4. Коэффициент γ допускается принимать по ближайшим табличным значениям $\frac{b_{ny}}{b}$, $\frac{h_{ny}}{h}$, $\frac{b'_{ny}}{b}$ и $\frac{h'_{ny}}{h}$.



5. При специальном обосновании значения γ следует умножать на коэффициент m_h , принимаемый равным:

для сечений высотой $h \leq 60$ см $m_h = 1,0$,

для сечений высотой $60 \text{ см} < h < 500 \text{ см}$ $m = 0,80 + \frac{10}{h}$

для сечений высотой $h \geq 500$ см $m = 0,80$.

Произведение $m_h \gamma$ во всех случаях принимается не менее 1.

Приложение П
Таблица 24

Области применения арматурных сталей в железобетонных конструкциях морских гидротехнических сооружений

150

| Вид арматурной стали и ее основные характеристики | | Условия эксплуатации конструкций / характер нагрузок и температурных воздействий | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------------|-----------|--|-----------------|-----------|--|--|--|--|
| Вид и класс стали | Марки стали и диаметры стержней в мм | Статические | | | Динамические и многократно повторяющиеся | | | В подводной и подземной зонах сооружения | В зоне переменного уровня воды и надводной зоне сооружения при температуре | В подводной и подземной зонах сооружения | В зоне переменного уровня воды и надводной зоне сооружения при температуре |
| | | до -30° | от -30° до -40° | ниже -40° | до -30° | от -30° до -40° | ниже -40° | | | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| Стрелневая горячекатаная гладкая класса А-І | Ст.Эсп (маргановская и конверторная) Ø 6-40 | + | + | + | + | + | + | - | - | | |
| | Ст.Зпс (маргановская и конверторная) Ø 6-40 | + | + | + | - | + | + | - | - | | |
| | Ст.Зкп (маргановская и конверторная) Ø 6-40 | + | + | - | - | + | + | - | - | | |

Продолжение табл. 24

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|--|--|---|---|------------------|---|---|------------------|----|
| | БМСт. 3сп Ø 6-40 | БКСт. 3сп Ø 6-40 | + | + | + | + | + | + | + |
| | БМСт. 3пс Ø 6-40 | БКСт. 3пс Ø 6-40 | + | + | + | - | + | + | - |
| | БМСт. 3кп Ø 6-40 | БКСт. 3кп Ø 6-40 | + | + | - | - | + | + | - |
| Обыкновен- ная арма- турная проводка и сварные сетки из нее | Ø 5-8 | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Стержне- вая горя- чекатаная периоди- ческого профиля класса А-II | Ст.5сп (маргелов- ская и конвертор- ная) Ø 10-40 | + | + | + | + ^x) | + | + | + ^x) | - |
| | Ст.5пс (маргелов- ская) Ø 10-16 | + | + | + | + ^x) | + | + | + ^x) | - |
| | Ст.5пс (маргелов- ская) Ø 18-40 | Ст.5пс (конвер- торная) Ø 10-40 | + | + | - | - | + | + ^x) | - |
| | I8P2C Ø 40-90 | | + | + | + | + | + | + | + |
| | IO PT Ø 10-32 | | + | + | + | + | + | + | + |

Продолжение табл. 24

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|--|---|---|---|--------|---|--------|--------|----|
| Стержневая упрочненная вытяжкой периодического профиля класса А-Пв | Ст.5сп (марганцовская и конверторная) $\phi 10-40$ | + | + | - | - | + | $+^x)$ | - | - |
| | Ст.5сп (марганцовская и конверторная) $\phi 10-40$ | + | - | - | - | - | - | - | - |
| | 18Г2С $\phi 40-90$ | + | + | + | - | + | + | - | - |
| Стержневая горячекатаная периодического профиля класса А-Ш | 25Г2С $\phi 6-40$ | + | + | + | + | + | + | $+^x)$ | |
| | 35ГС $\phi 6-40$ | + | + | + | $+^x)$ | + | + | $+^x)$ | - |
| | 18Г2С $\phi 6-9$ | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Стержневая упрочненная вытяжкой периодического профиля класса А-Шв | 25Г2С $\phi 6-40$ | + | + | + | - | + | + | - | - |
| | 35ГС $\phi 6-40$ | + | + | - | - | + | - | - | - |

Продолжение табл. 24

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Стрекне- вая горя- чекатанная периоди- ческого профиля класса A-IU | 20ХГ2Ц Ø 10-32 | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | 20ХГСТ Ø 10-18 | + | + | - | - | + | + | - | - |
| | 80С Ø 10-18 | + | + | - | - | + | - | - | - |
| Высоко- прочная арматур- ная про- волока гладкая | Ø 5-8 | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Высоко- прочная арматурная проволока периоди- ческого профиля | Ø 5-8 | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Арматурные пряди, ка- наты (тросы) | - | + | + | + | + | + | + | + | + |

+ - допускается
- - не допускается.

х/ Арматурная сталь может применяться только в вязанных каркасах и сетках.

Причечания:

1. Расчетные зимние температуры наружного воздуха /см.СНиП П-А.6-62/ устанавливаются по наиболее холодной пятидневке в зависимости от района строительства.

2. В таблице за динамические нагрузки принимаются нагрузки с коэффициентом динамичности I, I и более.

3. При применении стали классов А-П и А-ПУ следует руководствоваться Указаниями СН 327-65 и СН 269-65 соответственно.

Приложение II

Таблица 25

Допускаемые вертикальные прогибы пролетных строений
эстакадных сооружений

| Материал про- летного строения | Максимальный прогиб в пределах | Допускаемая величина прогиба пролетных строений |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| Железобетон | пролета | I/500 ℓ |
| | консоли | I/250 ℓ_{κ} |

Приложение. Кроме того для ростверков с подкрановыми и железно-дорожными путями величины допускаемых деформаций верхнего строения от эксплуатационных нагрузок устанавливаются при проектировании с таким расчетом, чтобы отклонения в относительном положении рельсов при эксплуатации / отклонения на укладку плюс деформации / не превосходили величин таблицы I приложения 3 "Правил технической эксплуатации гидротехнических сооружений и акваторий портов министерства морского флота".

Приложение IV

Таблица 26

Межсезонный годовой перепад температур

Для продольных раз секций причалов эстакадного типа значения межсезонного перепада температуры для некоторых морей СССР допускается принимать равными:

| Море | Район | Расчетные температурные перепады в градусах | |
|---------------|--------------------------------|---|--------|
| | | охлаждение | нагрев |
| I | 2 | 3 | 4 |
| 1. Балтийское | а/ Финский и Рижский заливы | - 22 | + 12 |
| | б/ юго-Восток Балтийского моря | - 20 | + II |
| 2. Черное | а/ Северо-запад Черного моря | - 20 | + 16 |
| | б/ Крым | - 18 | + 17 |
| | в/ Кавказ | - 14 | + 17 |
| 3. Азовское | - | - 22 | + 17 |
| 4. Каспийское | - | - 18 | + 22 |

Принятые основные буквенные обозначения:

- k - допускаемый коэффициент запаса прочности;
 k_t - допускаемый коэффициент запаса по образованию трещин;
 M - изгибающий момент от внешних нагрузок;
 X - продольная сила от внешних нагрузок;
 Q - поперечная сила от внешних нагрузок;
 M_s - момент внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно оси, нормальной к плоскости изгиба и проходящей через ядовую точку, наиболее удаленную от зоны сечения, трещинообразование которой проверяется;
 M_{ns} - момент равнодействующей усилий M_s в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре относительно той же оси, проходящей через ядовую точку;
 M_t - момент трещинообразования;
 X_s - равнодействующая усилий в напрягаемой арматуре до обжатия бетона или в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре при напряжении в бетоне равном нулю;
 X_u - равнодействующая усилий в напрягаемой арматуре после обжатия бетона;
 M_u - усилие обжатия от напрягаемой арматуры, расположенной в наиболее обжатой зоне;
 J - момент инерции приведенного поперечного сечения элемента с учетом всей продольной арматуры;
 W, W_s - упругий и упруго-пластичный моменты сопротивления относительно рассматриваемого растянутого волокна;
 S_s - статический момент площади сжатой зоны бетона относительно оси нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре A ;
 S_s, S'_s - статические моменты площади всего рабочего сечения бетона относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий соответственно в арматуре A и в арматуре A' ;

- S, S' - статические моменты площади сечения всей продольной арматуры относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий, соответственно в арматуре А и в арматуре А';
 \bar{S}_s - статический момент площади \bar{S}_s относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в арматуре А;
 S_n - статический момент части сечения, расположенный за линией, по которой определяются напряжения относительно оси, проходящей через центр тяжести приведенного сечения;
 σ_c - предел текучести продольной арматуры;
 σ_{cp} - предел прочности продольной арматуры;
 R_u - расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе;
 R_t - расчетное сопротивление бетона растяжению при расчете предварительно напряженных элементов по образованию трещин и при проверке необходимости расчета железобетонных элементов по раскрытию трещин;
 R_p - расчетное сопротивление бетона растяжению;
 σ_n и σ_n' - напряжение в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой и растянутой зоне от действия внешней нагрузки;
 σ_c - предварительное напряжение в арматуре после проявления потерь, происходящих до окончания обжатия бетона;
 σ_c - величина снижения /потери/ предварительного напряжения в арматуре;
 σ_c' - напряжение в предварительно напряженной арматуре, расположенной в зоне, сжатой от действия внешних усилий;
 σ_s - напряжение в рассматриваемом волокне под действием внешних сил и предварительного обжатия;

- τ - скальвающее напряжение в бетоне;
- σ_c - установившееся предварительное напряжение в бетоне;
- σ_{cr} - главные растягивающие напряжения в бетоне;
- A - обозначение продольной арматуры, расположенной в зоне, растянутой от действия внешних усилий;
- A' - обозначение продольной арматуры, расположенной в зоне, сжатой от действия внешних усилий;
- A_n - обозначение напрягаемой части арматуры A ;
- $A_{n\prime}$ - обозначение ненапрягаемой части арматуры A ;
- A'_n - обозначение напрягаемой части арматуры A' ;
- $A'_{n\prime}$ - обозначение ненапрягаемой части арматуры A' ;
- F - площадь всего бетона в поперечном сечении элемента;
- F_s - площадь сечения сжатой зоны бетона;
- $F_{s\prime}$ - площадь сжатой зоны бетона, соответствующая границе между 1-м и 2-м случаями внерадиального сжатия;
- \bar{F} - приведенная площадь поперечного сечения элемента с учетом всей продольной арматуры;
- $F'_n, F'_{n\prime}$ - площади сечения соответственно напрягаемой и ненапрягаемой продольной арматуры A'_n и $A'_{n\prime}$, расположенной в зоне сжатия бетона изгибаемых, внерадиально сжатых и внерадиально растянутых элементах;
- 6 - ширина прямоугольного сечения, ширина ребра таврового или двутаврового сечения; двойная толщина стенки колышевого или коробчатого сечения;
- x - высота сжатой зоны сечения;
- h - высота прямоугольного, таврового и двутаврового сечения;

$a_{n\wedge a}$ - расстояния от наиболее растянутого или наименее сжатого края сечения элемента до равнодействующей соответствующей в арматуре A и A' ;

$a'_{n\wedge a'}$ - расстояния от наиболее сжатого или наименее растянутого края сечения элемента равнодействующий усилий в арматуре A'_n и A'_a ;

h - рабочая высота сечения, равная $h-a$;

b', h' - ширина и толщина сжатой полки таврового сечения;

γ - расстояние от центра тяжести сечения до ядревой точки, наиболее удаленной от зоны сечения, в которой определяется образование трещин;

e, e' - эксцентриситет силы M относительно центра тяжести сечения;

e_{ne} - расстояние от точки приложения продольной силы M соответственно до равнодействующей усилий в арматуре A и A' ;

c - расстояние от точки приложения равнодействующей всех внутренних усилий в бетоне и арматуре при равномерно сжатом сечении до равнодействующей усилий в арматуре A ;

$z_n, z_a, z_{n\wedge a}, z_{n\wedge a'}$ - плечи внутренних пар сил соответственно продольной арматуры, отгибов, хомутов напрягаемой и ненапрягаемой арматур;

$\mathcal{F}_n, \mathcal{F}_a, \mathcal{F}_{n\wedge a}, \mathcal{F}_{n\wedge a'}$ - площади сечения отгибов и хомутов напрягаемой - n и $n\wedge a$ и ненапрягаемой арматуры - a и a' .

f_n, f_a - площади ветвей хомутов напрягаемой - n и ненапрягаемой арматуры a ;

$n_{n\wedge a}, n_{n\wedge a'}$ - количества ветвей хомутов напрягаемых - n и ненапрягаемых - a ;

d_n, d_a - углы наклона отгибов напрягаемых - n и ненапрягаемых - a ;

e_n, e'_n, e_a - расстояния от силы N соответственно до равнодействующей усилий в арматуре A_n, A'_n, A_a и A'_a ;

y_n, y'_n, y_a, y'_a - расстояния от центра тяжести сечения до равнодействующей усилий в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре расположенной в зоне сжатия и растяжения под действием внешней нагрузки;

Δt - перепад между температурами арматуры и стенда;

μ_n, μ_a - коэффициенты армирования сечения напрягаемой и ненапрягаемой арматурой;

n_n, n_a - отношения модулей упругости напрягаемой и ненапрягаемой арматуры к модулю упругости бетона;

φ - коэффициент продольного изгиба;

γ - коэффициент перехода от упругого к упруго-пластическому моменту сопротивления сечения;

$\mathcal{J}_n, \mathcal{J}_a$ - площади сечения соответственно напрягаемой и ненапрягаемой продольной арматуры: в изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементах - арматуры A_n и A_a , расположенной в наиболее обжатой зоне бетона, в центрально сжатых и центрально растянутых элементах, а также во всех элементах кольцевого сечения /с арматурой распределенной по окружности/ - всей.

Составил инж. В. В. Акимов.

Ответственный за выпуск И. М. Зимович

Подписано в печать 17/II 1969 г. Тираж 540.
20,5 лич. л. Заказ 1161. Цена 1 р. 85 к.
ЦБНТИ ММФ
Москва, А-80, Волоколамское шоссе, дом 14