

Н. М. БОГИН

**ТЕХНОЛОГИЯ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО
НАПРЯЖЕННОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Наум Мордухович Богин

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО
НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

* * *

Госстройиздат

Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *М. Н. Кузнецова*

Технический редактор *Н. В. Шерстнева*

Сдано в набор 11/XI 1959 г. Подписано к печати 23 IV 1960 г.
Т-05299. Бумага $60 \times 92\frac{1}{8} = 10,37$ бум. л. — 20,75 печ. л.
(23,50 уч.-изд. л.), Тираж 10 000 экз. Изд. № VI-3706. Зак. № 906.
Цена 11 р. 75 к. + Переплет № 5—1 руб.

Типография № 11 Управления полиграфической промышленности
Ленсовнархоза Ленинград, ул. Марата, 58

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
 <i>Глава I. Предварительно напряженные железобетонные конструкции</i>	
1. Развитие предварительно напряженного железобетона	5
2. Работа предварительно напряженного железобетона под нагрузкой	8
3. Технологические разновидности предварительно напряженных конструкций и методы их изготовления	11
 <i>Глава II. Арматура для изготовления предварительно напряженных конструкций</i>	
1. Характеристика сталей, применяемых для изготовления предварительно напряженных конструкций	19
2. Оценка качества напрягаемой стали	28
3. Арматурные элементы	34
 <i>Глава III. Бетон для предварительно напряженных конструкций</i>	
1. Основные требования к бетонам для предварительно напряженных конструкций	41
2. Ползучесть бетона	44
3. Усадка бетона	49
4. Материалы для высокопрочных быстротвердеющих бетонов	50
5. Закон водоцементных отношений и уплотнение бетонной смеси	51
6. Применение жестких бетонных смесей	52
7. Ускорение твердения бетона	53
8. Уход за бетоном и использование паронепроницаемых пленок	56
9. Проектирование и опытная проверка состава бетона	—
10. Растворы для инъекции каналов	59
 <i>Глава IV. Закрепление арматуры при натяжении и анкеровке</i>	
1. Классификация захватов и анкеров	68
2. Влияние местных деформаций напрягаемой арматуры на ее коэффициент использования прочности	71
3. Плоские клиновые захваты и анкеры	73
4. Конические клиновые захваты и анкеры	80
5. Кольцевые клиновые системы	90
6. Обжимные системы захватов и анкеров	93
7. Волнистые захваты и анкеры	94
8. Петлевые захваты и анкеры	104
9. Шпоночные и резьбовые системы закрепления арматуры	107
10. Протяжные анкеры	110
11. Анкерные колодки	112
12. Глухие анкеры для пучков	113

Глава V. Домкраты, натяжные машины и машины для непрерывного армирования

1. Основные характеристики домкратов и натяжных машин	114
2. Одностержневые домкраты с резьбовыми и цанговыми захватами для натяжения арматурных элементов	116
3. Одноцилиндровые домкраты для натяжения пучков	124
4. Домкраты двойного действия для натяжения арматурных пучков со сборными анкерами	125
5. Домкраты и машины для натяжения арматуры на упоры	136
6. Натяжные машины для непрерывного армирования	145

Глава VI. Обработка арматурной стали и изготовление арматурных элементов

1. Технология изготовления арматурных элементов	156
2. Размотка бухт и выпрямление проволоки	157
3. Обработка проволоки для повышения сцепления	160
4. Резка арматуры и обработка концов ее для закрепления в захватах и анкерах	164
5. Изготовление струнопакетов	171
6. Обмотка арматурных элементов проволокой	177
7. Установки для изготовления пучков	178
8. Изготовление несъемных анкеров на концах арматурных элементов	181
9. Изготовление стержневой арматуры	184
10. Изготовление оболочек для арматурных элементов	186
11. Изготовление деталей анкерных устройств	189
12. Стыкование высокопрочной проволоки	190

Глава VII. Технология натяжения арматуры и передачи натяжения на бетон

1. Удлинение арматурного элемента без трения	193
2. Удлинение арматурного элемента при наличии трения	194
3. Трение в анкерных закреплениях	202
4. Потери натяжения и удлинение арматурного элемента с ломаной осью	203
5. Способы снижения неравномерности натяжения криволинейной арматуры	207
6. Потери натяжения в процессе анкеровки и их компенсация	210
7. Угон и обжатие изделий при изготовлении с натяжением арматуры на упоры	215
8. Влияние пропаривания изделий и деформации упоров на натяжение арматуры	220
9. Технология натяжения линейной арматуры	223
10. Технология электротермического натяжения	226
11. Техника безопасности в производстве предварительно напряженных конструкций и деталей	228

Глава VIII. Производство предварительно напряженных изделий с натяжением арматуры на бетон

1. Технологические схемы производства изделий	231
2. Образование каналов, установка арматурных элементов, инъецирование	232
3. Примеры производства ферм и балочных конструкций	236
4. Изготовление труб и сооружение монолитных резервуаров	247

Глава IX. Производство предварительно напряженных изделий с натяжением арматуры на упоры

1. Технологические схемы изготовления конструкций и деталей	255
2. Натяжные стенды, формы и рамы	256

	Стр.
3. Стендовое изготовление предварительно напряженных конструкций	261
4. Изготовление изделий по поточно-агрегатной и конвейерной схемам с натяжением арматуры на формы	277
Глава X. Контроль величины натяжения арматуры в производстве предварительно напряженных конструкций	
1. Задачи и приемы контроля	293
2. Динамометрирование концевое усилия	297
3. Учет трения в домкратах, натяжных машинах и анкерах	301
4. Контроль напряжения по величине удлинения арматуры	303
5. Контроль напряжения по частоте свободных колебаний проволоки	308
6. Проволочные динамометры	309
7. Определение длины участка анкеровки при отпуске натяжения в струнобетонных конструкциях	317
8. Измерение потерь натяжения, связанных с трением по длине арматурного элемента	318
9. Контроль усилий в арматуре при электротермическом натяжении	324
Л и т е р а т у р а	326

Н. М. БОГИН
канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Москва—1960

В книге освещено современное состояние технологии изготовления предварительно напряженных конструкций и элементов в нашей стране и за рубежом. Рассмотрены основные типы конструкций в зависимости от технологии их изготовления, принцип работы предварительно напряженных конструкций, а также основные виды сталей, применяемых в качестве материала напрягаемой арматуры. Приводится описание влияния различных технологических факторов на поведение материалов (бетона и стали) в предварительно напряженной конструкции. Освещаются методы инъекции раствора в каналы конструкций, изготавливаемых с натяжением арматуры на бетон.

Рассматриваются различные системы захватов и анкерных устройств, с помощью которых передается усилие натянутой арматуры, а также устройства для переработки арматурной стали в пучки, струнопакеты и другие виды арматурных элементов. Подробно излагается процесс натяжения прямолинейной и криволинейной арматуры. Приводятся методы снижения потерь натяжения.

Специальная глава посвящена технологии контроля величины натяжения арматуры в процессе производства конструкций и применяемой для этого аппаратуре. Приводятся примеры изготовления разнообразных предварительно напряженных конструкций на заводах и полигонах.

Книга рассчитана на инженеров и техников, работающих на предприятиях промышленности сборного железобетона и в проектных организациях.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В исторических решениях XXI съезда Коммунистической партии Советского Союза перед строителями поставлены грандиозные задачи. Объем капитальных вложений в строительство и промышленность строительных материалов с 61,5 млрд. руб. в 1952—1958 гг. за семилетие 1959—1965 гг. увеличится до 110—112 млрд. руб.

Для того чтобы выполнить намечаемый объем капитальных работ, необходима дальнейшая индустриализация строительства, превращение строительного производства в механизированный поточный процесс сборки и монтажа зданий и сооружений из крупноразмерных элементов и узлов, изготавливаемых на заводах. Решение этих задач возможно за счет самого широкого применения сборного железобетона — основы современного индустриального строительства. В 1965 г. выпуск сборного железобетона по сравнению с 1958 г. должен возрасти в 2,5 раза. Особенно большое внимание уделяется увеличению выпуска сборного предварительно напряженного железобетона.

В соответствии с решениями июньского Пленума ЦК КПСС должны быть освоены различные прогрессивные методы изготовления предварительно напряженного железобетона и внедрены в строительство наиболее экономичные предварительно напряженные конструкции.

В данной книге на основе передового отечественного и зарубежного опыта изложена технология предварительно напряженного железобетона, причем особое внимание обращено на элементы технологии, применяемой в массовом производстве однотипных конструкций. Наряду с этим освещена и технология изготовления отдельных наиболее интересных конструкций.

В книге рассмотрены элементы технологии изготовления разнообразных конструкций из предварительно напряженного железобетона. Это позволит читателю легко разобраться в новых схемах технологических процессов изготовления предварительно напряженных конструкций.

Читатель найдет в книге подробное описание методов, оборудования и приборов для контроля качества натяжения арматуры в условиях серийного изготовления конструкций. Впервые публи-

куются некоторые практически важные сведения, относящиеся к исследованию свойств систем закрепления арматуры, учету трения жесткой арматуры и др.

Автор выражает признательность инженеру Богданову Н. А., канд. техн. наук Иванову Г. С. и технику Бромберг Р. В., принявшим участие в проведенных исследованиях и обработке результатов, канд. техн. наук Дмитриеву С. А. и канд. техн. наук Михайлову К. В. за ценные указания при рецензировании и редактировании книги, а также инж. Фоломееву А. А. за предоставленные материалы.

Глава I

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

1. РАЗВИТИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Железобетон — комплексный материал из бетона и стальной арматуры — создан относительно недавно, около 100 лет назад. В настоящее время он является основным строительным материалом для изготовления большинства несущих, а в ряде случаев и ограждающих конструкций зданий и сооружений. Такое широкое применение железобетона в строительстве объясняется его техническими и экономическими преимуществами: малым, по сравнению со стальными конструкциями расходом металла, большой жесткостью, огнестойкостью и надежностью в эксплуатации, относительно невысокой стоимостью и небольшими эксплуатационными расходами.

Однако обычный железобетон имеет существенный недостаток, который ограничивает область его применения — в растянутой зоне при эксплуатационных нагрузках появляются трещины в результате ограниченной предельной растяжимости бетона¹.

Предельная растяжимость самых прочных бетонов невелика: она не превышает 0,1—0,2 мм/м. При совместном удлинении бетона и стали, как это происходит в железобетонной конструкции до появления трещин, напряжение в растянутой арматуре к моменту, когда полностью исчерпалась растяжимость бетона, оказывается небольшим и составляет 200—400 кг/см².

При дальнейшем нагружении конструкции и увеличении напряжения в арматуре трещины раскрываются и развиваются по высоте сечения.

В растянутой зоне железобетонной конструкции появление трещин при эксплуатационной нагрузке неизбежно, если прочность стали достаточно использована²; с этим приходится мириться,

¹ Под предельной растяжимостью понимается удлинение, которое претерпевает растянутый бетон к моменту, когда его сопротивление растяжению оказывается исчерпанным и возникают первые трещины.

² Исключение составляют малоармированные конструкции, в которых сечение бетона достаточно велико.

ограничивая лишь величину раскрытия трещин. В нормальных условиях эксплуатации допускаются трещины шириной до 0,2 мм, которые не вызывают коррозии арматуры.

Ширина раскрытия трещин при определенном напряжении в арматуре зависит от расстояния между ними: чем больше трещин образуется на протяжении участка растянутой зоны конструкции, тем меньше будет их ширина раскрытия. Практически величину раскрытия трещин ограничивают путем применения арматуры периодического профиля, сварных арматурных каркасов и специальных приемов распределения арматуры в поперечном сечении элемента. Это позволяет использовать сталь с пределом текучести 3 500—4 000 кг/см². Применить более прочные стали в обычном железобетоне не удастся из-за слишком большого раскрытия трещин и недопустимого возрастания деформаций конструкций. Между тем, применение прочных сталей позволило бы снизить расход арматуры и ее стоимость, поскольку стоимость стали возрастает медленнее ее прочности.

Малая трещиностойкость железобетона не только ограничивает применение высокопрочных арматурных сталей, она сокращает и долговечность самих железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях атмосферной агрессии. В конструкциях, работающих при гидростатическом давлении (трубы, резервуары), появление трещин вообще недопустимо.

Рационально использовать высокопрочную сталь и получить трещиностойкие железобетонные конструкции стало возможно в результате создания предварительно напряженных железобетонных конструкций. В таких конструкциях до загрузки их эксплуатационной нагрузкой в растягиваемой зоне сечения создаются сжимающие напряжения. Поэтому при эксплуатационных нагрузках растягивающие напряжения либо совсем не возникают, либо появляются столь небольшие, что трещины не образуются. Предварительное напряжение также дает возможность ограничить величину раскрытия трещин в конструкциях, армированных высокопрочной сталью.

Сжимающие напряжения в бетоне большинства конструкций создаются путем натяжения арматуры (стальных стержней, пучков и т. д.), которое передается на бетон. В некоторых случаях обжатие бетона конструкции производится без участия арматуры, но с применением анкеров или фундаментов, опирающихся на грунт.

Для создания предварительного напряжения выполняются дополнительные, по сравнению с изготовлением обычных железобетонных конструкций, операции, которые требуют дополнительной затраты труда и специальных приспособлений. Связанные с этим денежные затраты перекрываются экономией в расходе стали и эксплуатационными преимуществами. В ряде случаев упрощение конструкции арматуры в предварительно напряженных железобетонных элементах приводит к снижению трудовых затрат по сравнению с аналогичными ненапряженными сборными деталями.

Промышленное применение предварительно напряженного железобетона началось в очень ограниченном объеме после первой мировой войны. Однако тогда еще не были разработаны методы расчета предварительно напряженных конструкций и применение предварительно напряженного железобетона не получило заметного распространения.

За рубежом промышленное применение предварительно напряженного железобетона часто связывают с именем Эдуарда Фрейссине, который опубликовал свою книгу в 1936 г. и получил патент в 1937 г. Не преуменьшая роли зарубежных ученых и инженеров в развитии предварительно напряженного железобетона, необходимо отметить, что еще в 1933 г. советский профессор В. В. Михайлов опубликовал книгу «Напряженно армированный бетон», в которой впервые была высказана идея расчета предварительно напряженных железобетонных элементов по предельному состоянию с учетом пластических явлений в бетоне. Результаты дальнейших исследований В. В. Михайлова изложены в книге «Теория и практика центробежного напряженно армированного бетона», опубликованной в 1939 г. В 1941 г. проф. Михайловым был предложен принципиально новый прогрессивный метод непрерывного напряженного армирования железобетонных изделий, получивший в данное время широкое применение. Дальнейшее усовершенствование этого метода и расширение области применения его проводилось советскими учеными, коллективами проектно-конструкторских организаций, заводов и институтов.

Большую роль в промышленном освоении предварительно напряженных мощных конструкций железнодорожных и шоссейных мостов сыграли работы канд. техн. наук А. П. Коровкина. Им разработаны способы проектирования, расчета и изготовления предварительно напряженных конструкций, армированных мощными пучками из стальной проволоки с анкерными колодками особой конструкции.

Советские ученые и инженеры (профессора А. А. Гвоздев, В. В. Михайлов, Г. К. Евграфов, П. Л. Пастернак, С. Е. Фрайфельд, кандидаты технических наук Г. И. Бердичевский, А. П. Васильев, С. А. Дмитриев, Л. И. Иосилевский, Б. А. Калатуров, М. Г. Костюковский, К. В. Михайлов, Н. Е. Носенко, Н. Л. Перельштейн, Э. Г. Ратц, Б. А. Скляр, А. А. Светов, Е. А. Троицкий и многие другие) разработали методы расчета, конструирования предварительно напряженных конструкций и новые способы их изготовления. Созданные советскими учеными методы расчета¹ наиболее полно отражают работу предварительно напряженных конструкций и позволяют значительно точнее определить их несущую способность по сравнению с методами, применяемыми за

¹ Исследования в этой области обобщены в действующей «Инструкции по проектированию предварительно напряженных конструкций» (СН 10-57). Работы в области технологии предварительно напряженных конструкций использованы на ряде действующих предприятий, установок и цехов по изготовлению таких конструкций, а также для составления указаний и инструкций по технологии.

рубежом и основанными на расчете по допускаемым напряжениям.

Современный этап развития предварительно напряженного железобетона в нашей стране характеризуется значительным увеличением объема и масштаба работ по созданию методов и оборудования для производства предварительно напряженных конструкций, освоению промышленного их изготовления. В настоящее время в Советском Союзе налажено массовое производство различных предварительно напряженных железобетонных изделий, элементов покрытий и перекрытий, шпал, свай, мостовых конструкций, опор воздушных линий, труб и т. д.

2. РАБОТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПОД НАГРУЗКОЙ

Наглядное представление о схеме работы предварительно напряженной железобетонной конструкции под нагрузкой (балки) дает модель (рис. 1) в виде стопки книг, расположенной горизонтально¹. Такая стопка книг, как и бетон в балке, может сопротивляться сжатию, но не может воспринимать растягивающих усилий.

Если мы попытаемся поднять эту стопку книг, взявшись руками за две крайние книги, то она рассыплется, так как растяжение, возникающее в нижней части такой однопролетной балки, нагруженной собственным весом, ничем не воспринимается.

Другой результат получится, если мы сожмем стопку книг силами P в направлении, противоположном растягивающим напряжениям, которые возникли бы в подобной балке, изготовленной из одного куска материала. Теперь стопку можно поднять за крайние книги и «балка» в состоянии нести собственный вес. Отсутствие сопротивления растяжению восполнили силы, которые мы предварительно приложили, сжав книги руками или каким-либо другим способом. Такую предварительно напряженную «балку» можно даже дополнительно нагрузить, например, положить на нее еще несколько книг.

Если приложить силу P , обжимающую балку, не в центре тяжести поперечного сечения, как это показано на рис. 1, а, а в так называемой ядровой точке, то эпюра сжимающих напряжений от предварительного обжатия элемента получит треугольное очертание (рис. 1, б). Для получения заданного напряжения сжатия σ в крайнем нижнем фибре сечения потребуется значительно меньшая сжимающая сила, чем в первом случае (для прямоугольного сечения в 2 раза). При суммировании эпюр в сжатой зоне элемента возникает более низкое напряжение, чем в первом случае, когда сила была приложена в центре тяжести сечения.

¹ Очертание эпюр сжимающих напряжений на рис. 1 показано схематично. В действительности эпюры сжимающих напряжений криволинейны, причем очертание их меняется в зависимости от величины изгибающего момента, действующего в поперечном сечении балки.

Если сжимающая сила P приложена ниже ядровой точки (в прямоугольном сечении — на расстоянии меньше одной трети высоты сечения от нижней его грани), то в верхней части сечения возникнут растягивающие напряжения (рис. 1, θ). Это приведет к дальнейшему снижению суммарных сжимающих напряжений в верхней части сечения. Поэтому в данном случае балку можно

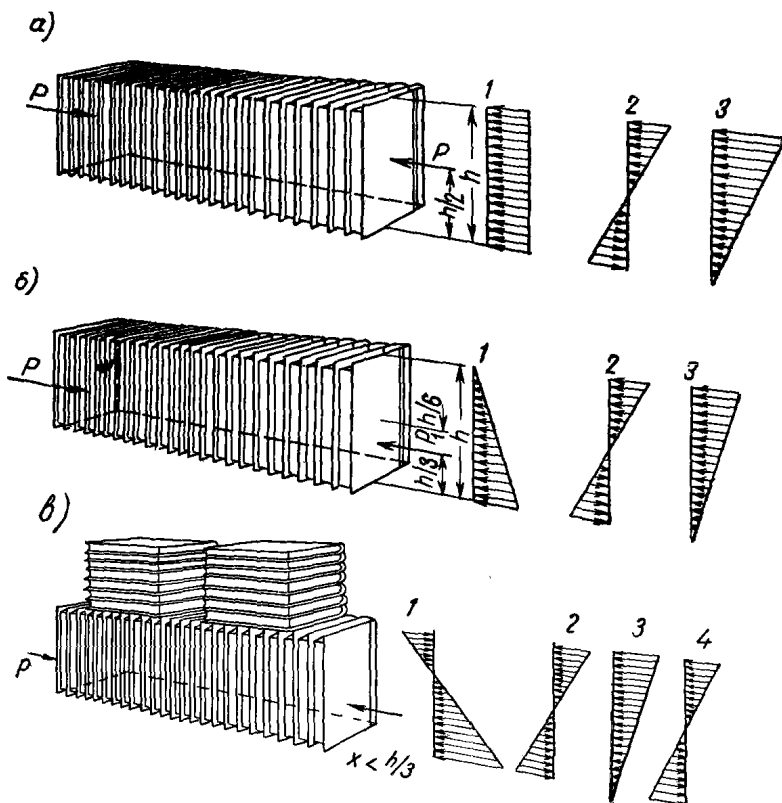


Рис. 1. Модель предварительно напряженной балки

а—сжимающая сила P приложена в центре поперечного сечения; б—сжимающая сила P приложена на границе ядра сечения; в—сжимающая сила P приложена ниже границы ядра сечения; 1—эпюра напряжений от сил обжатия; 2—эпюра напряжений от внешнего изгибающего момента; 3—суммарная эпюра напряжений от совместного действия предварительного напряжения и внешнего изгибающего момента; 4—эпюра напряжений от дополнительного груза.

нагрузить больше, чем в двух предыдущих случаях, не опасаясь возникновения в растянутой зоне балки чрезмерных растягивающих напряжений.

Таким образом, при эксплуатационной нагрузке в бетоне растянутой зоны изгибаемой конструкции вследствие суммирования усилий, возникающих при обжатии и действии внешнего момента, предупреждается появление растягивающих напряжений или ограничивается их величина.

При дальнейшем нагружении предварительно напряженной конструкции напряжения в растянутой зоне превышают сопротивление бетона растяжению и образуются трещины. Однако величина раскрытия трещин соответствует не полному значению напряжений в арматуре, а только той величине, на которую возросли напряжения с момента появления первых растягивающих напряжений в бетоне. Это приращение напряжений обычно невелико, так как еще до приложения полезной нагрузки арматура была предварительно натянута. Поэтому величина раскрытия трещин получается относительно меньше, чем в обычной железобетонной конструкции, и жесткость элемента повышается.

После раскрытия трещин балка работает подобно обычной железобетонной: бетон растянутой зоны не участвует в работе на растяжение, равнодействующая усилий в растянутой арматуре и равнодействующая напряжений сжатой зоны образуют пару сил, уравновешивающую внешний изгибающий момент. Разрушение балки при увеличении нагрузки происходит в результате разрыва растянутой арматуры или раздробления бетона в сжатой зоне.

В настоящее время предварительное напряжение железобетонных конструкций осуществляется, как правило, путем натяжения арматуры в процессе ее изготовления на заводе или при возведении сооружений. Достигнутая в момент изготовления конструкции сила предварительного обжатия бетона впоследствии снижается вследствие усадки и ползучести бетона, а также ползучести арматурной стали. Эти ранее неизвестные свойства бетона и стали были причинами многочисленных неудач ряда изобретателей, которые, начиная с конца прошлого века, пытались создать эффективно работающий предварительно напряженный элемент.

Степень ползучести бетона зависит, прежде всего, от его качества и величины напряжения, которое в нем возникает вследствие натяжения арматуры. Абсолютная величина снижения напряжения в стали, вызванного деформацией ползучести бетона, пропорциональна величине этой деформации; соответственно снижается и усилие обжатия бетона. Одинаковая величина начального предварительного обжатия бетона может быть получена как с арматурой из высокопрочной стали при высоком предварительном напряжении, так и с арматурой из стали средней и низкой прочности при пониженном предварительном напряжении путем соответствующего выбора площадей поперечных сечений арматуры. Однако в результате ползучести (и усадки) бетона снижение величины предварительного обжатия его со временем во втором случае будет больше, чем в первом. Объясняется это тем, что, хотя в обоих случаях абсолютные значения снижения напряжения в арматуре будут близки по величине¹, в процентном отношении сни-

¹ Чем меньше величина предварительного напряжения арматуры, тем быстрее снижаются напряжения обжатия бетона. Поэтому величина деформации ползучести бетона получается меньше. В связи с этим потерю предварительного напряжения арматуры из горячекатаной стали определяют с учетом коэффициента 0,8, предусмотренного инструкцией СН 10-57.

жение напряжения во втором случае больше, поскольку абсолютная величина первоначального напряжения была меньше. Поэтому при замене в предварительно напряженных конструкциях одного вида арматурной стали другим нельзя ограничиться простой корректировкой площади поперечного сечения арматуры в соответствии с расчетными сопротивлениями данных видов сталей. Необходимо также обеспечить требуемую величину предварительного обжатия бетона после появления потерь.

Величина усадки бетона зависит от многих факторов, в том числе от свойств самого бетона и режима его твердения. Снижение натяжения арматурной стали, вызванное усадкой бетона, не зависит от качества арматурной стали.

Потеря натяжения, связанная с ползучестью арматуры, зависит от свойств арматуры и от величины напряжения в ней. При напряжениях ниже определенной (для данного вида стали) величины ползучесть арматуры практически не проявляется.

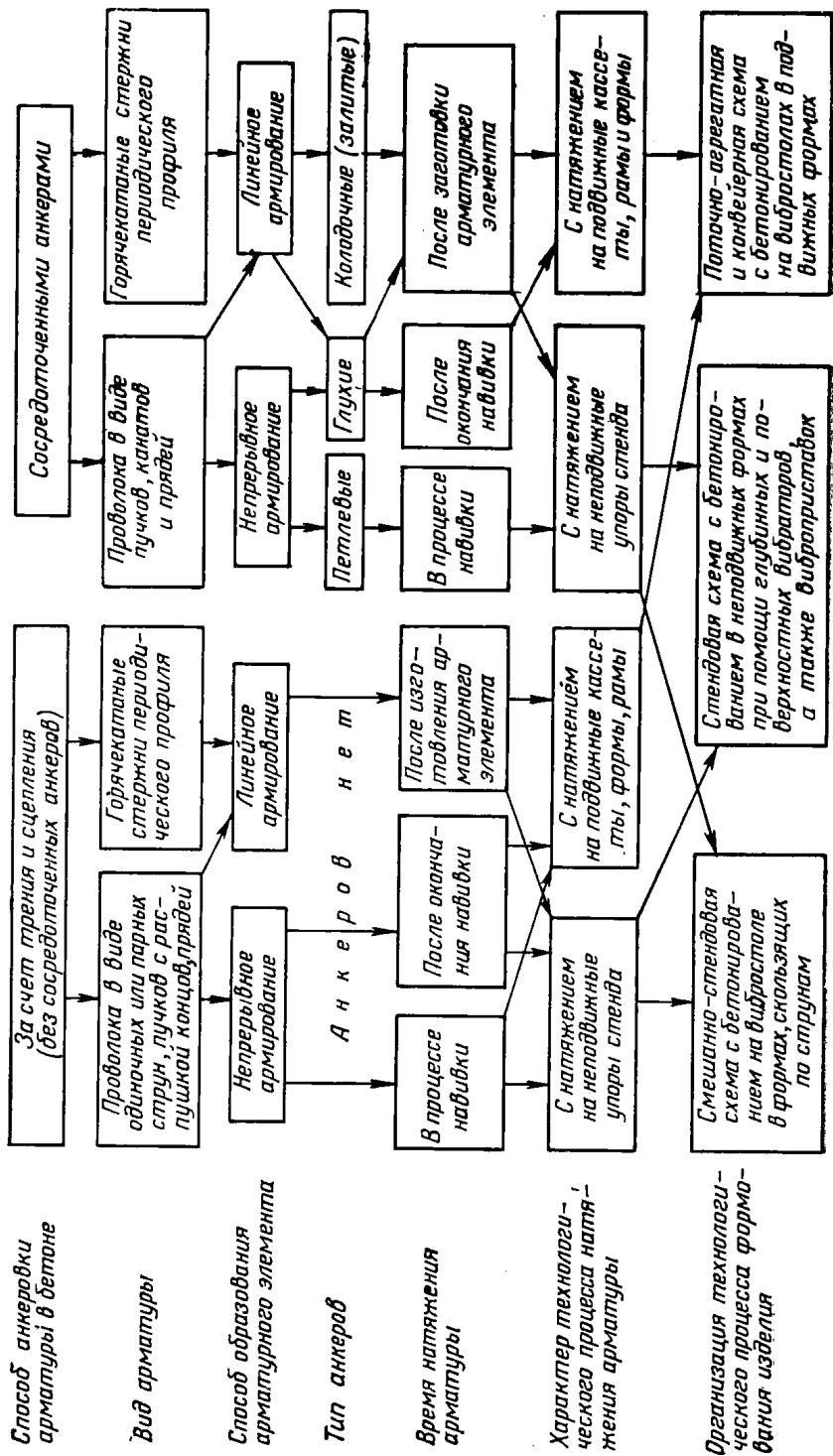
В случае использования в качестве арматуры сталей средней прочности суммарные потери от усадки и ползучести бетона могут достигать 30—50% от величины предварительного напряжения, а при высокопрочных сталях величина суммарных потерь составляет 15—20%. Во всех случаях величина потерь существенно зависит от качества бетона и от температурно-влажностного режима среды, в которой находится конструкция. Влияние условий среды может изменить величину потерь от усадки и ползучести бетона в 2—3 раза, что существенно сказывается на качестве предварительно напряженной конструкции.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Технология изготовления предварительно напряженных элементов тесно связана не только с конструктивным решением, но и со статическим расчетом элемента. Поэтому невозможно отдельно классифицировать конструкции по конструктивным и технологическим признакам.

Предварительно напряженные конструкции различают по следующим основным признакам: способу натяжения арматуры, виду арматуры, типу ее анкеровки и способу соединения с бетоном элемента, а также применяемым способам и устройствам для натяжения арматуры и передачи сил предварительного напряжения на бетон. В настоящее время путем сочетания приемов и способов в различных комбинациях получают большое количество вариантов конструкций и технологических процессов их изготовления. Некоторое представление о таком многообразии вариантов дают схемы, представленные на рис. 2.

В качестве арматуры для изготовления предварительно напряженных конструкций применяют арматурные элементы из высокопрочной стали в виде стержней диаметром 10—32 мм или



а