НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА
И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Заменено: РТМ 75-95 "Руководящие технологические материалы по заводскому производству сборных предварительно-напряженных ж/бетонных конструкций" – письмо Минстроя России № 13-383 от 21.08.95 – БСТ 10-95, с. 17.

Москва — 1975

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА
И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ



МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1975

УДК 6 66.982.4

Руководство по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1975, 192 с. (Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя СССР).

Руководство содержит основные положения по технологии изготовления сборных предварительно напряженных конструкций заводского изготовления с натяжением арматуры на упоры, а также сведения об арматурных сталях, бетонах, методах контроля качества изделий и технико-экономической оценки применяемых способов производства.

Предназначено для инженерно-технических работников предприятий сборного железобетона и работников проектных и научно-исследовательских организаций.

Р $\frac{30213\text{-}297}{047(01)\text{-}75}$ Инструкт.-нормат., 11 вып.-14-75

© Стройиздат, 1975

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени разработки и издания «Временной инструкции по технологии изготовления предварительно напряженных конструкций» (М., Госстройиздат, 1959) промышленность сборного железобетона претерпела большие изменения. Разработано и освоено массовое производство сборных, в том числе преднапряженных, железобетонных конструкций, создана мощная промышленность сборного железобетона.

Коренные изменения технического состояния заводов сборного железобетона и возросшие масштабы производства сборных преднапряженных конструкций с натяжением арматуры на упоры потребовали разработки настоящего Руководства, которое должно способствовать распространению и широкому внедрению новых прогрессивных способов производства, повышению технологической дисциплины, обеспечению качества выпускаемой продукции и повышению производительности труда.

Рекомендации, включенные в основной текст Руководства, относятся к общим вопросам технологии производства. В приложениях даны описания технологического оборудования и примеры выполнения технологических операций.

При составлении Руководства использованы отечественный и в некоторой степени зарубежный опыт производства предварительно напряженных железобетонных конструкций, а также результаты научно-исследовательских и опытных работ, прошедших проверку в производственных условиях.

В Руководстве обобщены также рекомендации ранее выпущенных инструкций и руководств по технологии изготовления преднапряженных конструкций, в связи с чем отменяются:

Временная инструкция по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций. М., Госстройиздат, 1959;

Инструкция по технологии предварительного напряжения стержневой, проволочной и прядевой арматуры железобетонных конструкций электротермическим и электротермомеханическим способом. М., Госстройиздат, 1962;

Указания по назначению режимов тепловой обработки предварительно напряженных конструкций, изготовляемых по стендовой технологии. М., Стройиздат, 1964;

Руководство по технологии предварительного напряжения стержневой арматуры железобетонных конструкций. М., Стройиздат, 1972.

Руководство разработано Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона Госстроя СССР: инж. А. А. Фоломеевым (главы 1, 3, 8 и 9), кандидатами техн. наук С. А. Мадатяном (главы 1, 2, 3, 4 и 6), Н. А. Маркаровым (главы 7, 10, 11 и 13), М. Д. Рожненко (главы 1, 2, 3, 4, 5, 8 и 14), В. А. Клевцовым (глава 12), И. И. Цыганковым (глава 15), И. Ф. Руденко (глава 9), Г. С. Митником (глава 3), В. М. Медведевым (глава 8). Г. П. Курасовой (глава 8), д-ром техн. наук И. М. Френкелем (глава 8) и инж. В. Т. Дьяченко (глава 7); при участии ВНИИЖелезобетона Минпромстройматериалов (кандидаты техн. наук Э. Г. Ратц, С. Ю. Цейтлин), ЦНИИОМТП Госстроя СССР (д-р техн. наук Н. Е. Носенко, инж. Л. Х. Копелевич), Уралстромниипроекта (канд. техн. наук Б. Я. Рискинд), Гипростроммаша (канд. техн. наук В. А. Ли), института Индустройпроект Минпромстройматериалов СССР (канд. техн. наук Я. М. Якобсон), Проектного института № 1 Госстроя СССР (инж. С. Г. Скворцов).

В Руководстве использован производственный опыт Красноярского комбината железобетонных и металлических конструкций (инж. Г. В. Леонов), Заволжского завода промышленного железобетона № 3 (инженеры Н. М. Давыдов, Т. Ф. Рунова), Ульяновского завода ЖБК № 3 (инж. В. Ф. Придыбайло), Кемеровского завода ЖБК-1 (канд. техн. наук Г. Г. Проскурин), Чайковского завода ЖБИ Стройдеталь (инж. Н. Н. Бармин), Каменск-Уральского завода ЖБИ (инж. Л. В. Латышева), Московского завода ЖБИ № 5 Главпромстройматериалов (инж. А. М. Зайцев), Стрыйского завода железобетонных и металлических конструкций (инж. И. Я. Шторин).

Руководство подготовлено к изданию редакционной комиссией в составе д-ра техн. наук К. В. Михайлова (председатель), д-ра техн. наук Г. И. Бердичевского, кандидатов техн. наук Н. М. Мулина, Н. А. Маркарова, С. А. Мадатяна, М. Д. Рожненко, инж. А. А. Фоломеева.

Замечания по содержанию Руководства просьба направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская, 6.

Дирекция НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящим Руководством следует пользоваться при изготовлении сборных предварительно напряженных железобетонных конструкций, армированных высокопрочной стержневой горячекатаной и термически упрочненной арматурой, высокопрочной проволокой, прядями и канатами, натяжение которых на упоры осуществляется механическим или электротермическим способом.

1.2. Указания Руководства распространяются на изготовление сборных предварительно напряженных железобетонных конструкций, осуществляемое в заводских условиях и на полигонах.

1.3. Требования технологии, изложенные в Руководстве, следует учитывать при проектировании предварительно напряженных железобетонных конструкций.

1.4. Указания Руководства не распространяются на производство шпал, труб, конструкций сборных мостов, непрерывно армированных и самонапряженных конструкций.

1.5. Изготовление предварительно напряженных железобетонных конструкций должно осуществляться по рабочим чертежам конструкций и соответствующему ГОСТу или техническим условиям.

Примечание. Отступления от требований рабочих чертежей должны быть согласованы с авторами проекта.

1.6. Выбор технологической схемы изготовления предварительно напряженной конструкции рекомендуется осуществлять в каждом случае с учетом местных условий, типа конструкции, характеристик и свойств материалов, наличия оборудования и обосновывать технико-экономическими расчетами.

1.7. При организации производства предварительно напряженных железобетонных конструкций следует

проверить соответствие принятых в проекте данных фактическим условиям изготовления: способу натяжения арматуры, деформациям форм или поддонов, податливости анкерных устройств. Если технология и оборудование не отвечают требованиям проекта, то способ изготовления и оснастку следует привести в соответствие с данными рабочих чертежей или совместно с проектной организацией перепроектировать конструкцию с учетом специфики ее изготовления на данном предприятии.

1.8. При изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо обеспечить их свободное деформирование при передаче усилия предварительного напряжения на бетон, для чего изделие должно быть освобождено от элементов форм и других деталей оснастки, препятствующих его деформации.

Необходимо также принять меры для обеспечения свободных деформаций изделия от температурного расширения или усадки бетона.

1.9. При освоении на каждом предприятии выпуска новых конструкций первые из них рекомендуется испытывать до разрушения в соответствии с требованиями ГОСТ 8829—66.

1.10. Изготовление предварительно напряженных железобетонных конструкций должно сопровождаться систематическим пооперационным контролем качества заполнителей, цемента, бетона, арматуры, величины предварительного напряжения, прочности бетона при передаче усилия обжатия на конструкцию и в 28-дневном возрасте, габаритов и чистоты поверхности изделий.

1.11. Изготовление предварительно напряженных железобетонных конструкций с натяжением арматуры на упоры производится по следующим технологическим схемам:

в перемещаемых силовых формах по агрегатно-поточной технологии или на конвейерах;

на коротких или длинных стендах в обычных (несиловых) формах;

в стационарных силовых формах.

Примечание. Силовыми называются формы, воспринимающие усилие натяжения арматуры в период изготовления конструкции и твердения бетона до приобретения им прочности, достаточной для восприятия усилия обжатия конструкции.

1.12. Натяжение высокопрочной стержневой горячекатаной и термически упрочненной арматуры классов

A-IIIв, A-IV, A-V, Ат-IV и Ат-V диаметром 8—22 мм рекомендуется осуществлять электротермическим способом, а диаметром 25—40 мм — механическим.

Натяжение высокопрочной арматурной проволоки классов Вр-II и В-II, канатов классов К-7 и К-19 и стержневой термически упрочненной арматуры класса Ат-VI рекомендуется осуществлять механическим способом.

1.13. Допускается использовать электротермический способ для натяжения стержневой термически упрочненной стали класса Ат-VI при условии соблюдения требований п. 6.3 настоящего Руководства и при величине предварительного напряжения не более 7000 кгс/см^2.

Электротермический способ также может быть допущен для натяжения высокопрочной проволоки класса Вр-II при условии соблюдения пп. 6.3 и 6.4 настоящего Руководства.

Механический способ натяжения стержневой арматуры диаметром 8—22 мм указанных в п. 1.12 классов допускается при наличии соответствующего оборудования и при условии обеспечения требуемой производительности технологических линий.

1.14. При изготовлении конструкций на длинных и коротких стендах следует преимущественно применять арматурные канаты (пряди) классов К-7, К-19, К2 и К3, унифицированные пакеты высокопрочной проволоки класса Вр-II с натяжением механическим способом.

1.15. Выбор напрягаемой арматуры и способа натяжения при изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций в стационарных силовых формах зависит от требований проекта, наличия оборудования для натяжения, длины изделия и вида применяемой на данном предприятии напрягаемой стали и определяется технико-экономическим расчетом.

Стержневую арматуру классов Ат-IV, Ат-V или Ат-VI рекомендуется применять для изделий длиной до 12 м, для изделий большей длины — проволочную и прядевую арматуру классов Вр-II, К-7 и К-19 или свариваемую стержневую арматуру классов A-IV, A-V.

1.16. С целью сокращения замен и упрощения их согласования проектным организациям рекомендуется снабжать проекты предварительно напряженных конструкций несколькими вариантами армирования.

1.17. При строительстве новых предприятий и рекон-

струкции действующих рекомендуется использовать типовые проекты технологических линий (см. приложение 1) оборудование для которых централизованно поставляется машиностроительной промышленностью.

2. АРМАТУРНЫЕ СТАЛИ

2.1. В качестве напрягаемой арматуры предварительно напряженных железобетонных конструкций следует преимущественно применять следующие виды арматурной стали (рис. 1):

стержневую горячекатаную класса А-IV марок 80С и 20ХГ2Ц (ГОСТ 5781—61* и ГОСТ 5058—65*), 20ХГСТ (ЧМТУ/ЦНИИЧМ 871—63) и класса А-V марки 23Х2Г2Т (ЧМТУ 1-177-67);

стержневую термически упрочненную классов Ат-V и Ат-VI марок 20ГС2 и 20ГС (ГОСТ 10884—71);

высокопрочную холоднотянутую проволоку классов Вр-II и В-II (ГОСТ 8480—63 и ГОСТ 7348—63);

арматурные канаты (пряди) — спиральные семипроволочные класса К-7 (ГОСТ 13840—68) и девятнадцатипроволочные класса К-19 (ТУ 14-4-22-71);

многопрядные арматурные канаты: двухпрядные класса К2х*п* (ЧМТУ4-200-69 и ТУ14-173-9-72) и трехпрядные — класса К3х*п* (ВТУ 2-350-67), *п* — число проволок в каждой пряди.

2.2. Допускается для напрягаемой арматуры предварительно напряженных конструкций использовать арматурную сталь следующих видов:

стержневую периодического профиля, упрочненную вытяжкой класса А-IIIв марок 35ГС, 25Г2С и 33ГТ (см. приложение 2);

стержневую термически упрочненную класса Ат-IV (ГОСТ 10884—71).

2.3. Расчетные и нормативные сопротивления арматурной стали видов и марок, перечисленных в пп. 2.1 и 2.2, а также условия их применения в железобетонных конструкциях следует принимать по главе СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования».

Основные характеристики механических свойств напрягаемой арматуры приведены в табл. 1, 2 и 3, а их сортамент приведен в табл. 4. Расчетные и нормативные сопротивления, а также условные обозначения арматур-

ных сталей даны в приложении 3 и 4 (см. табл. 33, 34, 35, 36 и 37).

2.4. Деформацию арматуры при ее натяжении рекомендуется определять с учетом действительной диаграммы растяжения стали.

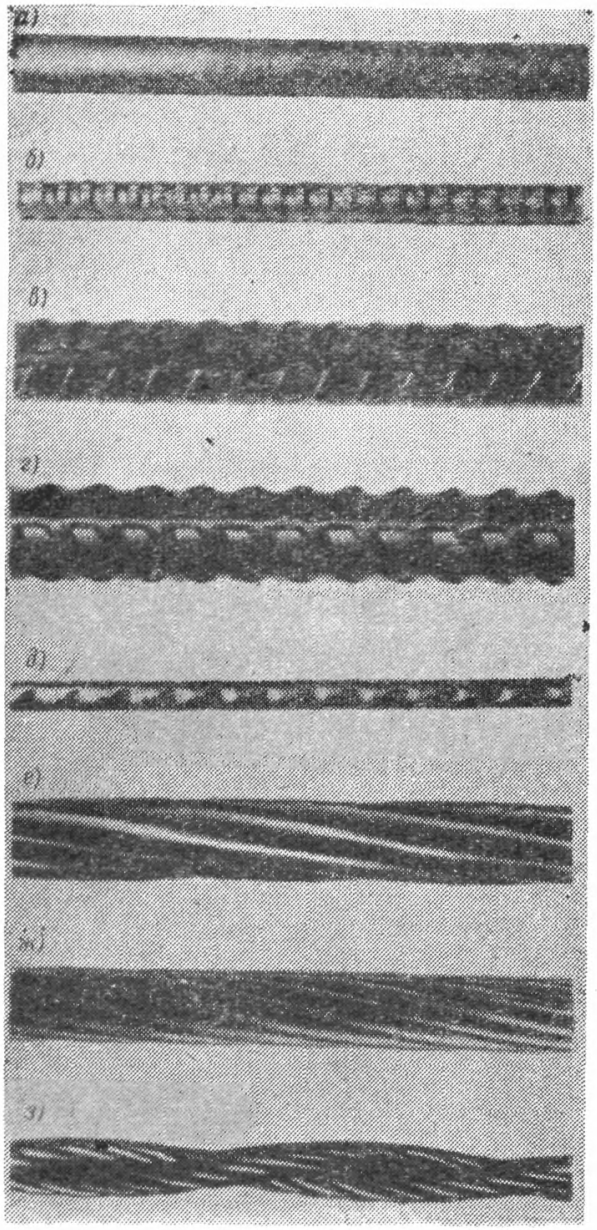


Рис. 1. Внешний вид арматурных сталей различных классов

а — стержневая гладкая класса А-I; *б* — обыкновенная проволока периодического профиля класса Вр-1; *в* — стержневая периодического профиля класса А-II; *г* — то же, классов А-III, А-IV, А-V, Ат-IV, Ат-V, Ат-VI; *д* — высокопрочная проволока периодического профиля класса Вр-II; *е* — семипроволочный спиральный арматурный канат класса К-7; *ж* — девятнадцатипроволочный спиральный арматурный канат класса К-19; *з* — двухпрядный канат

Таблица 1

Основные характеристики механических свойств стержневой напрягаемой арматуры

Арматурная сталь			Диаметр, мм	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, кгс/см²	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, кгс/см²	Относительное удлинение после разрыва δ_5, %	Угол загиба в холодном состоянии при диаметре оправки, равном 5 d, °С	Модуль упругости арматуры E_a, кгс/см²
вид	класс	марка		не менее				
Горячекатаная периодического профиля	A-IV	20ХГ2Ц	10—32					
		80С	10—18	6000	9000	6	45	$2 \cdot 10^6$
	A-V	20ХГСТ	10—18					
		23Х2Г2Т	10—22	8000	10500	7	45	$1{,}9 \cdot 10^6$
Термически упрочненная периодического профиля	Ат-IV	—	10—25	6000	9000	8	45	$1{,}9 \cdot 10^6$
	Ат-V	—	10—25	8000	10000	7	45	$1{,}9 \cdot 10^5$
	Ат-VI	—	10—25	10000	12000	6	45	$1{,}9 \cdot 10^5$
Упрочненная вытяжкой периодического профиля	*A-IIIв*	35ГС	10—40	5500	6000	6	45	$2 \cdot 10^6$
		25Г2С						

Примечания: 1. Если в проектах для горячекатаной арматуры класса A-IV указан только ГОСТ 5781—61, то по условиям эксплуатации конструкции марки сталей не оговариваются.

2. В соответствии с положениями СНиП за нормативное сопротивление стержневой арматурной стали принимается величина браковочного минимума ее предела текучести.

3. Для стержневой арматуры класса A-IIIв, упрочненной вытяжкой, величина контролируемых напряжений принимается равной 5500 кгс/см², а величина контролируемых удлинений для стали марки 25Г2С—3,5% и марки 35ГС—4,5%.

4. Начальный модуль упругости $E_{нач}$ стали класса A-IV марок 20ХГ2Ц и 20ХГСТ следует принимать $1{,}9 \cdot 10^6$, стали класса A-IIIв марок 35ГС и 25Г2С—$1{,}8 \cdot 10^6$. Для остальных классов и марок стали величину $E_{нач}$ следует принимать равной E_a.

Таблица 2

Основные характеристики механических свойств проволочной напрягаемой арматуры

Арматурная сталь		Номинальный диаметр d, мм	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, кгс/см²	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, кгс/см²	Относительное удлинение после разрыва δ_{100}, %	Модуль упругости арматуры $E_а$, кгс/см²
вид	класс		не менее			
Высокопрочная арматурная проволока гладкая	В-II	3	15 200	19 000	4	
		4	14 400	18 000	4	
		5	13 600	17 000	4	
		6	12 800	16 000	5	$2 \cdot 10^6$
		7	12 000	15 000	6	
		8	11 200	14 000	6	
Высокопрочная арматурная проволока периодического профиля	Вр-II	3	14 400	18 000	4	
		4	13 600	17 000	4	
		5	12 800	16 000	4	
		6	12 000	15 000	5	$2 \cdot 10^6$
		7	11 200	14 000	6	
		8	10 400	13 000	6	

В случае отсутствия опытных данных допускается использовать для оценки деформаций при механическом способе натяжения уравнение среднестатистической диаграммы растяжения:

$$\varepsilon_а = \frac{\sigma_0}{E_{нач}} + 0{,}074 \left(\frac{\sigma_0}{\overline{\sigma}_{0,2}} - 0{,}7 \right)^3 ; \qquad (1)$$

при

$$\sigma_0 \leqslant 0{,}7\overline{\sigma}_{0,2} \varepsilon_а = \frac{\sigma_0}{E_{нач}} , \qquad (2)$$

где

$$\overline{\sigma}_{0,2} = 1{,}05\sigma_{0,2} ;$$

$\varepsilon_а$ — относительное удлинение, $\varepsilon_а = \frac{\Delta l}{l}$;

σ_0 — величина контролируемого напряжения в арматуре, кгс/см²;

$E_{нач}$ — начальный модуль упругости, кгс/см² *;

* Начальным модулем упругости $E_{нач}$ в настоящем Руководстве называется модуль упругости стали при первом ее загружении. $E_{нач}$, как правило, на 2—3% меньше модуля упругости арматуры при последующих ее загружениях ($E_а$). Однако для некоторых марок стали $E_{нач}$ меньше $E_а$ на 5—10% (см. примечание 4 к табл. 1).

$\sigma_{0,2}$ — браковочная величина условного предела текучести данной стали (см. табл. 1, 2 и 3).

Примеры использования уравнения (1) приведены в приложении 5. При электротермическом способе натяжения упругопластические свойства стали следует учитывать в соответствии с рекомендациями п. 6.8 настоящего Руководства.

Таблица 3

Характеристики механических свойств арматурных прядей и канатов

Арматурная сталь		Номинальный диаметр d, мм	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, кгс/см²	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, кгс/см²	Относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_к$, %	Модуль упругости E_a, кгс/см²
вид	класс		не менее			
Семипроволочные спиральные арматурные канаты (пряди)	К-7 (П-7)	4,5	15 200	19 000	3	
		6	14 800	18 500	3	
		7,5	14 400	18 000	4	$1{,}8 \cdot 10^6$
		9	14 000	17 000	4	
		12	13 600	17 000	4	
		15	13 200	16 500	4	
Девятнадцатипроволочные спиральные арматурные канаты	К-19	14	14 400	18 000	4	$1{,}8 \cdot 10^6$
Двухпрядные арматурные канаты	К2×7	18	13 600	17 000	4	
	К2×7	25	13 600	17 000	4	$1{,}7 \cdot 10^6$
	К2×12	22	14 400	18 000	4	
	К2×12	24	14 400	18 000	4	
	К2×12	28	14 400	18 000	4	
Трехпрядные арматурные канаты	К3×7	10	16 000	20 000	3	
	К3×7	13	15 200	19 000	4	
	К3×7	16,5	14 400	18 000	4	
	К3×7	20	14 400	18 000	4	$1{,}7 \cdot 10^6$
	К3×19	16,5	16 000	20 000	3	
	К3×19	22	15 200	19 000	4	

2.5. Напрягаемую стержневую арматуру классов и марок, указанных в пп. 2.1 и 2.2 настоящего Руководства, следует заказывать и применять в железобетонных конструкциях преимущественно в виде стержней мерных длин, а термически упрочненную сталь классов Ат-IV—Ат-VI — только в виде стержней мерных длин.

Сортамент арматурных сталей

Номинальный диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения, см²	Теоретическая масса 1 м длины, кг	Номинальный диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения, см²	Теоретическая масса 1 м длины, кг
А. Сортамент стержневой арматуры					
6	0,283	0,222	28	6,16	4,83
7	0,385	0,302	32	8,04	6,31
8	0,503	0,395	36	10,18	7,99
9	0,636	0,499	40	12,57	9,87
10	0,785	0,617	45	15,9	12,48
12	1,131	0,888	50	19,63	15,41
14	1,54	1,21	55	23,76	18,65
16	2,01	1,58	60	28,27	22,19
18	2,54	2	70	38,48	30,21
20	3,14	2,47	80	50,27	39,46
22	3,8	2,98	90	63,62	49,94
25	4,91	3,85	—	—	—
Б. Сортамент арматурной проволоки					
Класс В-I, В-II и Вр-II					
3	0,071	0,055	6	0,283	0,222
4	0,126	0,099	7	0,385	0,302
5	0,196	0,154	8	0,503	0,395
Класс Вр-I					
3	0,071	0,051			
4	0,126	0,090			
5	0,196	1,139			
В. Сортамент витой проволочной арматуры (арматурных канатов)					
Класс К-7			Класс К2×12		
4,5	0,127	0,100	22,0	—	—
6,0	0,227	0,178	24,0	—	—
7,5	0,354	0,279	28,0	—	—
9,0	0,510	0,402	Класс К3×7		
12,0	0,906	0,714	10	0,381	0,299
15,0	1,416	1,116	13	0,678	0,583
Класс К-19			16,5	1,062	0,825
14,0	1,287	1,020			

Продолжение табл. 4

Номинальный диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения, см²	Теоретическая масса 1 м длины, кг	Номинальный диаметр, мм	Расчетная площадь поперечного сечения, см²	Теоретическая масса 1 м длины, кг
Класс К2×7					
18,0	1,019	0,801	20	1,527	1,209
			Класс К3×19		
25,0	0,812	1,428	16,5	1,031	0,795
			22	1,809	1,419

Примечание. Номинальный диаметр арматуры (номер сечения) соответствует для: горячекатаной и термически упрочненной арматурной стали периодического профиля—номинальному диаметру равновеликих по площади поперечного сечения круглых гладких стержней; обыкновенной высокопрочной арматурной проволоки периодического профиля—номинальному диаметру проволоки до придания ей периодического профиля; арматурных канатов—диаметру их описанных окружностей.

2.6. Приварка и прихватка к натянутой арматуре каких-либо деталей или элементов напрягаемой арматуры не допускается.

Примечание. Требование п. 2.6 не распространяется на приварку закладных деталей к концам напрягаемой арматуры, выступающим из изделия, после передачи усилия обжатия на бетон.

2.7. Высокопрочная проволока должна поставляться в мотках, а канаты (пряди) — в бухтах или на барабанах. Смотанные с бухт или барабанов проволока, пряди и канаты должны сохранять прямолинейность.

2.8. Выбор вида и марки ненапрягаемой арматурной стали (см. приложение 4) и стали для закладных деталей производится в зависимости от назначения, конструктивных особенностей и условий эксплуатации железобетонных элементов в соответствии с главой СНиП и развивающих ее руководств по проектированию.

2.9. Для элементов закладных деталей предварительно напряженных железобетонных конструкций применяется листовая, фасонная и полосовая углеродистая сталь группы марок Ст3 по ГОСТ 380—71 или марок 18Гпс (ЧМТУ 1-47-67).

2.10. Ненапрягаемую арматуру следует преимущественно изготовлять и применять в виде арматурных изделий: сеток, плоских и пространственных каркасов. При этом рекомендуется арматурные сетки и каркасы мак-

симально укрупнять вне формы, с учетом возможности использования для этих целей серийно выпускаемого оборудования для арматурного производства, а также сборочных кондукторов и шаблонов.

2.11. Для изготовления сварных сеток и каркасов следует применять контактную точечную сварку, руководствуясь требованиями «Указаний по сварке соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций» (СН 393-69) и чертежей изделий.

2.12. Качество готовых арматурных изделий и закладных деталей должно контролироваться в соответствии с требованиями ГОСТ 10922—64 «Арматура и закладные детали сварные. Технические требования и методы испытаний».

2.13. Приемку арматурной стали следует производить по сертификатам с обязательной проверкой наличия прикрепленных к стали металлических бирок, которыми завод-изготовитель обязан снабжать каждый пакет или бухту арматурной стали.

2.14. Приемка осуществляется путем сопоставления результатов внешнего осмотра и обмера, а также данных, приведенных в сертификатах, и результатов контрольных испытаний с требованиями соответствующих государственных стандартов и технических условий.

2.15. Напрягаемая арматура, имеющая на поверхности забоины или каверны, бракуется и не допускается к применению как напрягаемая. Бухты проволоки отбраковываются также, если они свернуты в восьмерки или имеют узлы либо перепуганные витки, не допускающие размотку проволоки.

2.16. При приемке каждая партия арматуры должна подвергаться контрольным испытаниям. Стержневую арматуру испытывают на растяжение (по ГОСТ 12004—66) и загиб в холодном состоянии (по ГОСТ 14019—68). Арматурную проволоку — на растяжение (по ГОСТ 12004—66) и на перегиб (по ГОСТ 7348—63 и 8480—63), канаты — на растяжение (по ГОСТ 16874—71).

Число отбираемых для испытаний образцов определяется государственными стандартами и техническими условиями на арматурную сталь, приведенными в п. 2.1 настоящего Руководства.

2.17. В случае несоответствия результатов какого-либо испытания требованиям государственных стандартов или технических условий надлежит произвести по-

вторное испытание на двойном количестве образцов, взятых от других стержней или бухт этой же партии стали. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний хотя бы по одному образцу вся партия арматурной стали бракуется.

Примечание. Для оценки механических свойств арматурной стали по результатам контрольных испытаний могут быть использованы вероятностные методы, указанные в соответствующих государственных стандартах на арматурную сталь.

2.18. При натяжении термически упрочненной стержневой арматуры и высокопрочной проволоки электротермическим способом дополнительно должны производиться контрольные испытания арматуры на растяжение после электронагрева.

Для этого в течение рабочей смены с каждого поста электронагрева отбирается по два образца от одного стержня или прутка проволоки.

Образцы испытываются на растяжение в соответствии с требованиями ГОСТ 12004—66. Временное сопротивление $\sigma_в$ и условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ стали после электронагрева должны быть не менее соответствующих браковочных значений, указанных в табл. 1 и 2 настоящего Руководства.

Примечание. Если в соответствии с положениями п. 6.3 настоящего Руководства допускается снижение прочности стали классов Вр-II и Ат-VI вследствие электронагрева, в рабочих чертежах изделий должны быть указаны минимально допустимые величины $\sigma_в$ и $\sigma_{0,2}$ стали после электронагрева.

2.19. Каждая партия арматурной стали должна размещаться на складе раздельно по маркам и диаметрам. Хранение стали должно производиться так, чтобы исключались ее коррозия и загрязнение.

Холоднотянутая проволока и канаты должны храниться в закрытом сухом помещении. Укладка бухт на земляной пол воспрещается. Стержневую арматуру следует хранить в закрытом сухом помещении или под навесом. При хранении следует обращать внимание на сохранность металлических бирок и обеспечение легкого доступа к ним.

3. ФОРМЫ

3.1. Формы для изготовления предварительно напряженных конструкций должны обеспечивать получение

изделий с размерами в пределах допускаемых отклонений, отвечающих ГОСТ 13015—67 «Изделия железобетонные и бетонные. Общие технические требования», ГОСТ и ТУ на отдельные виды изделий, а также рабочим чертежам на изделия.

3.2. Формы должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 18886—73 «Формы стальные для изготовления железобетонных и бетонных изделий».

3.3. Формы должны быть жесткими и иметь минимальную деформативность: от сил натяжения арматуры, собственного веса, веса бетонной смеси и арматуры, а также от давления, создаваемого бетонной смесью при вибрационном ее уплотнении; при перемещении краном или по конвейеру, а также при установке на рабочих постах; при приложении к форме технологических воздействий, в том числе и температурных, передающихся при ускорении твердения бетона пропариванием, контактным обогревом и т. п.

3.4. При расчете силовых форм на жесткость и деформативность усилия от натяжения арматуры принимаются максимальными из возможных для всей номенклатуры конструкций, изготавливаемых с применением данного комплекса форм.

Рекомендуется проектировать формы так, чтобы равнодействующая усилий напрягаемой арматуры располагалась по центру тяжести сечения формы. В этом случае достигается существенное уменьшение веса формы.

3.5. Контроль жесткости форм, предназначенных для изготовления предварительно напряженных конструкций, осуществляется измерением их прогиба и продольного смещения упоров после натяжения арматуры и укладки бетона.

Прогиб измеряется по середине пролета в двух точках (по обеим сторонам) при опирании формы на две опоры, расположенные на расстоянии 0,05—0,1 м от торцов. Измерение производится с точностью до 0,5 мм с помощью нивелира, прогибомеров, индикаторов или других приборов.

Величину прогиба, если к жесткости форм не предъявляется особых требований, рекомендуется принимать не более 0,001 расстояния между упорами, а прогиб свободного угла при диагональном опирании, характеризующий жесткость формы на кручение, не должен быть

больше значений при площади поддона до 12 м² — 4 мм, 12—25 м² — 6 мм и свыше 25 м² — 8 мм.

3.6. Продольную деформацию (сближение упоров) силовых форм по оси равнодействующей силы натягиваемой арматуры после натяжения последней следует допускать не более 0,0004 расстояния между упорами.

3.7. Формы, не отвечающие требованиям жесткости и продольной деформативности, указанным в пп. 3.5 и 3.6, подлежат усилению в соответствии с «Руководством по расчету и проектированию стальных форм» (М., Стройиздат, 1970).

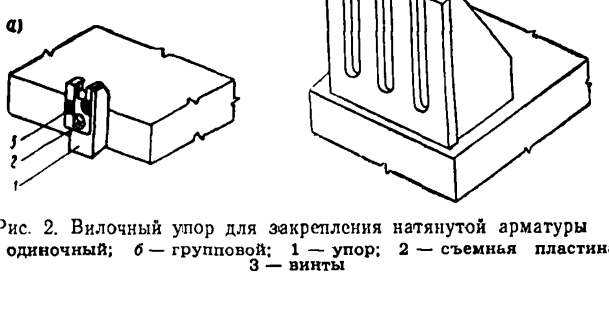


Рис. 2. Вилочный упор для закрепления натянутой арматуры
а — одиночный; *б* — групповой; 1 — упор; 2 — съемная пластина; 3 — винты

3.8. При проектировании форм необходимо предусматривать мероприятия, устраняющие возможность заклинивания изделий при передаче усилия обжатия на конструкцию.

3.9. Для закрепления напрягаемой арматуры на формах должны предусматриваться упоры. Упоры рекомендуется выполнять с учетом возможности применения арматуры разных классов и диаметров. Они должны обеспечивать легкую установку арматурных элементов и опирание рабочих граней зажимов или временных анкерных устройств по всей площади контакта.

3.10. Для закрепления на форме стержневой арматуры с концевыми анкерами в виде высаженных головок, опрессованных втулок и приваренных коротышей, натягиваемой электротермическим способом, рекомендуется применять вилочные стационарные упоры (рис. 2). Допускается применение внутренних вилочных упоров, а также упоров в виде шгырей.

3.11. При применении инвентарных зажимов для всех видов арматуры, натягиваемой механическим или электротермическим способами, рекомендуется применять вилочные упоры. Для закрепления на форме концентрированно несколько стержней может быть рекомендован упор, показанный на рис. 2,*б*. При механическом натяжении рекомендуются также подвижные захваты на несколько элементов, количество которых определяется тяговым усилием гидродомкрата.

3.12. Для закрепления анкерных плит унифицированных проволочных пакетов, напрягаемых механическим и электротермическим способами, применяются вилочные упоры или подвижные захваты.

3.13. Вилочные упоры форм рекомендуется изготовлять из стали группы марок Ст3 и Ст5 и снабжать с торца съемными пластинами из высокопрочной стали. Съемные пластины, предназначаемые для предохранения упоров от быстрого износа, следует изготовлять из инструментальной стали марок У7 и У8 толщиной 15 мм с закалкой до твердости $HRC=45—50$. Пластина к упорам крепится винтами с потайными головками (см. рис. 2,*а*).

3.14. Размеры прорези в упорах должны выбираться из условий обеспечения проектного расположения арматуры для всей номенклатуры изделий, намеченных к изготовлению на данных формах.

В упорах глубину прорези рекомендуется делать равной удвоенному наружному диаметру арматуры, а ширину прорези — на 2—4 мм больше того же диаметра.

Если форма предназначена для изготовления изделий с арматурой разных диаметров, то рекомендуется иметь комплект закаленных съемных пластин под все диаметры арматуры, а размер прорези в упоре должен соответствовать максимальному из возможных диаметров арматуры.

3.15. Ширина упора должна приниматься в зависимости от проектного расположения арматуры для всей номенклатуры изделий, намечаемых к изготовлению на данных формах, но не менее трех диаметров арматурного элемента.

При применении инвентарных зажимов размеры упоров по ширине и высоте должны выбираться так, чтобы площадь опирания на упоры была не менее 75% площади торца зажима. Толщина упоров определяется из рас-

чета на прочность и жесткость под действием максимально возможных усилий от натяжения арматуры.

3.16. Упоры и съемные пластины изготавливаются с предельным отклонением ±1 мм по ширине и высоте. Толщина упоров и пластин, а также размеры прорези выдерживаются с предельным отклонением ±0,3 мм. Все грани упоров, пластин и прорези в них обрабатываются по четвертому классу чистоты поверхности. Упоры, как правило, должны располагаться вне габаритов изделия, однако при достаточном экспериментальном обосновании для изготовления пустотных плит настилов и некоторых других изделий допускается расположение утапливаемых упоров в габаритах изделий.

3.17. Упоры должны устанавливаться на формы с применением шаблонов, охватывающих упоры снаружи.

При длине форм более 12 м рекомендуется устанавливать упоры с замерами расстояний между ними стальной рулеткой, исключая провисание ленты по ее длине с помощью подкладок и обеспечивая постоянное натяжение ленты при замерах. Замеры расстояний между упорами и подобные замеры на устройствах для образования временных концевых анкеров на арматурных заготовках следует производить при помощи одной и той же части ленты.

3.18. Допустимые предельные отклонения расстояния между упорами при электротермическом натяжении арматуры принимаются по табл. 5.

Таблица 5

Допускаемые предельные отклонения расстояния между упорами формы

Расстояние между упорами, м	Предельное отклонение величины, мм	
	верхнее	нижнее
5 000	0	—2
6 500	0	—2
9 500	0	—3
13 000	0	—3
16 000	0	—4
19 000	0	—4
25000 и более	0	—5

3.19. Перед началом эксплуатации формы или партии форм должны быть нормализованы расстояния между упорами в соответствии с заданными допусками. Для

этого вначале производится контрольная проверка расстояний между упорами на уровнях расположения всей напрягаемой арматуры. Замеры производятся на форме сначала без арматуры, а затем со всей натянутой арматурой, чтобы выявить сближение упоров при натяжении.

Измеренные отклонения расстояний между упорами должны быть в пределах, указанных в табл. 5. Если это отклонение выходит из заданных пределов, то устанавливается новый, общий для всех случаев номинальный размер (обычно это наибольший размер), и в тех местах, где отклонение от этого размера превышает заданное, прокладывают между упором и каленой пластиной или приваривают к упорам пластинки соответствующей толщины.

3.20. Периодически, после изготовления каждых 25 изделий, необходимо проверить правильность расстояния между наружными гранями упоров. В случае нарушения этого расстояния необходимо восстанавливать его путем ремонтных работ.

3.21. Торцовые борта форм с упорами, расположенными вне габаритов изделий, должны иметь прорези для пропуска натянутой арматуры с минимальным зазором во избежание вытекания цементного теста из уплотняемой бетонной смеси.

Торцовые борта могут быть откидными на шарнирах или вставными. В обоих случаях они должны точно фиксироваться и закрепляться на форме во избежание их выпучивания при укладке бетона.

3.22. Формы должны иметь предохранительные козырьки для защиты людей в случае обрыва натягиваемой арматуры. Козырьки могут быть индивидуальными для каждого упора или групповыми, стационарными или съемными.

3.23. Силовые формы рекомендуется оснащать устройствами для плавного отпуска натяжения арматуры (см. приложение 20).

3.24. При изготовлении предварительно напряженных изделий с оттянутой арматурой в формах должны предусматриваться устройства для оттягивания и фиксации оттянутой арматуры.

3.25. При изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций на стендах формы должны быть выверены по уровню и расположены по продольной оси напрягаемой арматуры с точностью, позволяю-

щей обеспечить требования к защитному слою изделий. Во избежание загрязнения форм и для удобства работы между линиями стендовых форм на 0,5—0,8 м ниже верха бортов должны быть установлены рабочие настилы.

3.26. Работа с формами проводится в соответствии с «Руководством по эксплуатации стальных форм на заводах сборного железобетона» (М., Стройиздат, 1972).

4. ЗАГОТОВКА АРМАТУРЫ

Заготовка и закрепление стержневой арматуры

4.1. Заготовка стержневой напрягаемой арматуры заключается в отрезке стержней заданной длины и образовании на их концах временных концевых анкеров или установке инвентарных зажимов. В необходимых случаях стержни стыкуют сваркой или опрессовкой обойм

4.2. Временные концевые анкеры и инвентарные зажимы служат для закрепления натянутой арматуры на упорах форм, поддонов и стендов до приобретения бетоном изделия прочности, достаточной для восприятия усилия обжатия.

4.3. Резать стержневую арматуру классов А-IIIв, А-IV, А-V, Ат-IV, Ат-V и Ат-VI следует в холодном состоянии с помощью ножниц или пил трения. Допускается газокислородная резка стержней. Резка электрической дугой не допускается.

4.4. Стержневая горячекатаная арматурная сталь классов А-IV и А-V марок 20ХГ2Ц, 20ХГСТ и 23Х2Г2Т может стыковаться сваркой. Виды сварных соединений этих сталей принимаются согласно СН 390-69. Подготовка к сварке, технология и режимы сварки стержневой арматуры должны осуществляться в соответствии с требованиями СН 393-69.

Сварку стержневой горячекатаной арматурной стали класса А-V марки 23Х2Г2Т следует производить в соответствии с требованиями СН 393-69, предъявляемыми к сварке арматуры класса А-IV марки 20ХГ2Ц.

4.5. Соединять сваркой стержни термически упрочненной арматуры классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI не допускается.

Примечание. При наличии отходов этой арматуры в виде стержней немерных длин их можно использовать для ненапря-

гаемой арматуры, но только как сталь класса А-II, в соответствии с разъяснениями Госстроя СССР от 29 декабря 1969 г. «Об использовании в железобетонных конструкциях термически упрочненной арматурной стали немерных длин» (см. Бюллетень строительной техники, 1970, № 3) или производить стыкование методом «обжатия обоймы» в соответствии с «Указаниями по расчету и изготовлению анкеров и стыковых соединений типа «обжатая обойма» на стержневой арматуре периодического профиля» У-27-66 (Минпромстройматериалов СССР) и использовать так же, как и стержни мерной длины.

4.6. Для закрепления стержневой напрягаемой арматуры рекомендуется применять следующие виды временных концевых анкеров:

стальные опрессованные в холодном состоянии шайбы для арматуры всех классов диаметром до 22 мм включительно (рис. 3,*а*);

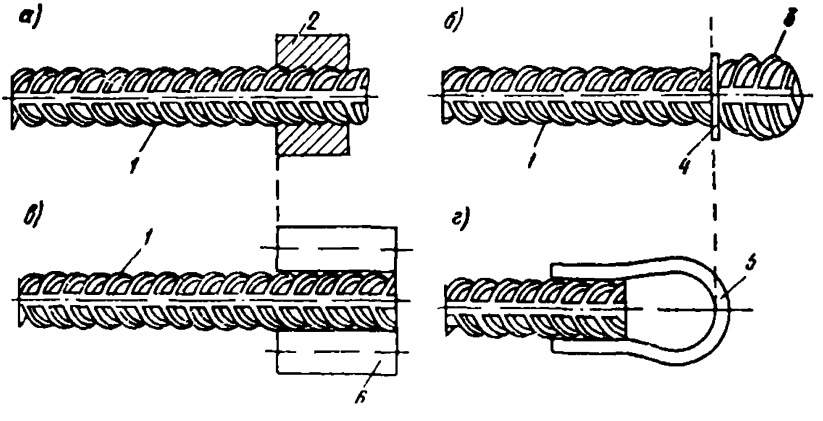


Рис. 3. Анкеры одноразового пользования

а — опрессованная шайба; *б* — высаженная головка; *в* — приваренные коротыши; *г* — приваренная петля; 1 — стержень; 2 — опрессованная шайба; 3 — высаженная головка; 4 — опорная шайба; 5 — петля; 6 — коротыши

высаженные головки, образуемые на концах стержней высадкой в горячем состоянии для арматуры классов А-IIIв, А-IV, Ат-IV, Ат-V и А-V диаметром до 40 мм включительно (рис. 3,*б*);

приваренные коротыши или петли — для арматуры классов А-IIIв, А-IV, А-V диаметром до 40 мм включительно (см. рис. 3,*в* и *г*);

отрезки стержней с резьбой и гайкой на конце, приваренные к напрягаемой арматуре сваркой трением или контактной стыковой сваркой для арматуры классов А-IIIв, А-IV, Ат-IV, А-V и Ат-V диаметром от 18 до 32 мм включительно;

инвентарные зажимы НИИЖБ по МРТУ 7-17-67 «Зажимы полуавтоматические для захвата арматуры при ее натяжении» (рис. 4) и зажимы и захваты других конструкций для арматуры всех классов диаметром до 32 мм включительно.

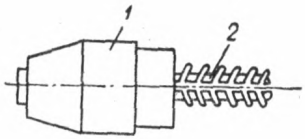


Рис. 4. Зажим НИИЖБ для закрепления арматуры
1 — корпус; 2 — арматура

Допускается применять высаженные головки или приваренные дуговой сваркой коротыши для закрепления арматуры классов Ат-V и Ат-VI. Приварка дуговой сваркой коротышей для закрепления термически упрочненной арматуры классов Ат-IV—Ат-VI производится в соответствии с рекомендациями, приведенными в приложении 9.

В качестве временных концевых анкеров для арматуры классов А-V, Ат-V и Ат-VI диаметром 8—14 мм допускается применять опрессованные спирали из горячекатаной арматуры класса А-I, изготовленные и опрессованные по технологии, разработанной комбинатом Днепроэнергостройиндустрия (рис. 5).

4.7. Устройство временных концевых анкеров в виде опрессованных обойм должно осуществляться на специальных обжимных машинах типа МО конструкции ВНИИЖелезобетона по технологии, рекомендуемой У 27-66 (Минпромстройматериалов СССР). Допускается использовать для опрессовки шайб на арматуре диаметром до 22 мм станки типа С-445 для резки арматуры или другое кузнечно-прессовое оборудование, обеспечивающее надежную степень опрессовки.

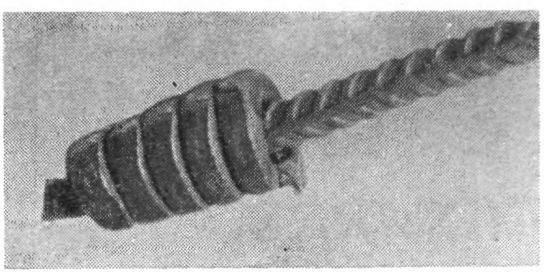


Рис. 5. Спиральный анкер

4.8. Обоймы (шайбы) для временных концевых анкеров (рис. 6) штампуются из листовой или полосовой стали марок Ст1, Ст2 и Ст3 (ГОСТ 380—71, ГОСТ 5681—57*, ГОСТ 82—57* и ГОСТ 10357*) или изготавливаются из круглой и шестигранной стали тех же марок (ГОСТ 2590—57*, ГОСТ 2879—69) или из толстостенных труб, отвечающих требованиям ГОСТ 8732—70. Размеры обойм приведены в табл. 6. Технология изготовления обойм должна соответствовать У 27-66.



Рис. 6. Шайбы для временных концевых анкеров

4.9. Высадку головок в горячем состоянии следует производить одновременно на обоих концах стержня или поочередно на каждом конце на машинах СМЖ-128А, 6974/2А, а также на стыкосварочных машинах МСР-100, МСР-75 и других с соблюдением соответствующих режимов нагрева и высадки (см. СН 393-69).

Таблица 6

Размеры обойм для опрессовки

Диаметр, мм			Высота обоймы, мм					
	обоймы		до опрессовки H			после опрессовки H_0		
арматуры d	внутренний $D_{вн}$	наружный $D_н$	класс арматуры					
			Ат-IV, А-IV	Ат-V, А-V	Ат-VI	А-IV, Ат-IV	Ат-V, А-V	Ат-VI
10	13	30	8	10	11	11	13	16
12	15	32	8	11	14	13	15	18
14	17	32	10	13	17	14	17	21
16	20	36	11	15	19	16	19	23
18	22	36	13	17	21	17	21	25
20	24	40	14	19	23	19	23	28
22	26	42	16	21	25	20	26	30

4.10. Высаженные головки рекомендуется снабжать опорными шайбами или втулками с конусными отверстиями для обеспечения равномерной передачи усилия от натянутого стержня на упоры форм или поддонов. В качестве опорных шайб рекомендуется использовать черные шайбы болтовых соединений.

4.11. Резку стержней при подготовке к высадке головок следует производить с точностью по длине ±5 мм, при этом торцы стержня должны быть перпендикулярны его оси. Допускается перекос торцовой поверхности по отношению к оси стержня не более следующих величин (рис. 7):

диаметр стержня, мм	перекос, мм
12	2
14—16	3
18—22	4
25—32	5

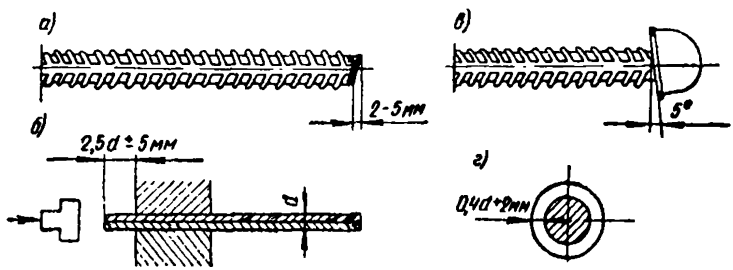


Рис. 7. Требования к качеству высаженных головок на концах стержней

а — перекос торцевой поверхности при отрезке стержней; б — длина конца стержня для высадки головки; в — перекос опорной поверхности головки; г — утолщение головки

4.12. При изготовлении высаженных головок на арматурной стали классов А-IV, Ат-IV, А-V и Ат-V рекомендуется:

расстояние между наружными гранями неподвижных контактов зажимов машин для высадки головок или наружной гранью неподвижного контактного зажима машины и упором на сгеллаже устанавливать с помощью шаблона;

укладывать стержни для высадки головок таким образом, чтобы их концы выступали за торцы неподвижных контактных зажимов или матриц на величину 2,5 d, где d — номинальный диаметр стержня;

нагревать конец стержня перед высадкой головки до температуры 950 — 1100° С — для горячекатаной арматуры классов А-IV и А-V и 850—950° С — для термически упрочненной арматуры классов Ат-IV и Ат-V.

перед высадкой головок оплавить торец стержня во избежание искривления концов стержня при высадке. Для этого высадочный электрод при включенном токе поджать к торцу стержня с небольшим усилием, которое затем плавно увеличивать;

высадку головки при сжатии стержня производить при выключенном токе или путем импульсного нагрева при максимальном усилии обжатия;

обеспечивать медленное остывание головок на стержнях горячекатаной стали классов А-IV и А-V путем складирования стержней с высаженными головками в закрытые короба и т. п. или осуществлять повторный нагрев концов стержней с головками до температуры 750—800° С;

предохранять неостывшие головки от резкого охлаждения и соприкосновения с водой;

избегать поджога в контактах машин, для чего при необходимости следует зачищать концы стержней и периодически не реже чем 3 раза в смену чистить электроды. Форму поверхности контактов следует принимать в соответствии с рекомендациями СН 393-69.

4.13. Готовые временные концевые анкеры в виде высаженных головок должны отвечать следующим требованиям:

диаметр отверстия шайб может отличаться от наружного диаметра стержня не более чем на 2 мм;

опорная поверхность шайб или втулок должна быть перпендикулярной оси стержня;

опорная поверхность высаженной головки должна быть симметрична относительно оси стержня. Ширина выступа должна быть равна 0,4 $d \pm 2$ мм.

4.14. Временные концевые анкеры в виде приваренных коротышей образуются приваркой на концах арматурных стержней коротких, длиной 5—6 d, отрезков арматуры из круглой или периодического профиля стали. Для этой цели применяют электродуговую сварку в соответствии с СН 393-69.

Для коротышей рекомендуется использовать отходы арматурной стали классов А-I, А-II и А-III, а также класса А-IV марки 20ХГ2Ц и класса А-V марки 23Х2Г2Т; могут быть использованы также стальные прутки прямоугольного или квадратного поперечного сечения.

4.15. Для равномерной передачи усилий от натяну-

тых стержней с приваренными коротышами на упоры форм или поддонов необходимо при заготовке коротышей обеспечить перпендикулярность торцов к их продольной оси, что может быть достигнуто при отрезке коротышей дисковыми пилами или резцом на токарном станке.

Перекос опорной поверхности концевого анкера в виде приваренных коротышей по отношению к оси стержня не должен превышать 0,5 мм.

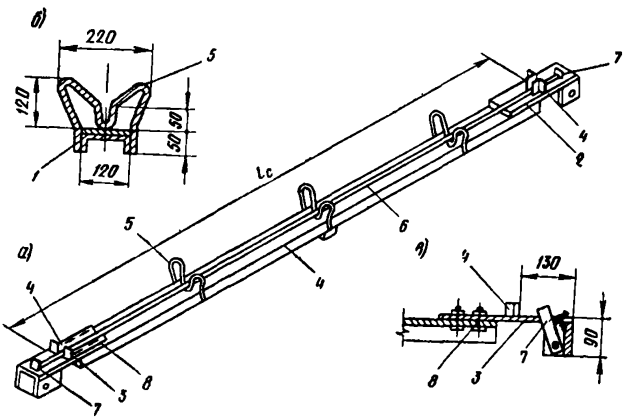


Рис. 8. Кондуктор для приварки коротышей на концах стержня
а — общий вид; *б* — поперечное сечение; *в* — деталь переставного упора; 1 — рама; 2 и 3 — неподвижное и переставное устройства, 4 — упоры; 5 — скобы, 6 — арматурный стержень; 7 — рычажные прижимы, 8 — болты

4.16. Для обеспечения правильного положения коротышей при их приварке к стержню и требуемой точности расстояния между их опорными плоскостями по длине стержня рекомендуется пользоваться специальными кондукторами (рис. 8).

В кондукторе необходимо предусмотреть устройства для фиксирования положения стержня и прижима коротышей к упорам во время приварки.

4.17. Для образования временного анкера в виде петли к концам стержней приваривается согнутая полосовая сталь марки Ст3 и Ст5.

Длина и сечение приваренных петель, а также размеры сварного шва рассчитываются на усилие, равное

браковочному минимуму прочности арматурной стали на растяжение (см. табл. 1).

4.18. Для обеспечения надежной работы временного концевого анкера в виде петли необходимо, чтобы петля имела симметричную форму относительно продольной оси стержня, соответствующую сечению штыря.

Изготовление петель может производиться различными способами: на ручном арматурно-гибочном станке, в оправке с использованием пресса и др.

Для обеспечения требуемой точности расстояния между опорными поверхностями петель по длине стержня рекомендуется приваривать их в жестком кондукторе со штырями, расстояние между внешними гранями которых устанавливается по шаблону.

4.19. Качество сварных анкеров должно соответствовать требованиям ГОСТ 10922—64, а также СН 393-69.

4.20. При натяжении арматуры электротермическим способом для обеспечения требуемого расстояния между опорными поверхностями временных концевых анкеров арматуры предельные отклонения расстояния между опорными поверхностями кондукторов и концевых анкеров на стержнях арматуры должны приниматься по табл. 7 при разнице температуры воздуха не более 20° в местах, где производится подготовка арматурных стержней и находятся формы, в упоры которых их укладывают.

При большей разнице температур должен быть произведен пересчет длины заготовки арматуры и изменены соответствующие размеры в устройствах, применяемых для образования концевых анкеров.

4.21. При заготовке стержней арматуры натягиваемых на упоры форм и стендов группами с помощью механических устройств рекомендуется обеспечивать расстояние между опорными поверхностями анкерных устройств с такими же предельными отклонениями, как при электротермическом способе натяжения (см. табл. 7).

4.22. Установка инвентарных зажимов на стержни при электротермическом натяжении должна производиться в кондукторе с жесткими ограничителями. Расстояние между наружными гранями ограничителей упоров и между опорными поверхностями анкеров необходимо контролировать по шаблону.

В случае электротермического натяжения арматуры с нагревом вне формы зажимы на арматуру устанавли-

вают до ее нагрева. Для этого в нагревательной установке предусматривают жесткие ограничители, расстояние между которыми контролируют с помощью шаблона в соответствии с данными, приведенными в табл. 7.

Таблица 7

Предельные отклонения расстояния между упорами кондукторов и неподвижных контактных зажимов для образования концевых анкеров и опорными поверхностями анкеров на концах арматуры

Расстояние между опорными поверхностями анкеров, м	Предельное отклонение расстояния (мм) между			
	упорами кондукторов и неподвижных контактных зажимов		опорными поверхностями анкеров на концах арматурных стержней	
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
5	0	—2	+2	0
6,5	0	—2	+2	0
9,5	0	—3	+3	0
13	0	—4	+4	0
16	0	—4	+4	0
19	0	—5	+5	0
25 и более	0	—5	+5	0

Примечание. Верхним предельным отклонением данной величины называется разность между наибольшим допустимым и заданным значениями, а нижним предельным отклонением—разность между наименьшим допустимым и заданным значениями.

4.23. Для обеспечения требуемой точности предварительного натяжения арматуры при работе с инвентарными зажимами НИИЖБ необходимо учитывать смещение губок зажимов относительно корпуса, величина которого приведена в табл. 8.

4.24. При механическом натяжении арматуры с одновременным нарастанием нагрузки на тяговое устройство и фиксируемый на упоре зажим смещение губок не оказывает влияния на степень натяжения. При передаче нагрузки от тягового устройства свободному зажиму, расположенному на упоре формы или стенда, либо при натяжении арматуры с перехватом следует учитывать, что смещение губок зажима может вызывать существенное изменение этой величины.

Таблица 8

Смещение губок зажимов в зависимости от вида арматуры и ее напряжения

Диаметр арматуры d, мм	Величина смещения губок зажима S, мм			
	стержневая арматура классов А-IIIв—Ат-VI		пряди и канаты	
	при $\sigma_0 \leq 0{,}4\ R_a^н$	при $\sigma_0 = 0{,}9 \cdot R_a^н$	при $\sigma_0 = 0{,}4\ R_a^н$	при $\sigma_0 = 0{,}65\ R_a^н$
10—12	2,3	3,3	3,0	3,7
14	2,6	3,8	3,3	4,2
16	3,0	4,3	3,5	4,6
18	3,3	4,8	3,7	4,9
20	3,6	5,4	4,0	5,4
22	4,0	5,8	4,2	5,8
25	4,4	6,6	4,5	6,6
28	4,9	7,4	4,9	7,4
32	5,4	8,2	5,4	8,2
36	6,0	9,0	—	—
40	6,6	9,8	—	—

Примечание. При напряжениях, отличающихся от указанных в таблице, значение S определяют линейной интерполяцией.

4.25. Для компенсации потерь из-за смещения губок зажима при натяжении арматуры с перехватом ее следует натягивать до усилия, несколько большего расчетного. Дополнительное упругое удлинение арматуры при этом должно быть равным величине смещения губок в одном зажиме.

4.26. Для компенсации потерь напряжения при электротермическом натяжении арматуры из-за проскальзывания губок в двух зажимах расстояние между опорными поверхностями зажимов, установленных на арматуру до ее нагрева, должно быть уменьшено на величину $2\ S$ (см. п. 4.23).

4.27. Контроль расстояния между наружными гранями упоров, кондукторов и неподвижных контактных зажимов установок для образования временных концевых анкеров на арматурных стержнях производится один раз в смену.

4.28. Контроль качества заготовки арматуры заключается в проверке расстояния между опорными плоско-

стями временных концевых анкеров и их прочности. Контроль расстояния между опорными поверхностями временных концевых анкеров производится выборочно каждую смену с помощью контрольного шаблона.

4.29. Контроль прочности временных концевых анкеров в виде высаженных головок, приваренных коротышей, петель и стержней с резьбой осуществляется их испытанием на разрыв.

Испытания инвентарных зажимов и опрессованных обоим производятся на выдергивание стержней из анкеров. Все испытания производятся по методике, отвечающей требованиям ГОСТ 10922—64. Прочность временного концевого анкера на отрыв или выдергивание должна быть не менее усилия, соответствующего 0,9 σ_s исходной стали (см. табл. 1).

Отклонение от этой величины допускается до значения не менее 1,2 (σ_0+P) при $R < 1{,}2\ (\sigma_0+P)$ и не менее $R_д^н$ при $R_д^н > 1{,}2\ (\sigma_0+P)$ для временных анкеров в виде высаженных головок и приваренных коротышей на стержнях термически упрочненной арматуры классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI, а также для временных концевых анкеров в виде опрессованных обойм на стержнях арматуры классов А-IIIв, А-IV и А-V, Ат-IV и Ат-VI; P — предельно допустимое отклонение величины σ_0 (см. п. 6. 4).

Заготовка проволочной, прядевой и канатной арматуры

4.30. Заготовка проволочной, прядевой и канатной арматуры включает операции размотки, отмеривания, резки, набора пакетов, устройства временных концевых анкеров или установки инвентарных зажимов, переноски и укладки арматурных элементов в формы.

4.31. Проволоку, пряди и канаты разматывать с бухт и барабанов рекомендуется на бухтодержателях и барабанодержателях, оборудованных тормозными устройствами.

4.32. Правка прядевой и канатной арматуры при ее заготовке и раскладке не допускается.

4.33. При заготовке пакетов проволоки, прядей или канатов, натягиваемых групповым способом, необходи-

мо обеспечить начальную длину арматуры с предельным отклонением $\pm 0{,}03\ \Delta l$, где Δl — величина упругого удлинения арматуры при натяжении.

4.34. Заготовку арматурных пакетов проволоки и прядей длиной до 30 м для коротких стендов и силовых форм рекомендуется производить с отмериванием в узком прямолинейном канале, в который арматура подается проталкиванием и принимает прямолинейную форму. При наборе пакетов и перед натяжением на стенде необходимо выравнивать торцы арматурных элементов.

4.35. Заготовлять пакеты проволоки и прядей длиной до 100 м для стендов рекомендуется на столах протягиванием пакета лебедкой или бесконечной цепью, с торможением для выравнивания многороликовым устройством или тормозом, установленным на бухтодержателях.

Рекомендуемые для заготовки напрягаемой арматуры линии приведены в приложении 6.

4.36. Допускается заготовка проволочной и прядевой арматуры непосредственно на формовочной площадке стенда путем ее протягивания вдоль стенда с помощью лебедки и крана.

4.37. Если при заготовке не обеспечивается длина арматурных элементов с предельными отклонениями $\pm 0{,}03\ \Delta l$, перед групповым натяжением пакета необходимо предварительно выравнивать подтяжкой арматурные элементы усилием, равным 10% величины контролируемого усилия натяжения.

4.38. Резать проволочную, прядевую и канатную арматуру при заготовке рекомендуется дисковыми пилами трения и механическими ножницами, не нарушающими конструкцию прядей. Допускается резка проволоки, прядей и арматурных канатов огневыми средствами — газокислородными, бензорезом или керосинорезом.

Резка проволоки, прядей и канатов электрической дугой не допускается.

4.39. Проволоку, пряди и канаты рекомендуется закреплять с помощью инвентарных зажимов и групповых захватов, а также анкерных устройств однократного использования. Количество арматуры, закрепляемой в одном групповом захвате, определяется тяговым

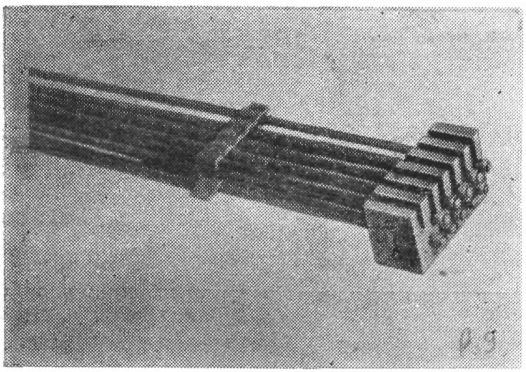


Рис. 9. Унифицированные проволочные напрягаемые арматурные элементы с прорезной колодкой

усилием оборудования, применяемого для натяжения арматуры.

4.40. Для закрепления проволочной арматуры рекомендуется применять высаженные в холодном или горячем состоянии анкерные головки, опирающиеся на инвентарные каленые втулки с зенкованными отверстиями или специальные гребенчатые пластины унифицированных напрягаемых арматурных элементов УНАЭ (рис. 9 и 10).

Таблица 9

Размеры головок, высаженных холодным способом

Диаметр проволоки d, мм	Основные размеры головок, мм	
	D	H
4	6,5—7	3—3,5
5	7,5—8	4—4,5
6	8,5—9	5—5,5

В качестве инвентарных следует также применять групповые зажимы, состоящие из стальных колодок и пробок, и клиновые зажимы для одновременного закрепления двух, трех, двенадцати и более проволок.

4.41. Холодная высадка головок на высокопрочной проволоке диаметром 4—6 мм с пределом прочности 180 кгс/мм² может осуществляться с помощью пресса типа СМЖ-155 (6873/11 м) или других аналогичных механизмов. Размеры головок на высокопрочной проволоке, высаженных холодным способом, приведены в табл. 9 и на рис. 11.

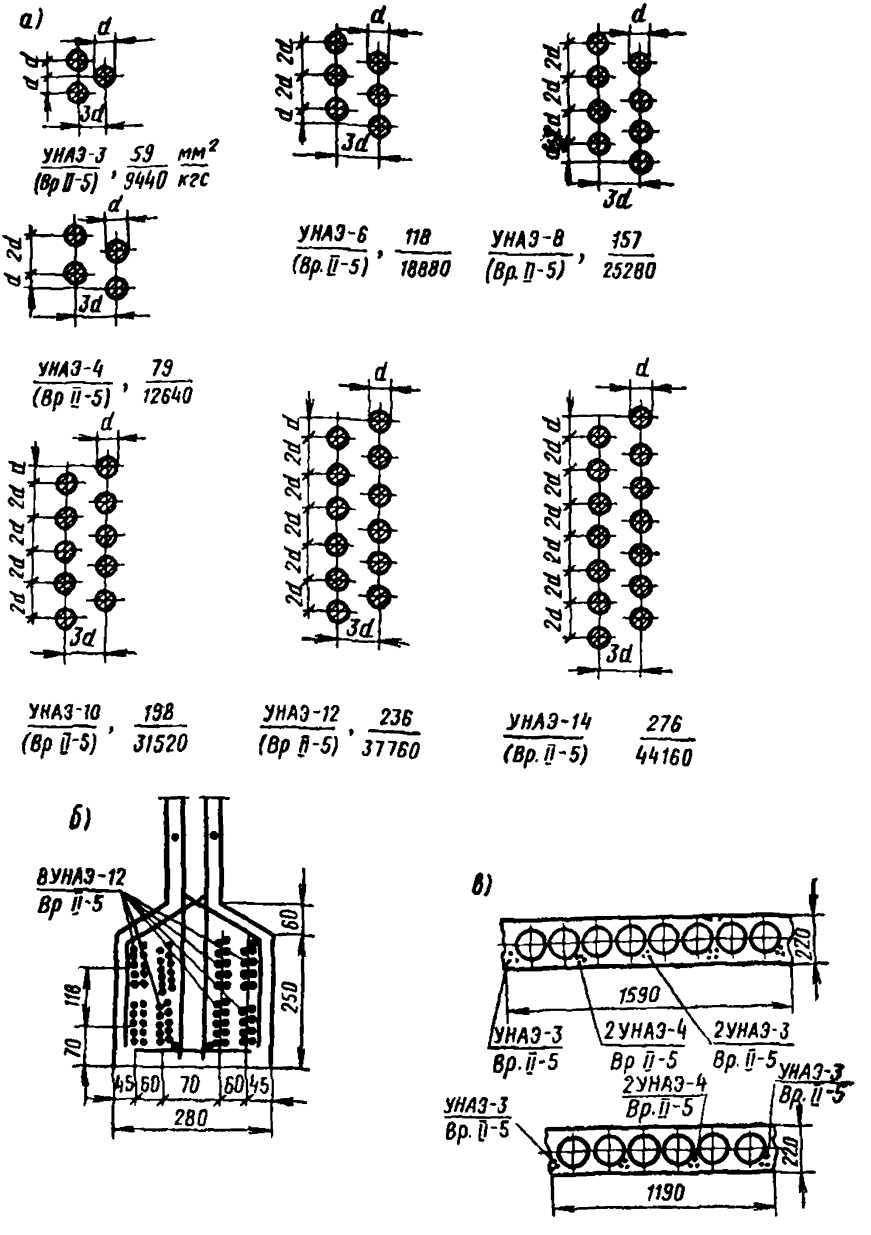


Рис. 10. Сечения и основные параметры унифицированных напрягаемых арматурных элементов (УНАЭ) и их расположение в конструкциях

а — сечения и параметры УНАЭ (под рис. — марка элемента и отношение площади поперечного сечения к разрывному усилию элемента); *б, в* — расположение УНАЭ в поперечном сечении конструкций

4.42. Горячая высадка промежуточных и концевых головок должна производиться на специальных линиях (см. приложение 6) с контролем температуры и времени нагрева проволоки. При этот потеря прочности проволоки не должна превышать 5%. Диаметр высаженной головки принимается равным 1,6—1,85 диаметра проволоки, а угол наклона поверхности головки равным 25—35° (см. рис. 11).

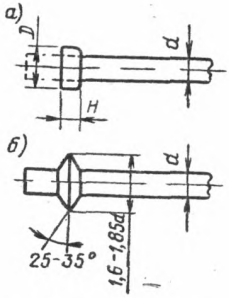


Рис. 11. Концевые (*а*) и промежуточные (*б*) высаженные головки

Допускается горячая высадка концевых головок на стыковых сварочных аппаратах типа МСР-50, МСР-75 с предварительным подогревом и оплавлением без контроля температуры и времени, но при этом прочность проволоки снижается на 10—15%.

4.43. Для закрепления прядей при натяжении рекомендуется применять инвентарные цанговые зажимы (рис. 4 и 12), двупрядные или четырехпрядные клиновые захваты (рис. 13) и анкерные плиты с клиньями, а канатов — клиновые устройства (см. приложение 7).

4.44. Для обеспечения требуемой точности натяжения арматуры при использовании инвентарных зажимов НИИЖБ необходимо учитывать смещения губок зажимов относительно корпуса (рис. 14 и табл. 8).

4.45. В качестве анкерных устройств однократного использования для прядей могут применяться опрессованные стальные гильзы.

4.46. Для обеспечения равномерности натяжения группы прядей с опрессованными гильзами расстояние между внутренними торцами гильз должно отличаться

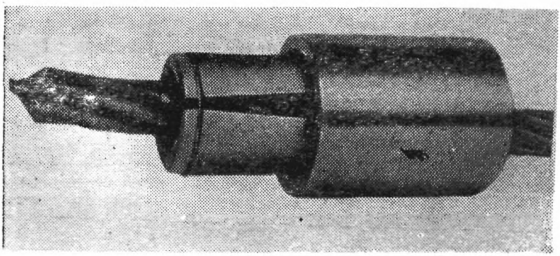


Рис. 12. Цанговый зажим для закрепления прядевой арматуры

от проектного не более ±2 мм на 10 м длины арматурного элемента, а проволоки с высаженными головками — ±1 мм при расстоянии между опорными частями головок 6 м.

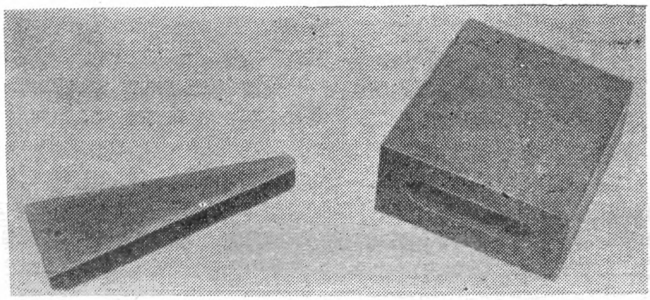


Рис. 13. Клиновые зажимы для двух прядей

4.47. Захватные устройства и зажимы должны надежно закреплять натянутую до заданного усилия арматуру, не допуская ее проскальзывания, а при применении группы зажимов с одной анкерной плитой обеспечивать равномерное натяжение арматуры.

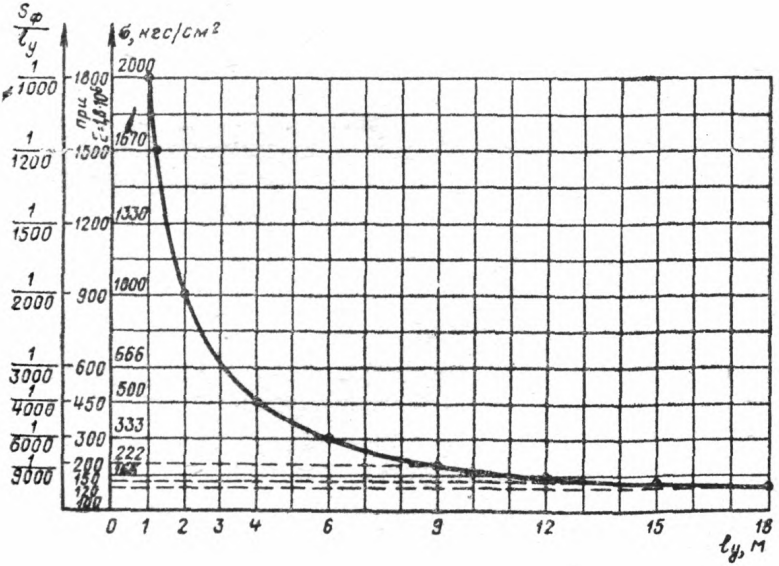


Рис. 14. Уменьшение напряжения натянутой арматуры σ на 1 мм смещения губок зажима

$S_ф$ — смещение губок зажима; $l_у$ — расстояние между упорами

4.48. Зажимы и захватные устройства необходимо располагать так, чтобы натягиваемый арматурный элемент по всей длине от зажима и в изделии не перегибался, это позволяет повысить равномерность и точность натяжения арматуры и сократить ее отходы.

4.49. Контроль прочности временных концевых анкеров в виде высаженных головок, как и для стержневой арматуры, осуществляется путем их испытания на отрыв. В случае применения инвентарных зажимов и опрессованных гильз испытания производятся на выдергивание арматурных элементов из анкеров. Все испытания проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 10922—64. Прочность временного концевого анкера на отрыв или выдергивание должны быть для всех классов проволочной, прядевой и канатной арматуры не менее усилия, соответствующего $0{,}9\,\sigma_в$ исходной стали.

4.50. Проволочную, прядевую и канатную арматуру рекомендуется, как правило, применять без стыков. В случае необходимости допускается применение стыкованной проволочной и прядевой арматуры в соответствии с рекомендациями приложения 8.

4.51. В случае обнаружения в пряди или канате обрыва проволок необходимо в месте их разрыва сделать две обвязки вязальной проволокой по 2—3 витка с таким расчетом, чтобы концы оборванной проволоки выходили за обвязку на расстояние не менее 15—20 мм. Количество оборванных проволок допускается не более одной по длине каждого арматурного элемента и не более 10% таких прядей и канатов от общего их числа в изделии.

4.52. Сборку арматурных элементов в пакеты, высадку анкеров или установку инвентарных зажимов, выравнивание арматурных элементов в пакетах рекомендуется выполнять на постах заготовки арматуры.

4.53. Транспортировку и установку арматурных пакетов в формы рекомендуется выполнять с помощью кранов. Для этой цели на анкерных плитах пакетов следует предусматривать строповочные подъемные петли.

4.54. Для обеспечения проектного расположения арматуры в изделиях между формами длинных стендов необходимо устанавливать штыревые или гребенчатые распределительные диафрагмы.

5. МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

5.1. Натяжение стержневой, проволочной и канатной арматуры механическим способом рекомендуется осуществлять:

гидравлическими домкратами;

грузовыми устройствами с системой блоков и рычагом и т. п.

5.2. Натяжение арматуры на упоры форм и стендов может осуществляться по одному арматурному элементу и одновременно нескольких элементов или всей напрягаемой арматуры изделия (группой).

5.3. Натяжение арматуры по одному элементу или группой следует осуществлять в зависимости от вида конструкций, расположения в ней напрягаемой арматуры, количества натягиваемых арматурных элементов в ней и наличия оборудования необходимой мощности.

При концентрированном расположении арматуры по сечению изделия рекомендуется применять групповое натяжение арматуры.

5.4. Если невозможно обеспечить требования п. 4.33, рекомендуется до группового натяжения предварительно подтягивать каждый стержень усилием, не превышающим 10% от проектного.

5.5. Натяжение арматуры на стендах или силовых формах рекомендуется производить в два этапа.

На первом этапе арматуру натягивают с усилием, равным 40—50% заданной величины. После этого тщательно проверяют правильность расположения напрягаемой арматуры, устанавливают закладные детали, каркасы и сетки и окончательно собирают формы. На втором этапе арматура натягивается до проектной величины усилия с перетяжкой на 10%, которое выдерживают в течение 2—5 мин, после чего усилие уменьшают до проектной величины.

5.6. Величина контролируемого напряжения должна соответствовать проекту. Требования к контролю напряжений и допускам приведены в гл. 7 (см. табл. 19).

5.7. Время натяжения арматуры определяется скоростью деформирования напрягаемой стали, которая должна быть не более 20 см и 5000 кгс/см² в минуту.

5.8. Необходимую величину усилия натяжения арматуры устанавливают в зависимости от количества

натягиваемых стержней, их диаметров, заданного в проекте предварительного напряжения и потерь натяжения, не учтенных при расчете конструкций. К таким потерям можно отнести: уменьшение напряжения арматуры при неодновременном ее натяжении на форму вследствие ее деформации; потери на трение в гидравлических домкратах и натягиваемой арматуры о элементы форм, арматурных каркасов, а также устройств для ее оттягивания.

5.9. Потери напряжений в арматуре при неодновременном ее натяжении на форму рекомендуется учитывать по формулам приложения 11.

5.10. При одновременном натяжении всей арматуры изделия потери напряжений из-за деформации форм не учитываются.

5.11. Для учета потерь натяжения арматуры из-за трения в гидравлических домкратах они до применения должны быть протарированы не реже одного раза в три месяца.

5.12. Тарирование домкратов следует производить, как правило, на испытательных машинах. При их отсутствии допускается тарировать домкраты с помощью динамометров.

5.13. Тарировать домкраты рекомендуется с тем манометром и насосной станцией, которые будут эксплуатироваться в производственных условиях;

до тарирования необходимо 3—5 раз опрессовать насосную станцию, манометр и домкрат под давлением, превышающим на 10% максимальное давление, указанное в паспорте домкрата и насосной станции. Опрессовочное давление следует выдерживать каждый раз не менее 5 мин. Допускаемое при этом падение давления должно составлять не более 2—3% опрессовочного. В случае больших величин потери давления следует тарировку приостановить, выявить их причины и устранить;

у домкрата, установленного для тарирования, поршень должен быть смещен от крайнего положения на $^1/_5$ своего хода;

поднимать давление в цилиндре домкрата рекомендуется ступенями около 0,1 от номинального наибольшего давления, указанного в паспорте домкрата;

окончательные результаты тарирования оформляют в виде таблиц и графиков как среднее арифметическое

из трех показаний следующих друг за другом одинаковых нагружений. Таблицы и графики должны содержать соотношения между величиной давления по показаниям манометра и усилиями натяжения по динамометру.

5.14. Тяговое усилие домкрата для натяжения арматуры рекомендуется определять по формуле

$$Q = \frac{knP}{\eta}, \qquad (3)$$

где k — коэффициент, учитывающий возможную технологическую перетяжку, равен 1,1.

n — количество одновременно натягиваемых стержней или групп стержней;

P — проектное усилие натяжения стержня или группы стержней;

η — коэффициент полезного действия гидродомкрата, принимаемый для расчета равным 0,94—0,96.

Ход поршня определяется по формуле

$$S = (\text{от } 0{,}07 \text{ до } 0{,}01)\, l_a, \qquad (4)$$

где l_a — длина натягиваемой арматуры между опорными поверхностями временных концевых анкеров.

5.15. Для механического натяжения арматуры могут применяться гидравлические домкраты (табл. 10), выпускаемые машиностроительными заводами.

Таблица 10

Основные характеристики гидродомкратов для натяжения арматуры

Тип	Тяговое усилие, т	Ход поршня, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
			длина	ширина	высота	
СМЖ-82 (ДГС-63-315)	63	320	1000	210	243	80
СМ-513В	60	800	3080	1670	1320	3200
СМЖ-84 (6280А)	100	125	1200	755	1320	625
СМЖ-86	2,5	55	2145	794	2700	240
2348/5	500	320	1504	1778	1862	3450

Кроме перечисленных в табл. 10 специальных гидродомкратов для натяжения арматуры могут применяться и другие гидродомкраты после их приспособления для этих целей.

5.16. Для натяжения отдельных элементов арматуры, закрепляемой с помощью инвентарных зажимов, домкраты ДГС-63-315 должны быть дооборудованы, как это показано на рис. 15.

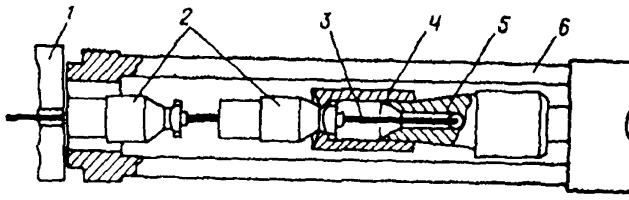


Рис. 15. Схема переоборудования гидродомкрата ДГС-63-315 для натяжения стержневой арматуры, закрепляемой инвентарными зажимами

1 — упор формы или стенда; 2 — зажимы НИИЖБ; 3 — стержень; 4 — втулка; 5 — муфта; 6 — гидродомкрат

5.17. Контроль усилия натяжения должен выполняться по показаниям оттарированных манометров гидравлических домкратов, по удлинению арматуры, а также с помощью приборов, приведенных в гл. 7 Руководства.

5.18. Рекомендуется контролировать величину усилия натяжения одновременно по показаниям манометров и проверять по величине удлинения арматуры, которое не должно отличаться от расчетного при данном усилии натяжения (см. п. 2.4) более чем на 10%. Если расхождение более 10%, необходимо выявить и устранить причины этого и лишь потом осуществлять натяжение.

5.19. При использовании гидравлических домкратов для натяжения арматуры цена деления шкалы манометра не должна превышать $\frac{1}{20}$ величины измеряемого давления. Максимальное давление, на которое рассчитан манометр, не должно превышать измеряемое давление более чем в два раза.

Выбирать манометры для гидравлических домкратов рекомендуется по табл. 11.

Таблица 11

Характеристика гидравлических манометров

Верхний предел измерения, кгс/см²	Цена деления шкалы (кгс/см²) приборов класса		
	1,0	1,5	2,5
25	0,2	0,5	0,5
40	0,5	1,0	1,0
60	0,5	1,0	1,0
100	1,0	1,0	2,0
160	2,0	5,0	5,0
250	2,0	5,0	5,0
400	5,0	10,0	10,0
600	5,0	10,0	10,0

5.20. При натяжении арматурного элемента домкрат должен быть расположен так, чтобы его ось совпадала с осью арматуры или захвата с ней. Несовпадение осей может вызвать перенапряжение стали и искажение величины натяжения, а иногда и обрыв арматуры.

5.21. Натяжение арматуры разрешается производить только в присутствии технического персонала, осуществляющего пооперационный контроль. Данные контрольной проверки заносятся в специальный журнал.

5.22. Натяжение арматуры на упоры стендов и форм рекомендуется производить групповым способом с одной стороны и одним домкратом требуемой мощности и необходимым ходом поршня. При отсутствии домкратов соответствующей мощности допускается одновременное натяжение арматуры несколькими домкратами.

5.23. При натяжении арматуры несколькими домкратами необходимо выполнять следующие требования:

применять домкраты только одного типа и с одинаковой технической характеристикой;

домкраты должны устанавливаться симметрично относительно равнодействующей усилий натяжения с отклонениями в пределах ±10 мм;

домкраты должны присоединяться к одной насосной станции, оснащенной манометром для измерения давления.

6. НАТЯЖЕНИЕ АРМАТУРЫ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Общие требования

6.1. Сущность электротермического способа натяжения арматуры заключается в том, что арматурные заготовки, нагретые электрическим током до требуемого удлинения, фиксируются в таком состоянии в жестких упорах, которые препятствуют укорочению арматуры при остывании. Благодаря этому в арматуре возникают заданные напряжения.

Нагрев арматурных заготовок производится электрическим током большой плотности. Арматурные заготовки, предназначенные для натяжения их на упоры форм, поддонов или коротких стендов, снабжаются по концам временными анкерами, расстояние между опорными плоскостями которых на заданную величину меньше расстояния между наружными гранями упоров. Удлинение заготовок при электронагреве должно обеспечивать свободную укладку их в нагретом состоянии в опоры (рис. 16).

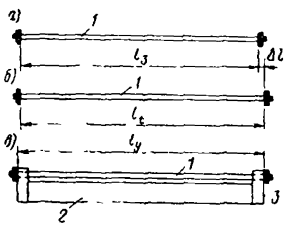


Рис. 16. Схемы последовательности электротермического натяжения арматуры
а — стержень до нагрева; *б* — нагретый стержень; *в* — стержень в упорах формы после остывания; 1 — арматурный стержень; 2 — форма; 3 — упор

6.2. Натяжение стержневой и проволочной арматуры электротермическим способом может производиться на формах, поддонах и т. п., а ее нагрев — вне или на месте натяжения. Рекомендуется осуществлять нагрев арматуры вне формы. В обоих случаях нагрев арматуры должен осуществляться с помощью специальных установок в соответствии с требованиями пп. 6.16—6.18 настоящего Руководства.

6.3. При электротермическом способе натяжения во избежание снижения условного предела текучести и

временного сопротивления напрягаемой арматуры температура нагрева не должна превышать величин, указанных в табл. 12.

Таблица 12

Рекомендуемые и максимально допустимые температуры и время электронагрева арматурной стали

Арматурная сталь		Температура нагрева, °С		Рекомендуемое время нагрева, мин
класс	марка или диаметр, мм	рекомендуемая	максимально допустимая	
A-V	23Х2Г2Т	400	500	0,5—10
A-IV	80С	400	600	0,5—10
	20ХГ2Ц	400	500	0,5—10
	20ХГСТ	400	500	0,5—10
Ат-VI	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5—10
Ат-V	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5—10
Ат-IV	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5—10
A-IIIв	35ГС, 25Г2С	350	450	0,5—10
	Ø4	—	350	0,1—0,5
Вр-II	Ø5	—	400	0,15—0,8
	Ø6	—	450	0,2—1,0

Примечания: 1. В случаях, когда используется термически упрочненная арматура, изготовляемая заводами железобетонных конструкций на установках типа ЭТУ, максимально допустимая температура электронагрева не должна превышать температуры отпуска.

2. Максимальная температура нагрева проволоки диаметром 4 мм может быть повышена до 400°С, а проволоки диаметром 5 и 6 мм до 500°С. При этом расчетное сопротивление арматуры снижается на 10%.

3. Максимальная температура нагрева термически упрочненной стали марки 20ГС2(ОСТ2) класса Ат-VI может быть повышена до 500°С. Расчетное сопротивление арматуры R_a при этом снижается и принимается равным расчетному сопротивлению стали класса Ат-V. Одновременно существенно повышаются коррозионная стойкость и долговечность этой стали.

Время нагрева в пределах 0,5—10 мин не оказывает существенного влияния на свойства как горячекатаной, так и термически упрочненной стержневой арматурной стали. Однако с целью повышения производительности труда и уменьшения расхода электроэнергии рекомендуется принимать время нагрева 1—3 мин.

Время нагрева высокопрочной проволоки влияет на механические характеристики этой стали. При длительном нагреве механические характеристики понижаются более, чем при кратковременном. Поэтому время нагрева проволочной арматуры не должно превышать величин, указанных в табл. 12.

Температура нагрева должна контролироваться по удлинению стали.

Допускается также использовать для контроля температуры термопары, термокарандаши и другие приборы, обеспечивающие измерение температуры с максимальной ошибкой не более ±20° и не препятствующие осуществлению технологических операций по нагреву и натяжению арматуры.

6.4. При натяжении стержневой арматуры классов и марок, указываемых в пп. 2.1 и 2.2 настоящего Руководства, электротермическим способом величина $\sigma_0 + P$ не должна приниматься более $R_a^н$ (где $R_a^н$ — нормативное сопротивление стали; P — допустимое предельное отклонение величины σ_0, значения которого для изделий различной длины указаны в табл. 13).

Таблица 13

Допустимые предельные отклонения предварительного напряжения от заданного

Длина изделия $l_и$, м	Верхнее и нижнее предельные отклонения $\pm P$, кгс/см², заданного предварительного напряжения арматуры σ_0
5	±1000
6,5	± 800
9,5	± 700
13	± 600
16	± 550
19	± 500
25 и более	± 450

Примечания: 1. При изготовлении нескольких изделий, расположенных в одну линию с арматурой, проходящей через все эти изделия, величина $l_и$ принимается равной суммарной длине изделий на линии.

2. При промежуточных значениях $l_и$ величина P определяется по линейной интерполяции.

При натяжении электротермическим способом арматуры из высокопрочной проволоки класса Вр-II величина $\sigma_0 + P$ не должна приниматься более 0,7 $R_a^н$.

6.5. Величины σ_0 и P необходимо указывать на рабочих чертежах изделий.

При применении проволочной арматуры на рабочих чертежах изделий должна быть указана также учтенная в расчете максимальная температура нагрева этой арматуры при натяжении.

6.6. При расчете предварительно напряженных железобетонных конструкций, арматура которых натягивается на упоры электротермическим способом, не учитываются потери предварительного напряжения от деформации концевых анкеров и форм, так как они учтены при определении длины арматурной заготовки и величины полного удлинения арматуры (см. пп. 6.9 и 6.12 настоящего Руководства).

6.7. При проектировании предварительно напряженных железобетонных конструкций, армированных стержневой, проволочной и прядевой арматурой, и при их расчете на воздействие внешних нагрузок или предварительного обжатия отклонение предварительного напряжения арматуры от заданного учитывается только величиной коэффициента точности натяжения $m_т$.

Если при расчете конструкций неблагоприятным фактором является снижение предварительного напряжения арматуры по сравнению с заданной величиной σ_0 (расчет жесткости, трещиностойкости и ширины раскрытия трещин зоны, в которой расположена данная напряженная арматура, и т. д.), то значение $m_т$ вычисляется по формуле

$$m_т = 1 - 0{,}5\frac{P}{\sigma_0}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right), \qquad (5)$$

где $m_т$ не более 0,9;

n — количество стержней арматуры в элементе конструкции (в ребре плит, в поясе фермы и т. п.).

Если неблагоприятным фактором является превышение предварительного напряжения арматуры по сравнению с заданной величиной (расчет прочности при действии сил обжатия зоны сечения, в которой расположена данная напряженная арматура, расчет трещиностойкости противоположной по высоте сечения зоны и т. п.), то значение вычисляется по формуле

$$m_т = 1 + 0{,}5\frac{P}{\sigma_0}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right), \qquad (6)$$

$m_т$ не менее 1,1. При вычислении $m_т$ принимается верхнее предельное отклонение P.

6.8. Величина предварительного напряжения при электротермическом способе натяжения достигается путем обеспечения заданного удлинения арматуры Δl_0, величина которого определяется по формуле:

$$\Delta l_0 = \left(\frac{K\sigma_0 + P}{E_{нач}}\right) l_у, \qquad (7)$$

где $E_{нач}$ — начальный модуль упругости (см. табл. 1 и 2), кгс/мм²;

$l_у$ — расстояние между наружными гранями упоров на форме, поддоне или стенде, мм;

K — коэффициент, учитывающий упругопластические свойства стали и определяемый согласно данным табл. 14;

P — предельно допустимое отклонение величины предварительного напряжения арматуры от заданного, принимается по табл. 13, кгс/мм².

Таблица 14

Значения коэффициента K

σ_0, кгс/мм²	K для арматуры класса				
	A-IV марки		A-V и Ат-V	Ат-VI	Вр-II ∅ 5 мм
	80С	20ХГ2Ц, 20ХГСТ			
30	1	1	1	1	1
40	1	1,05	1	1	1
50	1,05	1,1	1,05	1	1
60	1,15	1,2	1,05	1,05	1
70	—	—	1,1	1,05	1
80	—	—	1,15	1,1	1,05
90	—	—	—	1,2	1,10

Примечания: 1. Значения коэффициента K для стали классов Ат-IV и А-IIIв допускается принимать теми же, что и для арматуры класса А-IV марок 20ХГ2Ц и 20ХГСТ.

2. Промежуточные значения K определяются по линейной интерполяции.

6.9. Величина полного удлинения арматуры при ее электронагреве определяется по формуле

$$\Delta l_п = \Delta l_0 + \Delta l_с + \Delta l_ф + \Delta l_н + C_t , \qquad (8)$$

где $\Delta l_с$ — величина смещения губок инвентарных зажимов относительно корпуса, деформации шайб под высаженными головками, смятие высаженных головок, опрессованных шайб, упоров и т. п., мм;

$\Delta l_ф$ — продольная деформация формы, поддона или стенда, мм;

C_t — дополнительное удлинение, обеспечивающее свободную укладку арматурного стержня в упоры с учетом остывания при переносе, принимаемое не менее 0,5 мм на 1 м длины стержня арматуры, мм;

$\Delta l_н$ — остаточная деформация, возникающая вследствие нагрева высокопрочной проволоки, определяемая по формуле

$$\Delta l_н = 5 \cdot 10^{-6} (t_р - 300)\, l_у, \qquad (9)$$

где $l_у$ — расстояние между наружными гранями упоров на формах, поддонах и инвентарных стендах, мм;

$t_р$ — заданная температура нагрева, °С.

При $t_р$, равной или меньшей 300°С, $\Delta l_н = 0$. Для стержневой арматуры всех классов и марок, указанных в п. 2.2 настоящего Руководства, $\Delta l_н = 0$.

Значения величин $\Delta l_с$, $\Delta l_ф$, C_t определяются в каждом отдельном случае опытным путем исходя из конкретных условий производства.

Допускается при предварительных расчетах принимать величину $\Delta l_с$ для изделий длиной примерно 6 м суммарно на оба анкера как

$$\Delta l_с = 2m\sigma_0, \qquad (10)$$

где $m = 0{,}02$ мм³/кг для анкеров типа «обжатая обойма»;

$m = 0{,}03$ мм³/кг для анкеров типа «высаженная головка».

При применении временных концевых анкеров для стержневой арматуры в виде инвентарных зажимов НИИЖБ значение $\Delta l_с$ допускается определять в соответствии с данными табл. 8 по формуле

$$\Delta l_с = 2S,$$

где S — смещение губок зажима относительно его корпуса, мм.

Сближение упоров формы $\Delta l_ф$ на уровне центра тяжести напрягаемой арматуры после натяжения всей арматуры должно указываться в рабочих чертежах формы и проверяться опытным путем при натяжении арматуры.

Для предварительных расчетов при длине изделий 6—12 м величину $\Delta l_ф$ допускается принимать:

1—3 мм — для форм с жесткими упорами;

3—4 мм — для форм с поворотными упорами.

6.10. Для обеспечения свободной укладки напрягаемой стержневой и проволочной арматуры в упоры форм, поддонов или стендов величина полного удлинения арматуры $\Delta l_п$ должна приниматься равной или меньшей, чем удлинение арматуры в результате нагре-

ва ее до заданной температуры Δl_t, которое вычисляется по формуле:

$$\Delta l_t = (t_р - t_0)\, l_к\, \alpha, \qquad (11)$$

где $t_р$ — заданная температура нагрева, которую следует, как правило, принимать равной рекомендуемой температуре нагрева (табл. 12), °С;

t_0 — температура окружающей среды, °С;

$l_к$ — расстояние между токопроводящими контактами (длина нагреваемого участка арматуры), мм;

α — коэффициент линейного расширения стали (табл. 15).

Таблица 15

Коэффициенты линейного расширения стержневой и проволочной арматуры

Температурный интервал, °С	Коэффициенты линейного расширения $\alpha\ 10^6$, °С арматуры		
	горячекатаной классов А-IV, А-V и А-IIIв	термически упрочненной кл. Ат-IV, Ат-V и Ат-VI	высокопрочной проволоки класса Вр-II
20—300	13,2	12,5	13
20—350	13,5	13,0	13,4
20—400	13,8	13,5	13,8
20—450	14,2	14,0	14,1
20—500	14,5	—	14,5

Величина температуры, требуемая для нагрева и натяжения арматуры до заданного напряжения, может быть определена по формуле

$$t_р \geqslant \frac{\Delta l_п}{\alpha l_к} + t_0 \qquad (12)$$

Определение длины арматурной заготовки

6.11. Требуемая длина отрезаемого стержня арматурной стали определяется

$$l_0 = l_з + 2a,$$

где $l_з$ — длина арматурной заготовки, равная расстоянию между опорными поверхностями временных концевых анкеров, мм;

a — длина конца стержня, используемая для установки или образования временного концевого анкера, мм.

Для «обжатых шайб» $a \geqslant H+5$ мм, где H — высота шайбы после опрессовки. Для высаженных головок $a=2{,}5\ d+5$ мм, где d — диаметр арматуры.

Для приваренных коротышей и петель a определяется длиной коротышей или размерами петли.

6.12. Длина арматурной заготовки определяется по формуле

$$l_з = l_у - \Delta l_с - \Delta l_ф - \Delta l_к - \Delta l_0, \qquad (13)$$

где значения $\Delta l_с$, $\Delta l_ф$, Δl_0, $\Delta l_к$ и $l_у$ принимаются согласно пп. 6.8 и 6.9 настоящего Руководства.

6.13. Для обеспечения требуемой точности предварительного напряжения арматуры необходимо, чтобы предельные отклонения фактического удлинения натянутой арматуры от расчетного не превышали значений, приведенных в табл. 16.

Таблица 16

Допустимые предельные отклонения фактического удлинения натянутой арматуры от расчетного (Д)

Расстояние между упорами $l_у$, м	Предельное отклонение величины Δl_0, мм	
	верхнее	нижнее
5	0	— 4
6,5	0	— 4
9,5	0	— 6
13	0	— 7
16	0	— 8
19	0	— 9
25 и более	0	—10

Примечание. При промежуточных значениях $l_у$ величина нижнего предельного отклонения определяется по линейной интерполяции.

Эти отклонения могут быть выдержаны, если установка упоров на формах, поддонах или стендах, а также установка или образование на концах арматурных заготовок временных концевых анкеров осуществляется с применением жестких шаблонов.

6.14. Нижнее предельное отклонение фактического удлинения натянутой арматуры от расчетного равно допуску $Д$ *, который равен

$$Д = \partial_у + \partial_з, \qquad (14)$$

где $\partial_у$ — допуск, равный нижнему предельному отклонению $l_у$, поскольку упоры устанавливаются по охватывающим шаблонам;

$\partial_з$ — допуск, равный верхнему предельному отклонению $l_з$, поскольку установка или образование временных концевых анкеров на арматуре производится по охватываемым шаблонам или кондукторам. Каждый из этих допусков уменьшает величину Δl_0.

Рекомендуется принимать $\partial_у \approx \partial_з$. При соответствующем обосновании разрешается принимать соотношение между $\partial_у$ и $\partial_з$, отличное от указанного выше, при условии, что сумма их абсолютных величин не должна превышать значений, указанных в табл. 16.

6.15. В начальный период освоения производства данного изделия по принятой величине Δl_0 производят подготовку и натяжение серии стержней с проверкой величины предварительного напряжения в них после остывания.

Измерения предварительных напряжений рекомендуется производить на нескольких формах на возможно большем числе стержней или прутков проволоки каждой формы.

По результатам измерений корректируют величину $Д$ таким образом, чтобы фактические величины предварительных напряжений не выходили за пределы отклонений, указанных в табл. 13 настоящего Руководства.

В дальнейшем систематический заводской контроль величины натяжения арматуры заключается в проверке соблюдения окончательно принятых размеров $l_у$, $l_з$, $\Delta l_ф$, $\Delta l_с$ и выборочном непосредственном контроле величины предварительного напряжения.

Измерение предварительного напряжения арматуры производят методами и средствами, указанными в гл. 7 настоящего Руководства.

---

* Допуском данной величины называется разность между ее наибольшим и наименьшим допустимыми значениями.

Нагрев и натяжение арматуры

6.16. Нагрев заготовок арматуры производится на специальных установках с целью увеличения их длины на заданную величину, которая позволяет уложить их свободно в упоры форм, поддонов или стендов.

6.17. Установки для нагрева стержневой арматуры рассчитываются в зависимости от размеров стержней (диаметра и длины) и вида стали на одновременный нагрев одного или нескольких стержней. При производстве изделий длиной около 6 м с напрягаемой арматурой диаметром 10—16 мм, как правило, следует нагревать одновременно все стержни изделия.

Для изделий длиной 12 м и более с напрягаемой арматурой диаметром свыше 16 мм обычно нагревают 1 или 2 стержня.

6.18. Установки для нагрева стержневой арматуры приведены на рис. 17, 18, 19 и 20 и в приложении 12. Они располагаются, как правило, вне формы или поддона и состоят из двух контактных опор, одной или нескольких промежуточных опор для предохранения арматуры от провисания и преобразователей тока. Одна из контактных опор должна быть подвижной и обеспечивать свободное удлинение нагреваемых стержней без перемещения их в контактах. Контроль теплового удлинения должен осуществляться с погрешностью не более ± 1 мм.

Нагрев заготовок высокопрочной проволоки рекомендуется производить вблизи с формами, над формами или непосредственно в формах. Это позволяет сократить время от нагрева до укладки нагретой заготовки в упоры.

6.19. Нагревательные установки должны обеспечивать плотность прижима токопроводящих контактов к арматуре. Усилие прижима на один контакт должно составлять не менее 100 кг для стали диаметром 10—14 мм, не менее 200 кг для стержней больших диаметров и не менее 20 кг для проволоки диаметром 8 мм. Недостаточно плотный прижим контакта к арматуре может привести к местному перегреву, вредно отражающемуся на ее прочности.

Плотность прижима контакта к арматуре должна обеспечиваться принудительно пневматическими или электромагнитными устройствами, эксцентриками или грузами.

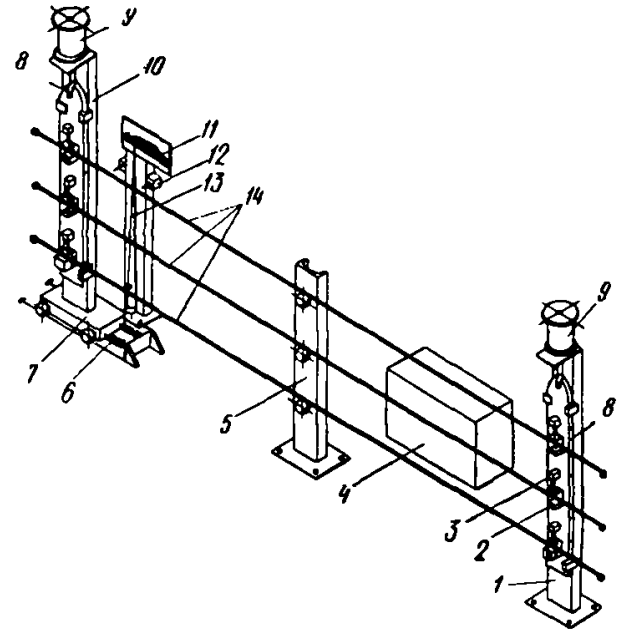
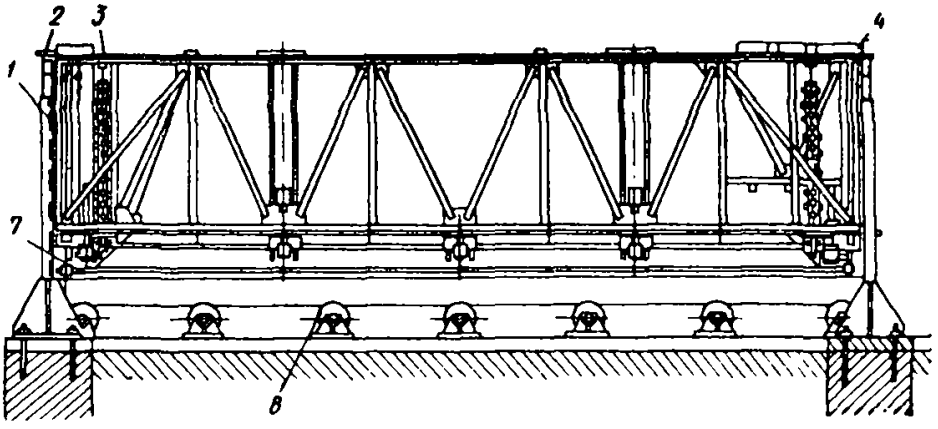


Рис. 17. Установка для контактного электронагрева стержней длиной до 6,5 м

1 — неподвижная опора; 2 — токоподводящие губки; 3 — прижимные губки; 4 — шкаф; 5 — промежуточная опора; 6 — пружины; 7 — тележка; 8 — шланги; 9 — пневмоцилиндры; 10 — подвижная опора; 11 — шкала; 12 — конечный выключатель; 13 — стрелка; 14 — стержни арматуры



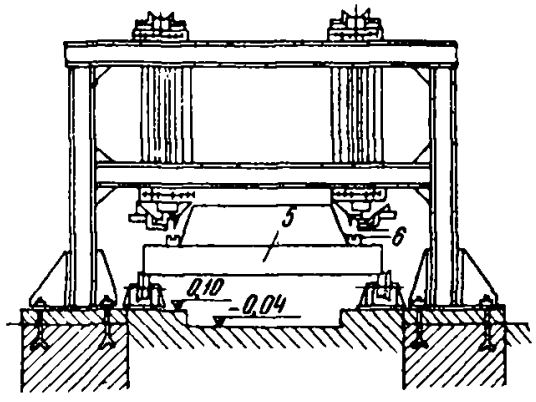


Рис. 18. Агрегат для автоматического натрева и укладки арматуры

1 — стойки; 2 — ограничитель; 3 — кассета; 4 — упор кассеты; 5 — поддон; 6 — упор формы; 7 — контактные губки; 8 — рольганг

Контакты должны быть раздвижными и состоять из токопроводящей и прижимной губок.

Ширина губок принимается в зависимости от конструкции нагревательной установки, но не менее двух

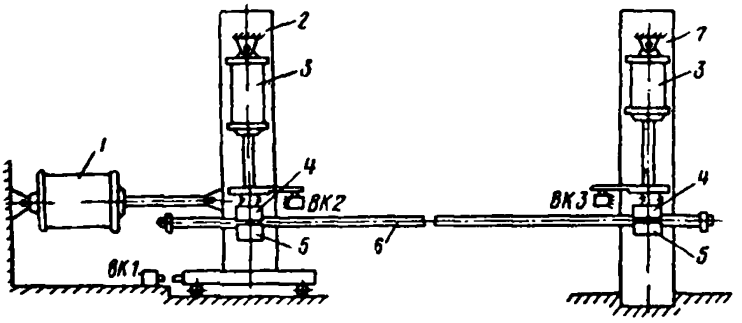


Рис. 19. Схема автоматической установки для нагрева стержней с оттяжкой подвижной опоры

1 — пневмоцилиндр; 2 — подвижная опора; 3 — пневмоцилиндры губок; 4 — верхние губки; 5 — нижние губки; 6 — стержень; 7 — неподвижная опора

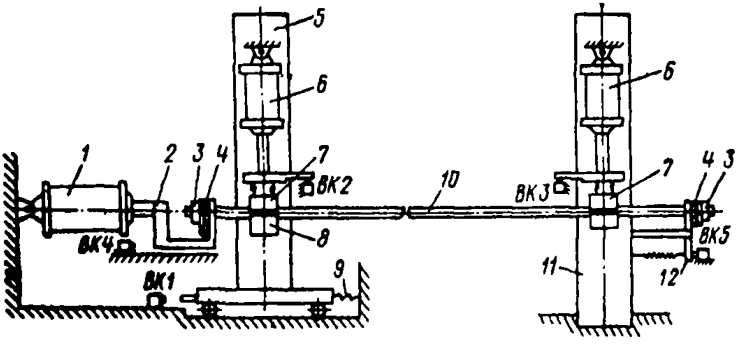


Рис. 20. Схема установки для нагрева стержней электрическим током с оттяжкой за анкер

1 — пневмоцилиндр; 2 — вилка; 3 — пластина; 4 — изолирующая прокладка; 5 — подвижная опора; 6 — пневмоцилиндр губок; 7 — верхние губки; 8 — нижние губки; 9 — пружина; 10 — стержень арматуры; 11 — неподвижная опора, 12 — качающийся упор

диаметров нагреваемого стержня и пяти диаметров нагреваемой проволоки. Применение контактов без принудительного прижима нагреваемых стержней не допускается.

6.20. Во избежание перегрева арматуры контроль температуры и ее ограничение является обязательным. Контроль и ограничение температуры нагрева армату-

ры рекомендуется осуществлять по ее удлинению. Не допускается одновременный нагрев нескольких стержней разного диаметра при последовательной схеме их включения.

6.21. Нагрев стержней арматуры рекомендуется осуществлять на возможно большем участке так, чтобы место защемления арматуры в токопроводящих контактах находилось по возможности вне габаритов изделий.

Рекомендуется также в тех случаях, где это возможно, осуществлять токоподвод через торцовые плоскости анкеров. Это исключает возможность поджога стержней и позволяет нагревать стержни арматуры по всей их длине.

При использовании горячекатаной арматуры классов А-IV, А-V и термически упрочненной стали классов Ат-IV, Ат-V в таких изделиях, как пустотные панели, плиты покрытий пролетом 6 м, а также опоры ЛЭП и т. д. допускается при нагреве арматуры оставлять ненагретые концы такой длины, чтобы места защемления стержней в токопроводящих контактах нагревательной установки находились внутри изделия на расстоянии не более чем 30 см от его торцов.

Повторный нагрев стержней арматуры не рекомендуется, но в случае необходимости может быть допущен только после полного ее остывания и до температуры, не превышающей рекомендуемую (табл. 12).

6.22. Нагрев термически упрочненной арматуры класса Ат-VI допускается производить на установках по одному или несколько стержней одного диаметра одновременно при условии обязательного контроля величины удлинения каждого стержня в отдельности. Для этого рекомендуется оснастить установки механизмами принудительной подтяжки каждого стержня или подвижной контактной группы пневмоцилиндром, грузом, пружиной и т. п. (рис. 19 и 20) для повышения точности контроля удлинения в процессе нагрева (см. приложение 12).

6.23. Для выбора типов, количества и схемы соединения преобразователей тока для электронагрева арматуры необходимо определить требуемую силу тока, напряжение и мощность (см. приложение 13).

Количество и схему соединения трансформаторов следует подбирать из условия обеспечения требуемой

силы тока и напряжения. Мощность, получаемая по расчету, должна быть всегда меньше полезной номинальной мощности трансформаторов.

6.24. Для нагрева арматуры рекомендуется применять сварочные трансформаторы и трансформаторы для электронагрева бетона (см. табл. 44 в приложении 13). Сварочные трансформаторы могут применяться как по одному, так и по два при параллельном или последовательном соединении в зависимости от требуемых силы тока и напряжения.

7. КОНТРОЛЬ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

7.1. Контролю силы натяжения подлежит натягиваемая арматура при освоении новых изделий и видов арматуры, технологии и оборудования, а также при текущей работе.

7.2. Контроль натяжения производится по показаниям предварительно оттарированного манометра, по удлинению арматуры и специальными измерительными приборами.

7.3. При натяжении арматуры гидродомкратами величину удлинения устанавливают по миллиметровой шкале мерной рейки в соответствии с рекомендациями п. 2.4 настоящего Руководства.

7.4. Контроль точности натяжения арматуры при электротермическом способе заключается в систематической проверке размеров $l_у$, $l_з$, Δl и непосредственно предварительного напряжения измерительными приборами (табл. 17). Методика контроля $l_у$, $l_з$, Δl приведена в гл. 6 настоящего Руководства. Контроль измерительными приборами усилий в арматуре, натянутой электротермическим способом, следует производить после ее полного остывания. Форма записи усилий приведена в приложении 16 (формы № 2 и 3).

7.5. Усилия или напряжения в натянутых стержнях измеряют при помощи приборов, работающих на принципах замера усилий оттягивания напряженного арматурного элемента или частот собственных колебаний. Для контроля натяжения арматуры рекомендуются приборы типа ПРД-У (рис. 21), ПИН (рис. 22), ИПН-6

Таблица 17

Технические характеристики приборов для контроля натяжения арматурных элементов

Прибор			Арматура						Погрешность, ± %	Организация, разработавшая прибор	Изготовитель	Примечание
тип	марка	длина базы, мм	класс	диаметр, мм	длина, м		сила натяжения, тс					
					мин.	макс.	мин.	макс.				
Пружинный с собственной базой **	ПРД-У	300	Вр-II, В-II	3,4	0,4	Без ограничения	0,2	1,6	3	ВНИИЖелезобетон, Москва	Опытный завод ВНИИЖелезобетона	Съемная собственная база
Пружинный без собственной базы с упругим элементом и тензорезисторами**	ПРД-У	Без базы	П-7, А-IIIв, А-IV, А-V Ат-IV, Ат-V	10—36	3	24	1	45	3	То же	То же	Отсчет по индикатору часового типа
	эмин	600	Вр-II, П-7	5 6 7,5 9 12 15	0,65	Без ограничения	0,2 1,8 2 4 6 9	2,2 3,2 4,5 7 11 17	3	НИИпромстрой, Уфа	Экспериментальные мастерские НИИПромстроя	Отсчет по вращающемуся лимбу
	ПИН***	600	Вр-II, В-II, П-7, А-IIIв А-IV, А-V, Ат-IV, Ат-V	3—18	0,65	То же	0,2	20	2,5	НИИЖБ, Москва	ЗОКиО Госстроя СССР	Отсчет по реохорду с широкой шкалой

Частотный**	ИНА	Без базы	Вр-II, В-II, П-7 А-IIIв, А-IV	3—20	0,8	16*	0,2	20	3	КИСИ, Казань	Экспериментальные мастерские КИСИ	Отсчет по микроамперметру
	ИПН***	То же	То же	3—22	3	22*	0,2	25	2,5	КуйбышевНИИкерамзит, г. Куйбышев	Завод „Электроточприбор г. Кишинев	Дискретный отсчет по счетчику
Пружинные с собственной базой**	ДП-6	300	Вр-II, В-II	3—5	0,4	Без ограничения	0,2	2,4	4	ЦНИИС, Москва	Экспериментальный завод	Отсчет по индикатору часового типа
	ДИС-1	500	В-II	5	0,55	То же	0,2	2,4	3	МИИТ, Москва	Экспериментальные мастерские МИИТ	То же
	ДН-1-15	600	Вр-II, П-7, А-IV, А-IIIв	4—12 10; 12	0,55	„	0,2 2	10 8	3	ЛИИЖТ, Ленинград	Экспериментальные мастерские ЛИИЖТ	
	ДН-5-35	600	П-7, А-IV, А-IIIв	15 14	0,65	„	5 3	17 10	3	То же	То же	

* Рекомендуемый диапазон длин в зависимости от вида и диаметра арматуры приведен в табл. 18.
** Допускаются для контроля натяжения арматурных элементов.
*** Рекомендуются для контроля натяжения арматурных элементов.

и ИПН-7 (рис. 23), основные технические данные которых приведены в табл. 17 и 18. Допускаются также к применению приборы типа ЭМИН-3 и ИНА-5п.

7.6. Выбор оптимального прибора зависит от его технических и эксплуатационных характеристик, а также факторов, определяющих тип и технологию изготовления конструкции. Примеры выбора оптимального прибора в зависимости от технологических условий приведены в приложении 16.

7.7. Для контроля измерительным прибором силы натяжения выбирается участок напряженной арматуры такой длины, чтобы в этих пределах он не касался рядом расположенной преднапряженной арматуры, каркасов, стенок форм, закладных элементов, распределительных диафрагм или каких-либо других устройств. При контроле приборами с собственной базой эта длина должна превысить базу не менее чем на 20 см. При контроле измерительными приборами без собственной базы длина контролируемой арматуры должна соответствовать длине арматуры, при которой тарировался данный прибор. При этом приборы без собственной базы должны быть установлены в середине арматуры между упорами.

7.8. При наличии на стержнях стыков и контроле натяжения арматуры приборами с собственной базой необходимо установить прибор таким образом, чтобы стыки не попадали в контролируемый участок арматуры. При контроле натяжения приборами без собственной базы их следует устанавливать на расстоянии не менее одного метра со стыка.

7.9. Не рекомендуется производить сварочные работы, работы с вибраторами или другими источниками помех, близко расположенных к месту, где производится контроль натяжения арматуры приборами типа ЭМИН, ПИН, ИПН, ИНА и аналогичными им.

7.10. Величину силы натяжения определяют по показаниям измерительного прибора, пользуясь тарировочной характеристикой (тарировочной таблицей). Полученные данные заносятся в журнал, который хранится в ОТК.

Методика проведения тарировки измерительных приборов приведена в приложении 15.

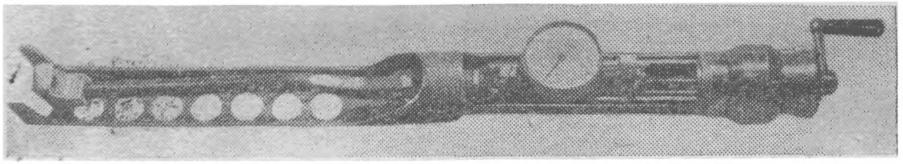


Рис. 21. Пружинный динамометр типа ПРД-У (без базы)

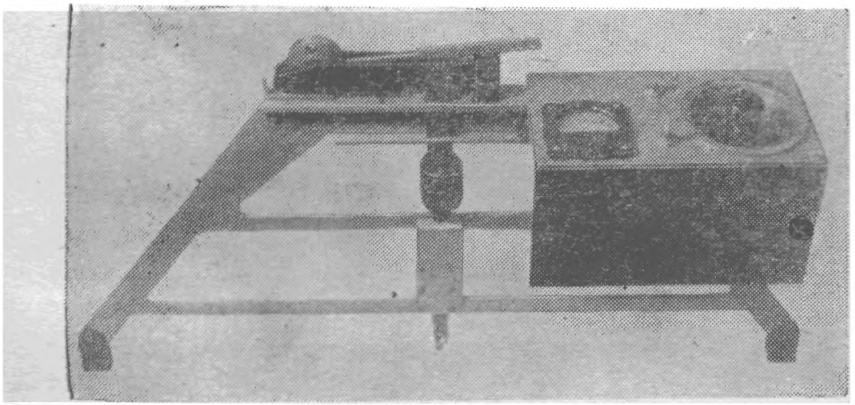


Рис. 22. Электронно-механический измеритель натяжения арматуры типа ПИН

Таблица 18

Рекомендуемый диапазон длин при контроле силы натяжения арматуры приборами частотного типа

Вид, класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	Длина арматуры, мм	
		ИНА	ИПН
Вр-II, В-II	3	0,8—15	7,0—16
	4	1,0—15	6,0—18
	5	1,5—16	4,0—18
	6	2,0—16	4,0—18
	8	2,0—16	4,0—22
П-7	4,5	1,5—14	6,0—14
	6	3,0—12	5,0—15
	9	3,0—12	4,0—15
	12	3,0—12	5,0—15
	15	3,0—15	5,0—15
А-IIIв, А-IV	10	1,5—12	3,0—13
	12	1,5—12	3,0—15
	14	1,5—12	3,5—15
	16	1,5—12	3,5—20
	18	1,5—12	3,5—20
	20	2,0—12	4,0—20
	22	—	4,0—20

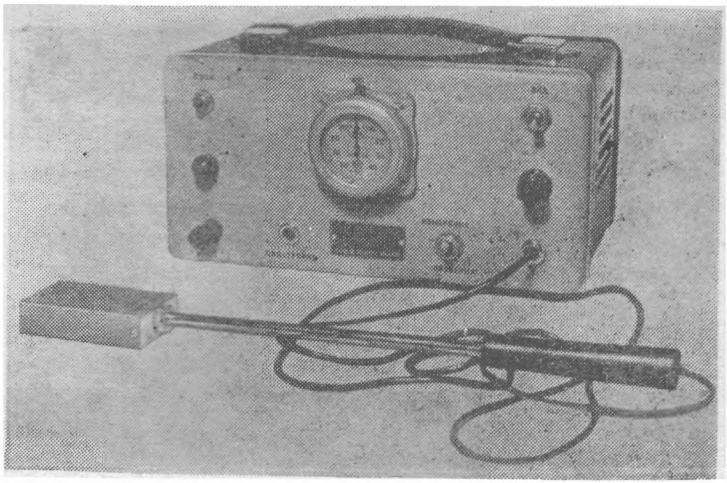


Рис. 23. Измеритель натяжения арматуры типа ИПН-6

Таблица 19

Допускаемые предельные отклонения контролируемого предварительного напряжения от предусмотренного в проекте

Класс точности	Преднапряженные конструкции, отнесенные к соответствующему классу точности	Отрицательные отклонения, %	Положительные отклонения, %
I	Все конструкции I категории трещиностойкости. Стропильные и подстропильные балки и фермы с прядевой и проволочной преднапряженной арматурой. Ребристые плиты покрытия длиной 12 м и более с прядевой и проволочной преднапряженной арматурой	—5	+10
II	Ребристые плиты покрытия и перекрытия со стержневой арматурой. Стропильные и подстропильные балки и фермы, ригели, прогоны со стержневой арматурой Пустотные и сплошные плоские плиты перекрытия с прядевой и проволочной арматурой	—10	+10

Примечание. В пустотных и сплошных плоских плитах перекрытий и покрытий со стержневой арматурой при специальном обосновании допускаемые отклонения могут составлять ± 15%.

7.11. Отклонение средних напряжений в арматуре изделия от заданного в проекте не должно превышать допусков, указанных в табл. 19.

При напряжении арматуры электротермическим способом предельные отклонения предварительного напряжения в отдельных прутках арматуры от заданного не должны превышать также величин, указанных в табл. 13 настоящего Руководства.

8. БЕТОНЫ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

8.1. Для предварительно напряженных железобетонных конструкций применяются плотные бетоны на цементном вяжущем и плотных или пористых заполнителях.

8.2. Бетоны для предварительно напряженных конструкций должны обладать:

высокой прочностью и плотностью;

большой скоростью твердения в начальный период (что, как правило, обеспечивается термовлажностной обработкой);

относительно малой неупругой деформируемостью (ползучестью) во времени в результате передачи напряжения арматуры на бетон.

Прочность бетона при передаче усилия обжатия на конструкцию должна составлять, как правило, не менее 70% проектной, а в 28-дневном возрасте соответствовать проектной. Если по прочности бетона к конструкции предъявляются особые требования, то они указываются в проекте и должны по нему выполняться.

Как прочность, так и скорость ее нарастания обеспечиваются, помимо тепловлажностной обработки, правильным выбором цемента, заполнителей и величины водоцементного отношения.

В конструкциях, предназначенных для эксплуатации в условиях агрессивной среды, следует предусматривать необходимые конструктивные и технологические средства антикоррозионной защиты бетона в соответствии с требованиями главы СНиП II-28-73.

8.3. Для бетона предварительно напряженных конструкций рекомендуется применять портландцемент и шлакопортландцемент марок 400 и выше, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 10178—62 «Портландцемент,

шлакопортландцемент, пуццолановый цемент и их разновидности».

Допускается применение пуццолановых портландцементов после опытной проверки и технико-экономического обоснования.

8.4. Марка цемента, как правило, должна превышать марку бетона[1] в 1,2 — 1,5 раза. Для бетона марок 500 и 600 допускается марка портландцемента, равная марке бетона.

8.5. Не рекомендуется применять:

магнезиальный портландцемент (вследствие его низкой активности и неопределенного поведения при тепловой обработке);

пластифицированный и гидрофобный портландцементы (вследствие замедленного твердения их в начальные сроки);

бесклинкерные цементы, как медленно твердеющие.

8.6. При выборе типа цемента кроме его марки следует выбирать целесообразную нормальную густоту цементного теста; чем она ниже, тем при меньшем расходе цемента обеспечивается требуемая удобоукладываемость бетонной смеси.

Цемент с нормальной густотой более 27% при изготовлении преднапряженных конструкций применять не рекомендуется.

8.7. Заполнители для предварительно напряженных конструкций из тяжелого бетона должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10268—70 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования».

Для преднапряженных конструкций из тяжелого бетона применение заполнителей с водопоглощением их за 0,5 ч более 5% не допускается.

Примечание. При использовании плотных заполнителей с водопоглощением от 1 до 5% оно должно учитываться при расчете количества воды в бетонной смеси.

При проверке качества плотных заполнителей следует руководствоваться ГОСТ 8269—64 «Щебень из естественного камня, гравия и щебень для строительных работ. Методы испытания» и ГОСТ 8735—65 «Песок для строительных работ. Методы испытания».

---

[1] Здесь и в дальнейшем «маркой бетона» называется сокращенное наименование проектной марки бетона по прочности на сжатие (кубиковой прочности).

8.8. Для бетонов на пористых заполнителях применяются искусственные и естественные крупные заполнители, удовлетворяющие требованиям и испытывающиеся в соответствии с «Рекомендациями по выбору крупных пористых заполнителей для конструктивных легких бетонов марок 150—500» (М., Стройиздат, 1972).

8.9. Для бетонов на пористых заполнителях, как и для тяжелых бетонов, максимальная крупность зерен должна быть не более $^1/_3$ размера наименьшей толщины конструкции и $^2/_3$ расстояния между арматурой.

8.10. В качестве мелкого заполнителя для бетонов на пористых заполнителях используются, как правило, природные плотные пески по ГОСТ 10268—70, а также искусственные пористые пески, удовлетворяющие СНиП I-В.1-62, ГОСТ 9760—61, РСТ АрмССР 83—70, и смесь пористых и плотных песков.

8.11. С целью уменьшения расхода цемента, сокращения режимов тепловой обработки, повышения прочности, плотности и водонепроницаемости затвердевшего бетона, его морозостойкости и стойкости в агрессивных средах рекомендуется в предварительно напряженных конструкциях применять добавки в соответствии с «Руководством по применению химических добавок к бетону» (М., Стройиздат, 1975).

8.12. Количество вводимых добавок в бетонную смесь должно уточняться лабораторными опытами при подборе составов бетона.

8.13. Для затворения бетона следует применять воду, отвечающую требованиям СНиП III-В.1-70.

8.14. Хранение материалов для бетона: цемента, заполнителей и добавок — должно обеспечивать сохранность качеств этих материалов.

Заполнители должны храниться на складах, предохраняющих материалы от загрязнения пылью, увлажнения атмосферными осадками и образования наледи в зимнее время.

Добавки должны храниться в закрытых складах в специальной таре.

8.15. Составы бетона должны подбираться и контролироваться заводской лабораторией.

8.16. Дозирование цемента и плотных заполнителей производится весовым методом, а пористых — объемно-весовым; при этом точность дозирования цемента и воды ±1%, плотных заполнителей ±2%, а пористых —

±3%. Запрещается производить изменение принятого состава бетонной смеси без согласования лаборатории.

8.17. Последовательность загрузки в смесители составляющих бетонной смеси рекомендуется применять следующей:

в смеситель принудительного перемешивания — вначале сухие материалы и затем вода; при этом для легкобетонных смесей сначала загружают крупный и мелкий заполнители, затем цемент и 50% дозируемой воды; через 0,5—1 мин перемешивания добавляется остальная вода;

в смеситель гравитационного действия — вначале вода, а затем сухие материалы; при этом для легкобетонных смесей вначале загружают цемент и песок, а затем крупный заполнитель.

8.18. Ориентировочная продолжительность перемешивания бетонных смесей с объемной массой 1800 кг/м³ и более рекомендуется принимать по табл. 20 и уточнять опытным путем.

Таблица 20

Ориентировочная продолжительность перемешивания бетонных смесей с объемной массой 1800 кг/м³

Емкость смесителя по объему выдаваемой бетонной смеси, л	Продолжительность перемешивания (с) с осадкой конуса (см)	
	0—2	2—6
До 300	80	60
300—800	160	120

При объемной массе менее 1800 кг/см³ время перемешивания увеличивается на 20—50%.

Время перемешивания более жестких бетонных смесей должно уточняться заводской лабораторией опытным путем.

9. ОСОБЕННОСТИ ФОРМОВАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

9.1. Формование предварительно напряженных конструкций следует производить вибрационными методами уплотнения бетонной смеси. Допускается применение других методов формования после достаточной экспериментальной проверки их эффективности.

9.2. Способы уплотнения бетонной смеси различаются по интенсивности и характеру приложения вибрации, исходя из принятых условий производства и вида формуемых изделий (табл. 21).

Таблица 21

Рекомендуемые подвижность и жесткость бетонных смесей

Устройства для уплотнения бетонной смеси	Подвижность и жесткость		
	тяжелые бетоны		бетоны на пористых заполнителях
	нормально армированные	густо армированные	нормально армированные
Глубинные вибраторы	3—4 см	4—6 см	3—4 см
Поверхностные вибраторы, виброрейки и виброшаблоны	1—2 см	2—5 см	1—2 см
Наружные прикрепляемые вибраторы	2—4 см	4—6 см	2—3 см
Вибробалки, прикрепляемые к бортам форм	2—4 см	4—6 см	2—3 см
Вибропоршневые установки	От 1—2 см до 40 с	3—5 см	1—2 см
Установки продольно-горизонтального вибрирования	От 2 см до 60 с	4—5 см	0—2 см
Виброплощадки и вибровкладыши	20—60 с	1—3 см	20—40 с
Скользящая виброопалубка	40—60 с	20—30 с	40—60 с
Вибропротяжные устройства и виброштампы	30—50 с	20—30 с	30—50 с

Примечания: 1. В см указана подвижность по осадке конуса, в с—жесткость смеси.

2. Данные по способам формования с использованием вибрации приведены для частоты 2000 кол/мин. При применении частоты вибрирования 4000 кол/мин и выше рекомендуемые величины осадки конуса могут быть уменьшены, а жесткости увеличены в 1,5—2 раза.

3. Подвижность и жесткость бетонной смеси на пористых заполнителях указаны на момент формования изделий.

9.3. Предварительно напряженные конструкции по насыщенности арматуры подразделяются на нормально армированные (размер в свету между арматурой или их группой $S \geqslant 20$ мм) и на густоармированные ($S < 20$ мм).

9.4. Подвижность или жесткость бетонных смесей принимается в соответствии с ГОСТ 10181—62 «Методы определения подвижности и жесткости бетонной смеси» и выбирается по табл. 22 в зависимости от способа, режима вибрирования и степени армирования изделий.

Таблица 22

Рекомендуемые способы уплотнения бетонной смеси

Вид изделий	Способы формования и оборудование при производстве	
	мелкосерийном	крупносерийном и массовом
Линейные конструкции		
Призматические сплошного сечения: ригели; балки покрытий длиной до 12 м включительно, подкрановые балки длиной 6 м, сваи	Глубинные и наружные вибраторы, виброплощадки	Виброплощадки, вибробалки, прикрепляемые к бортам форм, вибропоршневые установки, скользящая виброопалубка
балки покрытий длиной свыше 12 м, подкрановые балки длиной 12 м, сваи	Глубинные и наружные вибраторы	Вибробалки, прикрепляемые к бортам форм, вибропоршневые установки, скользящая виброопалубка*
Решетчатые элементы (фермы) пролетом 18 м включительно	Глубинные и наружные вибраторы	Установки продольно-горизонтального вибрирования, виброплощадки
То же, пролетом 24 м	То же	То же
Цилиндрические кольцевого сечения (опоры, трубчатые сваи)	Вертикальные формы с навесными вибраторами, виброплощадки	Вертикальные формы с вибровалами, вибропротяжные устройства (с передвижными сердечником или опалубкой), виброплощадки, центрифуги
Плитные конструкции		
Плоские и ребристые плиты	Виброплощадки	Виброплощадки
Пустотные плиты	То же	Установки с вибровкладышами, виброплощадки с пригрузом и комплектом вкладышей—пустообразователей

* Применение скользящей виброопалубки возможно только для изготовления изделий постоянного сечения.

Продолжение табл. 22

Вид изделий	Способы формования и оборудование при производстве	
	мелкосерийном	крупносерийном и массовом
Тонкостенные пространственные конструкции		
Длинномерные элементы с прямолинейной или изогнутой осью, а также арочного типа, скорлупы цилиндрических резервуаров и др.	Виброрейки, виброшаблоны, виброформы с навесными вибраторами, виброплощадки	Установки продольно-горизонтального вибрирования, вибропротяжные устройства
Оболочки двоякой кривизны и их элементы	Виброшаблоны	Вибропротяжные устройства, виброштампы

9.5. Наибольшая крупность заполнителя бетонной смеси назначается в соответствии с указаниями п. 8.9 для обеспечения прохождения заполнигеля между элементами арматуры.

9.6. Виброплощадки без пригрузов рекомендуется использовать для формования плитных и линейных конструкций из тяжелого бетона высотой не более 450 мм.

9.7. Изделия высогой свыше 450 мм рекомендуется уплотнять на виброплощадках в сочетании с безынерционным пригрузом с тем, чтобы исключить возможные разрывы сплошности бетона по высоге формуемого изделия, имеющие место при его свободном вибрировании с ускорениями более 1—1,3g (g — ускорение силы тяжести).

9.8. Грузоподъемность и габариты виброплощадки выбираются в соответствии с весом и размерами формуемых изделий по отраслевым нормалям. Допускается, чтобы края формы выступали за раму или виброблоки площадки не более 300 мм

9.9. Если вес изделия превышает грузоподъемность одной виброплощадки, допускается при достаточном обосновании формование производить спаренными виброплощадками с принудительной синхронизацией виброблоков.

9.10. Формование изделий должно осуществляться в формах, жестко закрепленных на виброплощадках. Рекомендуется использовать проверенные практикой крепления, к примеру электромагнитные, клиновые и др.

9.11. Частота колебаний виброплощадки должна находиться в пределах 3000±200 кол/мин при амплитуде колебаний 0,5±0,1 мм. В указанных пределах допускаются отклонения амплитуды по поверхности поддона формы.

9.12. Изделия из пористого бетона целесообразно формовать на виброплощадках из смеси жесткостью до 60 с в сочетании с инерционными (гравитационными) пригрузами.

Для увеличения вибрируемой массы бетонной смеси, необходимой для его уплотнения, рекомендуется для изделий высотой $h \leqslant 200$ мм использовать пригрузы с удельным давлением $P=20$ гс/см², для изделий $h>200$ мм — $P=40$ гс/см².

9.13. Формование изделий по п. 9.7 должно осуществляться с использованием бетонной смеси, рекомендуемой табл. 22 для густоармированных конструкций.

9.14. Для ускорения уплотнения бетонной смеси при формовании изделий с невибрирующими вкладышами — пустотообразователями — следует применять вибропригрузы.

9.15. Продолжительность уплотнения бетонной смеси на виброплощадках допускается не менее 1 мин.

9.16. Виброплощадки с продольно направленными колебаниями могут применяться при формовании призматических, сплошных конструкций значительной длины и тонкостенных изделий небольшой толщины, изготавливаемых в вертикальном положении.

9.17. Частоту колебаний установки продольно-горизонтального вибрирования рекомендуется принимать по табл. 23.

Таблица 23

Рекомендуемые частоты вибрирования

Характеристика изделия	Частота, кол/мин
Весом 20 т и более с нормальным армированием	1500—2000
Весом 10—20 т густоармированные, не имеющие тонкостенных частей (менее 200 мм) в поперечном сечении	2000—2500
Весом менее 10 т, а также тонкостенные независимо от веса	2500—3000

Таблица 24

Рекомендуемые амплитуды колебаний

Характеристика бетонной смеси	Амплитуда колебаний (мм) при частоте (кол/мин)			
	1500	2000	2500	3000
С осадкой конуса более 4 см	1—1,2	0,7—0,9	0,5—0,7	0,4—0,5
С осадкой конуса 0—4 см	1,2—1,3	0,8—1	0,6—0,8	0,5—0,7
С показателем жесткости 25—60 с	1,4—1,5	1,0—1,2	0,7—0,9	0,6—0,8

9.18. Амплитуда колебаний выбирается в зависимости от консистенции и частоты вибрирования по табл. 24.

9.19. Для укладки бетонной смеси в формы, уплотняемой на виброплощадках всех типов, рекомендуется применять следующие типы бетоноукладчиков:

для формования изделий постоянной толщины — бетоноукладчики, оснащенные питателями, обеспечивающими равномерную раскладку и разравнивание бетонной смеси слоем заданной толщины;

для формования длинномерных изделий в вертикальных формах — бетонораздатчики.

Примечание: Бетоноукладчик отличается от бетонораздатчика устройством для принудительного распределения смеси по форме.

9.20. Полезный объем бункеров бетоноукладчиков и бетонораздатчиков рекомендуется не менее 1,15—1,3 объема формуемого изделия.

9.21. Расстояние от выпускного отверстия до формуемого изделия в бетонораздатчиках должно быть не более 500 мм.

9.22. При формовании изделий на стендах или в силовых формах уплотнять бетонную смесь в формах рекомендуется с помощью навесных вибраторов, вибровалов или вибропоршня. Допускается применение для указанных целей глубинных вибраторов.

9.23. Шаг расстановки наружных вибраторов по форме рассчитывается так, чтобы передаваемые от них колебания во всех точках формуемого изделия имели амплитуду не менее 0,15—0,2 мм.

9.24. Наружные вибраторы и вибровалы рекомендуется устанавливать на каждом продольном борту формы симметрично.

9.25. Рекомендуемая частота колебаний наружных вибраторов и вибровалов 3000 кол/мин, а амплитуда колебаний продольных бортов форм 0,3—0,4 мм.

9.26. Вибропоршень для формования длинномерных конструкций рекомендуется в виде гибкой балки, совершающей колебания с помощью дебалансных вибраторов. Зазоры между вибропоршнем и продольными бортами формы не должны превышать 4 мм на каждую сторону. Заклинивание поршня между бортами формы не допускается.

9.27. Рекомендуемая частота вынужденных колебаний вибропоршня — 3000 кол/мин и амплитуда колебаний 0,5—0,8 мм.

9.28. При формовании густоармированных изделий или конструкций, имеющих труднопроходимые для бетонной смеси зоны, рекомендуется укладку и уплотнение бетонной смеси в форме производить слоями высотой 15—30 см. Продолжительность уплотнения каждого слоя бетонной смеси 30—40 с. После укладки последнего слоя бетонной смеси формуемое изделие подвергается вибрации в течение 1—2 мин.

9.29. Для формования тонкостенных пространственных конструкций рекомендуется применять скользящие виброштампы.

Размеры изделий, формуемых с помощью скользящих виброштампов, должны соответствовать данным табл. 25.

Таблица 25

Предельные размеры изделий, формуемых с помощью вибропротяжных устройств

Вид изделий	Высота ребра изделия, мм	Толщина плиты, мм	Максимальный угол наклона касательной и образующей поперечного сечения, град.
Элементы цилиндрических сооружений	—	До 200	До 65
Панели пространственных покрытий	До 800	30—100	До 65
Плоские и криволинейные плиты	До 300	30—100	—

Примечание. Длина изделий не регламентируется.

9.30. Рабочую скорость перемещения вибропротяжных устройств вдоль формуемого изделия рекомендуется принимать по табл. 26, а скорость холостого хода 15—30 м/мин.

Таблица 26

Рекомендуемые скорости перемещения вибропротяжных устройств

Толщина изделия, мм	Жесткость бетонной смеси, с	Скорость формования, м/мин
50—100	40—70 70—150	0,8—1,2 0,5—0,8
100—200	40—70 70—150	0,5—1 0,4—0,6

9.31. При формовании изделий вибропротяжными устройствами долю песка в смеси заполнителей рекомендуется увеличивать на 5—10% по сравнению с применяемой для формования на виброплощадках.

9.32. В случае вынужденных остановок вибропротяжных устройств, с целью предотвращения трещин и разрывов, последующему движению должно предшествовать включение вибраторов. Для обеспечения постоянного подпора в вибробункере подача бетонной смеси в него должна осуществляться непрерывно.

9.33. Открытая поверхность изделий при отсутствии вибропригруза и затирочных приспособлений должна заглаживаться виброрейками, виброплощадками, а при малых размерах поверхности — вручную.

9.34. По общим вопросам формования железобетонных изделий как с обычной, так и напрягаемой арматурой необходимые сведения можно найти в изданиях [36]—[39], приведенных в приложении 23.

10. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Общие положения

10.1. При изготовлении сборных преднапряженных железобетонных конструкций на заводах и полигонах с целью ускорения твердения бетона и достижения им передаточной, распалубочной, отпускной и проектной прочности применяется тепловая обработка изделий.

10.2. Режимы тепловой обработки изделий должны быть направлены на достижение максимального ускоре-

ния твердения бетона при минимально возможных затратах энергетических ресурсов и цемента и при соблюдении требований к качеству и долговечности изделий.

10.3. Тепловлажностная обработка изделий (паром) осуществляется в пропарочных камерах периодического и непрерывного действия, под переносными колпаками на стендах или специальных термоформах, кассетах и т. п., обеспечивающих получение заданных условий твердения.

10.4. Прочность бетона после тепловлажностной обработки определяется качеством цемента, составом бетона и режимом обработки. При применении одних и тех же цементов и составов бетона получаемая прочность и другие его физико-механические свойства в значительной мере зависят от правильности назначения и осуществления режима тепловлажностной обработки.

Для портландцементов оптимальная температура изотермического прогрева 80—85°С.

10.5. Предварительное выдерживание бетона до тепловой обработки позволяет применять более жесткие режимы прогрева (более быстрый подъем температуры и сокращение сроков изотермического прогрева). При этом чем выше марка цемента и температура окружающей среды и ниже *В/Ц*, тем короче время предварительного выдерживания и больше скорость подъема температуры (табл. 27).

Таблица 27

Скорость подъема температуры среды в камере в зависимости от величины начальной прочности бетона

Начальная прочность бетона (при сжатии), кгс/см²	Скорость подъема температуры среды камеры, °С/ч
1—2	10—15
2,5—4	15—25
4,5—5	25—35
5,5—6	35—45
>6	45—60

Примечания: 1. Определение начальной прочности бетона производится на образцах-кубах с ребром не менее 10 см при испытании их на прессах мощностью не более 2,5 т.

2. Для изделий сложного профиля или с изменением сечения по длине длительная выдержка для получения начальной прочности и затем быстрый подъем температуры могут привести к образованию трещин. Скорость подъема температуры для этих изделий необходимо снизить в 1,5—2 раза.

Таблица 28

Нарастание прочности тяжелого бетона на портландцементах и шлакопортландцементах марок 400—500 в зависимости от цикла тепловлажностной обработки (при 80—85°С), марки бетона и сроков испытания контрольных образцов

Проектная прочность в возрасте 28 сут	Ориентировочные значения *Ц/В* бетона	Общий цикл тепловлажностной обработки, ч	Прочность бетона в % от проектной при испытании контрольных образцов после окончания цикла тепловлажностной обработки через			
			0,5 ч (в горячем состоянии)	4 ч	12 ч	24 ч
200	1,5—1,3	5	20—30	30—40	34—44	38—48
		7	33—43	40—50	45—53	48—58
		9	41—51	47—57	50—60	55—65
		11	47—57	52—62	55—65	60—70
		13	52—62	56—66	60—70	62—72
		16	55—65	58—68	62—72	64—74
		20	57—67	60—70	63—73	65—75
300	2,0—1,7		28—33	35—45	38—48	41—51
		5	38—48	45—55	48—58	50—60
		7	47—57	52—62	55—65	58—68
		9	52—62	56—67	60—70	63—73
		11	56—66	60—70	64—74	66—76
		13	60—70	63—73	66—76	68—78
		16	62—72	65—75	68—78	70—80
		20				
400	2,5—2,2	5	36—46	40—50	43—53	46—56
		7	46—56	50—60	53—63	55—65
		9	52—62	56—66	60—70	61—71
		11	58—68	61—71	64—74	65—75
		13	62—72	65—75	68—78	69—79
		16	65—75	68—78	70—80	71—81
		20	66—76	70—80	72—82	72—82

Продолжение табл. 28

Проектная прочность в возрасте 28 сут	Ориентировочные значения *Ц/В* бетона	Общий цикл тепловлажностной обработки, ч	Прочность бетона в % от проектной при испытании контрольных образцов после окончания цикла тепловлажностной обработки через			
			0,5 ч (в горячем состоянии)	4 ч	12 ч	24 ч
500	3,0—2,8	5	42—52	45—55	48—58	50—60
		7	52—62	55—65	58—68	60—70
		9	59—69	62—72	65—75	66—76
		11	64—74	67—77	70—80	71—81
		13	67—77	70—80	73—83	74—84
		16	70—80	73—83	75—85	75—85
		20	72—82	75—85	76—86	76—86

Примечания: 1. Общая длительность тепловлажностной обработки, т. е. выдержки изделий, подъема температуры, прогрева и охлаждения изделий, соответствует следующим режимам:

5 ч—(0,5)+2+2+0,5 ч;
7 ч—(1)+2+3,5+0,5 ч;
9 ч—(1)+3+4—1 ч;
11 ч—(2)+3+5+1 ч;
13 ч—(2)+3+6+2 ч;
16 ч—(2)+3+9+2 ч;
20 ч—(2)+3+13+2 ч.

2. Рекомендуется применять режимы, обеспечивающие прочность бетона после термообработки не менее 70%, т. е. режимы, находящиеся под чертой.

Показатели над чертой приведены для ориентировочной проверки прочности бетона при ступенчатых режимах термообработки.

10.6. При выборе рациональных режимов тепловлажностной обработки изделий следует пользоваться указаниями «Руководства по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий» (М., Стройиздат, 1974).

Приведенные табл. 27, 28, отвечая некоторым средним условиям производства, дают общую ориентировку и не избавляют от необходимости изыскания оптимальных сроков выдерживания бетона с учетом конкретных условий производства.

10.7. Рекомендуемые режимы прогрева изделий приведены на рис. 24.

При изготовлении преднапряженных конструкций на стендах наиболее эффективным является ступенчатый режим.

10.8. Тепловая обработка бетона с помощью электрической энергии может осуществляться следующими способами:

электропрогревом свежеотформованного изделия;

прогревом изделий в формах, оснащенных ТЭНами, коаксиальными нагревателями и т. д.;

предварительным электропрогревом бетонной смеси в специальных емкостях (бункерах) перед укладкой в форму. Разогрев бетона может осуществляться и с помощью пара непосредственно в бетономешалке.

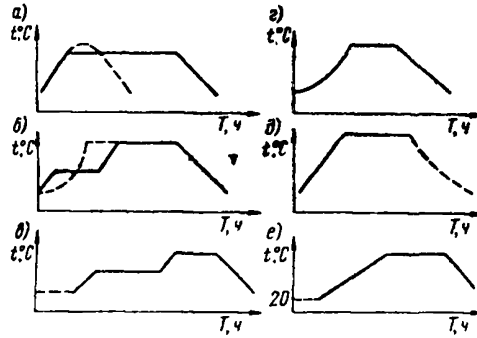


Рис. 24. Виды режимов тепловлажностной обработки

а — обычный режим (пунктиром — пиковый режим); б — двухступенчатый режим (пунктиром — прогрессивно возрастающий режим); в — двухступенчатый режим с предварительной (пунктиром) выдержкой; г — прогрессивно-возрастающий тепловой режим; д — тепловой режим «термос»; е — комбинированный режим (сухой прогрев + острый пар)

10.9. Применение электроразогрева бетонной смеси в заводских условиях целесообразно в следующих случаях:

если необходимо сократить длительность тепловой обработки по сравнению с пропариванием при холодном формовании, увеличить оборачиваемость форм и производительность технологической линии;

при дефицитности пара или его высокой стоимости по сравнению со стоимостью электроэнергии;

при отсутствии пара или иного теплоносителя, пригодного для тепловой обработки изделий.

10.10. Сокращение длительности тепловой обработки при предварительном электроразогреве (или пароразогреве) достигается за счет исключения предварительной выдержки бетона перед термообработкой, а также резкого сокращения времени подъема температуры по сравнению с обычными способами тепловой обработки.

10.11. Преимущества способа предварительного элек-

троразогрева (или пароразогрева) бетонной смеси могут быть реализованы при сохранении аккумулированного тепла в процессе выдержки изделий, применения эффективных цементов и строгом соблюдении технологических правил. При соблюдении этих условий длительность выдерживания изделий в формах может быть сокращена на 3—4 ч.

10.12. При изготовлении преднапряженных изделий в заводских условиях с применением способа предварительного электроразогрева следует руководствоваться данными, изложенными в «Рекомендациях по изготовлению железобетонных изделий с применением электроразогрева бетонной смеси в заводских условиях» (М., Стройиздат, 1972).

10.13. Пример использования паропрогрева (вместо электроразогрева) для ускорения твердения бетона преднапряженных многопустотных изделий при агрегатно-поточной технологии приведен в приложении 17.

10.14. Тепловую обработку с помощью индукционного метода нагрева током промышленной частоты рекомендуется применять при изготовлении густоармированных изделий с равномерно размещенной арматурой (опоры ЛЭП и т. д.). Одним из достоинств способа является равномерный прогрев изделий.

При этом способе стальная арматура, стальные формы и закладные части нагреваются (за счет перемагничивания и вихревых токов), а от них кондуктивно (за счет теплопередачи) нагревается бетон. В результате передача тепла происходит как изнутри бетона — от арматуры, так и снаружи — от стальной формы.

10.15. Описание и рекомендации при изготовлении преднапряженных опор ЛЭП в туннельных камерах с применением индуктивного метода нагрева бетона током промышленной частоты приведены в приложении 18.

Особенности тепловой обработки преднапряженных конструкций (при стендовой и агрегатно-поточной технологиях изготовления)

10.16. Режимы тепловлажностной обработки предварительно напряженных изделий необходимо назначать не только из условий получения требуемой прочности бетона (передаточной, отпускной, проектной), но и учитывая ряд особенностей, связанных с наличием напря-

гаемой арматуры (проволочной, прядевой, стержневой). Пренебрежение этими особенностями приводит при тепловой обработке предварительно напряженных конструкций к ухудшению их качества вследствие:

снижения (сверх допускаемого по проекту) величины предварительного напряжения в арматуре при стендовой технологии изготовления от температурного перепада (разности между температурой напрягаемой арматуры, находящейся в пределах нагретой камеры, и температурой наружной среды, в которой находятся устройства, воспринимающие усилия предварительного напряжения);

возникновения трещин из-за неравномерного прогрева и охлаждения бетона, металлических форм и напрягаемой арматуры;

обрыва преднапряженной арматуры до передачи усилия обжатия на бетон и т. д.

10.17. Чтобы фактические потери преднапряжения, возникающие из-за температурного перепада, не превышали 800 кгс/см^2, необходимо:

обеспечить условия, чтобы величина температурного перепада не превышала 65°С, а максимальная температура изотермического прогрева не превышала 80°С;

осуществлять медленный или двухступенчатый подъем температуры после предварительного выдерживания до приобретения бетоном начальной прочности 2—6 кгс/см^2, имея в виду, что с увеличением как начальной прочности бетона, так и скорости роста прочности в период подъема температуры уменьшаются и величины потерь напряжения от температурного перепада.

Примечание. Во всех случаях выдерживания преднапряженных конструкций в камерах (в том числе и в нерабочие дни) температура в камере должна быть не ниже 60° С вплоть до передачи усилий обжатия на горячий бетон.

10.18. В случае необходимости изготовления преднапряженных конструкций на открытых полигонах при отрицательной температуре наружной среды необходимо осуществлять нижеследующие мероприятия, которые освобождают от установки дополнительной преднапряженной арматуры.

При непрерывном цикле изготовления, когда установившаяся температура в камере в момент натяжения и вплоть до бетонирования на уровне арматуры не ниже

+15°С, установка дополнительной преднапряженной арматуры не требуется.

При температуре ниже +15°С также может не устанавливаться дополнительная арматура при выполнении нижеследующих условий или технологических мероприятий:

если температура арматуры в момент натяжения от +15°С до 0°С, но стабильно обеспечивается проектная величина предварительного напряжения;

если имеет место снижение натяжения по сравнению с проектной величиной (но не более 5%), необходимо перед натяжением осуществить подогрев камеры до 20°С;

при температуре от 0 до —10°С необходим подогрев камеры и арматуры до +15°С и подтяжка арматуры до проектной величины преднапряжения;

при температуре от —10 до —20°С предлагается натянуть арматуру до 50% от проектной, выполнить прогрев закрытой камеры до +20°С, затем натяжение до проектной величины. Бетонирование во избежание быстрого остывания среды камеры целесообразно производить в поочередно открываемых секциях камеры бетонной смесью, подогретой до +30°С.

10.19. При охлаждении преднапряженных конструкций на стендах после окончания тепловлажностной обработки на свободных участках напрягаемой арматуры возрастают растягивающие усилия, которые могут привести к появлению трещин в бетоне и к ухудшению анкеровки.

Для устранения этого неблагоприятного воздействия на преднапряженные изделия рекомендуется осуществлять передачу усилий обжатия на бетон в горячем состоянии.

Определение передаточной прочности горячего бетона выполняется путем испытания контрольных кубов. Данные о прочности горячего бетона в зависимости от длительности тепловлажностной обработки приведены на рис. 25.

Допускается передача усилий обжатия на бетон после его охлаждения до температуры, не превышающей величин, данных в табл. 29.

В случае отсутствия необходимых данных передачу усилия обжатия (отпуск арматуры) осуществлять на горячий бетон после окончания изотермического прогрева

или после охлаждения изделий не более чем на 15°. Определение температуры бетона изделий (t_2) рекомендуется определять с помощью термометра, опущенного в специальный канал, с помощью термопар и потенциометра или с помощью данных на рис. 26.

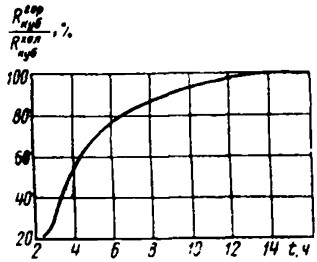


Рис. 25. Соотношение кубиковой прочности горячего и охлажденного бетона в зависимости от длительности тепловлажностной обработки

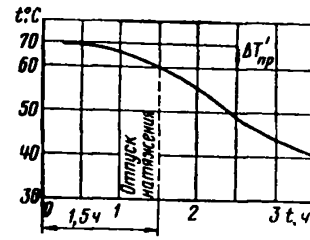


Рис. 26. Ориентировочный график остывания ферм и балок после окончания тепловлажностной обработки (температура наружного воздуха +15° С)

10.20. При изготовлении преднапряженных балок и других изделий в обогреваемых формах при стендовой технологии температурное расширение элементов форм может явиться причиной возникновения трещин в бетоне. С целью ликвидации возможности возникновения трещин рекомендуется через 1—1,5 ч после начала прогрева частичная распалубка (снять стяжки, соединяющие поверху борта формы, удаление фиксаторов и т. д.). Рекомендуется в металлических формах также устройство съемных вкладышей и компенсаторов, исключение резких изменений очертания, использование закруглений.

10.21. Для равномерного прогрева изделий в формах, снабженных паровыми рубашками, необходимо постоянно обеспечивать свободную циркуляцию паровоздушной смеси и отвод конденсата.

10.22. Для обеспечения минимальной разницы температур в разных зонах, равномерного прогрева бетона и интенсификации теплобетона в силовых формах рекомендуется принудительная циркуляция пара с помощью эжекторной системы, которая при определенных условиях позволяет сократить и продолжительность цикла твердения преднапряженных изделий (балок и др.).

Таблица 29

Предельные допустимые величины охлаждения бетона к моменту передачи усилия обжатия

Арматура	Марка бетона	Процент армирования преднапряженной арматуры μ, %	Допускаемое охлаждение $\Delta T_{пр}$, °С при $\gamma = L_н / L_у$			
			0,95	0,9	0,85	0,8
Семипроволочные пряди (П-7) и канаты, высокопрочная проволока	300	1,3—2	15	20	25	30
		2,1—2,5	10	15	20	25
	500	2—2,1	15	20	25	30
		2,4—2,5	10	15	20	25
Горячекатаная стержневая арматура	200—400	2,5—3,5	15	17	25	25
	500	3,5—4	15	20	22	25
		4,5	15	18	20	25

Примечания: 1. $L_н$—длина нагреваемого участка арматуры;
$L_у$—общая длина арматуры между упорами стенда.

2. Данными таблицы можно пользоваться для определения температуры изделий $t_з$, при которой нужно осуществлять отпуск напряжения арматуры на бетон, т. е. $t_з = t_2 - \Delta T^1_{пр}$.

Ориентировочные данные изменения температуры изделия (фермы, балки) с течением времени после окончания тепловой обработки приведены на рис. 26.

10.23. При производстве преднапряженных конструкций на обогреваемых стендах (термоформах), имеющих открытые поверхности, контактирующие с окружающей средой, следует пользоваться указаниями «Руководства по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий» (М., Стройиздат, 1974).

10.24. Для предотвращения возникновения технологических трещин и ухудшения анкеровки преднапряженной арматуры, натянутой на силовые формы, при агрегатно-поточной технологии рекомендуются следующие мероприятия:

по возможности, быстрая ликвидация внутренних связей, препятствующих свободному деформированию поддона относительно изделия при остывании (на контакте, например, настила с поддоном и создание условий для скольжения поддона относительно настила);

снижение напряжений от усадки и температурных напряжений.

10.25. Для устранения возможности возникновения технологических трещин в одном из наиболее массовых изделий — в многопустотных настилах — рекомендуются

два способа, которые могут применяться самостоятельно или в сочетании друг с другом, дополнять другие мероприятия (уменьшение деформаций поддонов полным или частичным совмещением центральной плоскости поддона с осью напряженной арматуры, применение поддонов открытого профиля и т. д.).

Первый способ профилактики возможности образования трещин связан с усовершенствованием конструкции поддона (устранение торцовых фаскообразователей, усовершенствование очертания внутренних упоров, ликвидация нижней обшивки и др.). Ликвидация внутренних связей обеспечивает самораспалубку и перемещение поддона относительно изделия происходит свободно.

Второй способ состоит в сокращении времени остывания настила на поддоне, быстрой передаче усилия обжатия на горячий бетон и распалубке настила.

Способ может быть рекомендован применительно к эксплуатируемым поддонам без их переделки и остановки технологического процесса, но должны быть предусмотрены дополнительные посты распалубки.

10.26. Первый способ может быть использован для профилактики технологических трещин при использовании поддонов с внутренними и выносными упорами, второй способ предполагает использование внутренних поворотных упоров.

Рекомендуемые способы предотвращения технологических трещин дают хорошие результаты применительно к отработанной технологии изготовления преднапряженных настилов с сокращенным (без остывания) режимом пропаривания длительностью около 7,5 ч (1 ч — предварительная выдержка в камере при температуре 45—60°С, 2,5 ч — равномерный подъем, 4 ч — изотермическая выдержка при температуре 80—85°С).

10.27. С целью исключения вредного влияния температурных деформаций при тепловой обработке на качество всех изделий, изготавливаемых по агрегатно-поточной технологии, рекомендуются следующие общие мероприятия:

использование поддонов, у которых равнодействующая сила натяжения (усилия преднапряжения) приложена центрально или с минимальным эксцентриситетом относительно центра тяжести сечения поддона;

использование поддонов открытого профиля (для многопустотных настилов и др.), которые при охлаж-

дении меньше выгибаются и тем самым уменьшается возможность возникновения трещин;

максимально возможное ограничение скорости подъема температур в начальном периоде (до 50°С) и максимальной температуры прогрева (до 85°С);

передача усилия обжатия на горячий бетон с последующей распалубкой изделия. В этом случае извлечение изделий и их распалубка должны выполняться непрерывно, обеспечив наличие необходимого количества постов для быстрой передачи усилия обжатия;

уменьшение величины перепада между максимальной температурой изделия при распалубке и температурой среды цеха (за счет ограничения доступа холодного воздуха в цех с помощью тепловых завес и др.).

11. ПЕРЕДАЧА УСИЛИЙ ОБЖАТИЯ НА БЕТОН

Способы передачи усилий обжатия

11.1. Передача предварительного напряжения на бетон (отпуск натяжения арматуры) должна производиться после достижения бетоном передаточной прочности с учетом рекомендаций, приведенных в гл. 10.

11.2. Под передаточной прочностью бетона изделий понимается нормируемая прочность бетона предварительно напряженных конструкций к моменту передачи на него усилия обжатия (предварительного натяжения арматуры). Величина передаточной прочности бетона регламентируется проектом, ГОСТом или техническими условиями на данный вид изделий в процентах от величины проектной марки бетона изделий или в кгс/см^2.

Контроль и оценка передаточной и отпускной прочности бетона производится в соответствии с требованиями ГОСТ 13015—67* или ГОСТ 18105—72.

11.3. В зависимости от принятой технологии, вида изделия и класса арматуры могут быть приняты следующие способы передачи натяжения:

одновременная всех арматурных элементов или их групп мощным домкратом, которая выполняется после предварительной вытяжки арматуры для освобождения упорных устройств (гаек и т. д.);

поочередная отдельных арматурных элементов или их групп с помощью домкратов, специальных устройств

(клиновых, песочниц), предварительного нагрева или обрезкой арматуры (газовым пламенем, электродугой и т. д.).

В табл. 30 даны рекомендуемые способы плавной и неплавной передачи напряжения.

Таблица 30

Рекомендуемые способы передачи напряжения

Наименование режима	Способ передачи напряжения арматуры
Плавный	Отпуск домкратом всей арматуры Поочередный отпуск домкратом Отпуск клиновыми устройствами Отпуск песочными муфтами Отпуск с предварительным разогревом газокислородным пламенем или электрическим током на определенной длине (база нагрева) с последующей обрезкой
Неплавный	Поочередная обрезка электродугой, газокислородным пламенем без предварительного медленного разогрева определенной длины Поочередная обрезка дисковой пилой

11.4. В процессе обжатия конструкция не должна воспринимать нагрузок, не предусмотренных расчетом и влияющих на нее или способствующих образованию трещин, заклиниванию или других повреждений и деформаций.

11.5. Формы, вкладыши и другие устройства, которые могут воспрепятствовать продольному перемещению элементов вдоль стенда, должны быть распалублены или удалены, чтобы продольные перемещения изделия не встречали каких-либо препятствий или не происходило заклинивания изделий в формах и в другом оборудовании в процессе отпуска.

11.6. Чтобы свести к минимуму возможную сдвижку элементов, отпуск арматуры рекомендуется осуществлять на обоих концах стенда (например, нагрев и перерезание газокислородным пламенем и др.).

11.7. Для преднапряженных конструкций, имеющих отогнутые пряди, передачу усилий обжатия следует производить только после извлечения штырей, фиксирующих точки перегиба (на штыри перед бетонированием надевается трубка). При этом наиболее целесообразно

осуществлять отпуск всей арматуры одновременно, а в случае отсутствия такой возможности, допускается отпускать в первую очередь отогнутую арматуру, а затем прямолинейную. Порядок отпуска должен быть указан в технологической карте и в чертежах.

11.8. Отпуск натяжения прядевой и канатной арматуры следует осуществлять всегда плавно, для чего используются гидродомкраты, клиновые или винтовые устройства, песочные муфты, медленный разогрев определенной длины (см. табл. 30).

В отдельных случаях при отсутствии мощных гидродомкратов и других приспособлений можно рекомендовать плавный отпуск, а в случае наличия небольшого количества прядей в сечении (до 10) — плавный и одновременный отпуск путем предварительного разогрева свободных участков (базы прогрева) прядей газокислородным пламенем.

11.9. При отсутствии оборудования необходимой мощности для одновременного отпуска натяжения передачу напряжений на бетон можно осуществлять не одновременно: на полную величину в каждом арматурном элементе (или группах) или ступенями, постепенно уменьшая напряжения.

11.10. Поочередную передачу натяжения арматуры рекомендуется производить симметрично относительно вертикальной оси поперечного сечения изделия, с одной или с двух сторон. Порядок последовательности передачи натяжения арматуры указывается в технологической карте или в рабочих чертежах.

Устройства и приспособления для отпуска натяжения арматуры

11.11. При изготовлении преднапряженных железобетонных конструкций, когда натяжение арматуры производится одновременно с помощью гидродомкрата, процесс отпуска натяжения осуществляется тем же гидродомкратом. В этом случае следует контролировать величину натяжения (при подтягивании), которая должна быть минимальной, необходимой для освобождения стопорных гаек на силовых тягах; контрольная величина вытягивания арматуры из бетона не должна превышать 0,1 мм и может фиксироваться с помощью индикаторов с ценой деления 0,01 мм, устанавливаемых на арматуре

у торца изделия, ближайшего к гидродомкрату (см. приложение 20).

11.12. Для плавной передачи натяжения на бетон рекомендуются также клиновые и винтовые приспособления, песочные муфты или плавный нагрев участков арматуры (базы нагрева) газокислородной сваркой.

11.13. В процессе эксплуатации клиновых устройств их надежность может уменьшиться вследствие воздействия пара на рабочие поверхности при тепловлажностной обработке. Поэтому необходимо клиновое устройство защищать от парового воздействия, а для рабочих поверхностей использовать материалы, имеющие постоянные коэффициенты трения при повышенной влажности (типа фторопласта и др.). В ряде случаев рекомендуется увеличивать угол клина, при котором для сдерживания его движения устанавливаются тормозные устройства.

11.14. Песочные муфты при стендовой технологии могут быть использованы как для одновременной, так и неодновременной передачи натяжения на бетон. Песок используется прокаленный, который необходимо часто менять, так как после непродолжительного времени он опрессовывается, а при отрицательной температуре смерзается. Надежность работы песочных муфт при неодновременном (поочередном) отпуске арматуры, а также при использовании их при симметричном расположении арматуры в сечении изделия зависит от центрального расположения муфт, так как при внецентренном расположении необходимо предусмотреть мероприятия против их перекоса или заклинивания. Кроме того, может иметь место несинхронная работа песочных муфт при групповом их расположении вследствие возможности неодновременного вытекания песка из разных муфт.

11.15. Предварительный разогрев арматурных элементов для плавной передачи натяжения, число этапов, база нагрева и другое должны подбираться в зависимости от числа арматурных элементов, в том числе прядей и их свободной длины.

Оптимальным режимом плавного отпуска прядей является разогрев всех прядей в течение 4 мин. и более. При этом каждую прядь следует разогревать одним бензорезом поочередно в течение 5 с таким образом, чтобы прогревались все внешние проволоки на длине не менее 160 мм (приложение 20). Газовый аппарат нужно при

этом устанавливать на режим разогрева. Разогрев и отпуск будет плавным, если при этом не будет происходить обрыв отдельных проволок в пряди или всей пряди. При плавном отпуске отдельные проволоки должны быть сплавлены, а неплавный отпуск приводит к распушиванию проволок пряди. Место разогрева прядевой арматуры не должно быть ближе 100 мм от торца конструкции.

Оптимальным режимом плавного отпуска стержневой арматуры является нагрев на базе около 5 см (в зависимости от диаметра) в течение 4—5 с.

11.16. Кроме перечисленных выше способов могут быть применены и другие, еще не нашедшие широкого промышленного применения: электронагрев свободных участков (базы нагрева) арматуры с помощью сварочных трансформаторов, метод компенсационных диафрагм и другие способы, которые могут быть применены после их опытной проверки для конкретных условий (приложение 20).

При агрегатно-поточной технологии натяжение осуществляется на силовые формы, при которой тепловлажностная обработка создает тяжелые условия для работы спускных устройств. Для широкого применения с целью отпуска натяжения при изготовлении плитных конструкций (многопустотные настилы и др.) рекомендуются поворотные приставки, которые при установке на них поддона поворачиваются, чем обеспечивается сближение упоров и полное снижение натяжения в арматуре.

12. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

12.1. При производстве предварительно напряженных конструкций необходимо контролировать качество исходных материалов, используемых для приготовления бетонных смесей, качество арматурных сталей, а также осуществлять пооперационный контроль качества выполнения основных производственных операций и выходной контроль качества готовых изделий.

12.2. Входной контроль качества исходных материалов при изготовлении предварительно напряженных

конструкций не отличается от входного контроля, проводимого при изготовлении конструкций из обычного железобетона, и осуществляется по соответствующим государственным стандартам, инструкциям и техническим условиям.

12.3. При изготовлении предварительно напряженных конструкций при пооперационном контроле дополнительно контролируются величина натяжения арматуры и передаточная прочность бетона при отпуске натяжения арматуры.

12.4. Контроль величины натяжения арматуры ведется в соответствии с требованиями гл. 7 настоящего Руководства.

12.5. Прочность бетона при отпуске натяжения арматуры должна быть не ниже указанной в проекте. Контроль прочности бетона должен проводиться путем испытания контрольных кубов в соответствии с ГОСТ 18105—72.

При наличии разрешения Госстроя СССР или других уполномоченных на то Госстроем СССР организаций допускается контролировать прочность бетона методами неразрушающего контроля непосредственно в изделиях без испытания кубов.

12.6. Снижение передаточной прочности по сравнению с указанной в рабочих чертежах допускается только в том случае, если при этом обеспечивается трещиностойкость конструкций и их прочность по наклонным сечениям.

12.7. Основным методом выходного контроля качества сборных предварительно напряженных изделий являются их выборочные испытания внешней нагрузкой до разрушения для проверки прочности, жесткости и трещиностойкости. Испытания должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 8829—66 «Изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости».

12.8. Количество изделий, испытываемых внешней нагрузкой, устанавливается в соответствии с требованиями государственных стандартов на изделия или рабочих чертежей.

При отсутствии стандартов на изделия и соответствующих требований в рабочих чертежах количество изделий, испытываемых внешней нагрузкой, устанавливается исходя из следующих условий:

перед началом массового изготовления и в дальнейшем при изменении технологии изготовления и конструкции изделий — 2 образца;

в процессе массового производства — 1% изделий от партии, но не менее 2 шт., если размер партии составляет меньше 200 изделий.

При хорошо отработанной технологии изготовления процент изделий (μ), отбираемых из партии для испытания, определяется по формуле (N — число изделий, изготавливаемых в смену)

$$\mu = \left(1 - \frac{N}{125}\right), \text{ при } N < 100. \qquad (15)$$

12.9. Нагрузки при испытании должны прикладываться в соответствии со схемами, приведенными в рабочих чертежах конструкций. Величины испытательных нагрузок должны соответствовать величинам контрольных нагрузок по прочности, жесткости, трещиностойкости (или раскрытию трещин), приводимых в рабочих чертежах конструкций.

12.10. Нагрузка может создаваться гидравлическими домкратами, а при испытании плитных конструкций — штучными грузами или с помощью пневматических мешков. При этом грузоподъемность домкрата не должна превышать максимальную контрольную нагрузку больше чем на 25—30%.

12.11. При испытании предварительно напряженных стропильных и подстропильных балок и ферм верхние пояса должны быть раскреплены из плоскости для предотвращения потери их устойчивости.

12.12. При испытании необходимо измерять прогиб конструкции посередине пролета и осадку опор, измерять смещения предварительно напряженной арматуры относительно бетона изделия для контроля надежности ее заанкеривания, фиксировать момент появления трещин и измерять ширину их раскрытия. Для уточнения момента появления трещин в некоторых случаях целесообразно измерять деформации наиболее нагруженных растянутых участков или элементов конструкций.

Пример схемы испытания предварительно напряженной стропильной фермы с рассгановкой приборов показан на рис. 27.

12.13. Этапы приложения нагрузки рекомендуется назначать не больше 10% контрольных нагрузок по трещиностойкости или жесткости. Величины этапов загру-

жения рекомендуется принимать примерно равными во всем диапазоне испытательных нагрузок. При этом в процессе загружения должны быть зафиксированы все контрольные нагрузки, приведенные в рабочих чертежах.

12.14. На каждом этапе загружения должна даваться выдержка не менее пяти минут, а при контрольной нагрузке по трещиностойкости или жесткости — не менее одного часа.

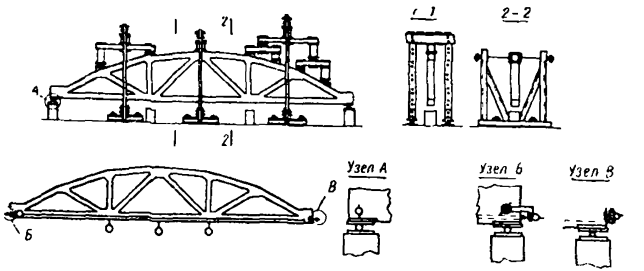


Рис. 27. Схема испытания предварительно напряженной фермы с расстановкой приборов

12.15. В процессе испытания под конструкцией по длине пролета должны устанавливаться промежуточные опоры, страхующие конструкцию от обрушения.

12.16. Оценку жесткости изделия проводят по величине прогиба, измеренного при контрольной нагрузке.

Изделия, для которых прогиб, определенный расчетом от полной нормативной нагрузки с учетом ее длительного действия, составляет 85% и более от предельного прогиба, определенного по СНиП II-21, признаются годными, если измеренный прогиб превышает контрольный, указываемый в схемах контрольных испытаний конструкций, не более чем на 10%.

Если измеренный прогиб хотя бы одного из отобранных изделий превышает контрольный более чем на 10%, но не более чем на 15%, то производится повторное испытание еще одного изделия из партии. Если при этом измеренная величина прогиба превысит контрольную не более чем на 15%, партия признается годной. В противном случае партия приемке не подлежит.

Если контрольный (расчетный) прогиб составляет менее 85% от предельного и измеренный при испытании

прогиб превышает контрольный не более чем на 20%, партия признается годной.

Если измеренный прогиб превышает контрольный больше чем на 20%, но меньше чем на 30%, то производится повторное испытание. Если при этом испытании измеренный прогиб не будет превышать контрольный больше чем на 30%, партия признается годной. В противном случае партия приемке не подлежит.

12.17. Предварительно напряженные конструкции I и II категории трещиностойкости признаются годными, если при испытании трещины появились при нагрузках, превышающих контрольные по образованию трещин.

В изделиях, проверяемых по величине раскрытия трещин, ширина раскрытия трещин при контрольных нагрузках не должна превышать контрольную величину более чем на 50%.

12.18. Признаками разрушения предварительно напряженных конструкций является разрушение сжатой зоны или сжатых элементов конструкции, текучесть растянутой арматуры, разрушение узлов, смещение предварительно напряженной арматуры относительно бетона на величину больше 0,1 мм, раскрытие трещин на величину более 1 мм.

Конструкция признается годной по прочности, если признаки разрушения наступят при нагрузках не ниже контрольных нагрузок по прочности. Если признаки разрушения появятся при нагрузках, составляющих не менее 85% от контрольных, производится повторное испытание. Если при повторном испытании окажется, что признаки разрушения наступят при нагрузках, составляющих не менее 85% от контрольных, конструкция считается выдержавшей испытание. В противном случае партия приемке не подлежит.

Если разрушение конструкций произошло по наклонному сечению или смещению предварительно напряженной арматуры относительно торца изделия более чем на 0,1 мм, это свидетельствует о нарушении технологического процесса при изготовлении конструкций.

12.19. Для простых в конструктивном отношении и наиболее массовых изделий (плоские и многопустотные настилы, дорожные и аэродромные плиты и т. п.) при наличии соответствующих указаний в рабочих чертежах или по согласованию с проектной организацией — автором изделий — допускается не производить испытание

образцов конструкций внешней нагрузкой. Контроль качества готовых изделий может производиться в этом случае в соответствии с «Временными указаниями по контролю и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости изделий и конструкций неразрушающими методами» (СН 417-70).

Обязательным условием перехода на неразрушающие методы контроля качества является отработанность технологии изготовления конструкций. Разрешение о переходе на неразрушающие методы контроля качества дается Госстроем СССР или другой уполномоченной на то Госстроем СССР организацией.

12.20. При испытаниях неразрушающими методами контролируются значения основных параметров, определяющих прочность, жесткость и трещиностойкость конструкций. К их числу относятся: геометрические размеры, прочность бетона, положение и количество арматуры, толщина защитного слоя и рабочая высота сечения (определяются в готовом изделии при выходном контроле); диаметр, класс, марка, механические свойства арматуры и величина ее предварительного натяжения (определяются при пооперационном контроле).

12.21. При определении прочности бетона ультразвуковым импульсным методом могут быть использованы приборы УКБ-1, УКБ-1м, «Бетон-3», «ДУК-20», а также другие приборы, отвечающие требованиям ГОСТ 17624—72 «Бетоны тяжелые и легкие. Ультразвуковой метод определения прочности».

Прочность бетона в изделиях при использовании приборов механического действия может определяться:

методом пластических или упругопластических деформаций по размерам отпечатков на поверхности бетона под действием динамической или статической нагрузки (эталонный молоток НИИМосстроя, прибор ХПС, штамп НИИЖБ и др.);

методом упругого отскока бойка после нанесения им удара по поверхности бетона (прибор КМ, Шмидта *и др.*);

методом отрыва и скалывания бетона при выдергивании из него стального стержня или конуса (прибор ГПНВ-5).

Методика контроля прочности бетона должна отвечать требованиям «Руководства по контролю прочности

бетона в конструкциях приборами механического действия» (М., Стройиздат, 1972).

12.22. Размещение арматуры и толщина защитного слоя бетона могут контролироваться радиографическим или магнитным методом.

Для определения положения арматуры радиографическим методом могут быть использованы приборы, приведенные в ГОСТ 17625—72 «Конструкции и изделия железобетонные. Методы определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры просвечиванием ионизирующими излучениями».

Для определения положения арматуры магнитным способом могут быть использованы приборы типа ИЗС.

12.23. Неразрушающий метод является выборочным статистическим контролем. Количество изделий подлежащих испытанию, устанавливается в зависимости от количества изготавливаемых в смену изделий в соответствии с требованиями «Временных указаний по контролю и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных изделий и конструкций неразрушающими методами» (СН 417-70), рабочих чертежей или соответствующих руководств.

12.24. Партия изделий признается отвечающей требованиям прочности, жесткости и трещиностойкости, если во всех изделиях или конструкциях, составляющих выборку, значения всех контролируемых параметров отличаются от проектных значений не больше, чем на величину допускаемых отклонений, установленных требованиями государственных стандартов или рабочих чертежей. В противном случае изделия, составляющие партию, принимаются поштучно.

13. ТРЕБОВАНИЯ К СКЛАДИРОВАНИЮ И ОТГРУЗКЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Укладка конструкций на складах готовой продукции и строительных площадках

13.1. Сборные железобетонные детали и конструкции устанавливают, как правило, в рабочем положении (чтобы обеспечить доступ к монтажным петлям) и хранят

на открытых площадках в штабелях, в кассетных складах, кондукторах на деревянных прокладках, уложенных на всю ширину или длину детали. Минимальная толщина: прокладок 25—30 мм, подкладок 100—150 мм (толщина должна быть не менее высоты монтажных петель или выступающих частей изделия). Длина прокладок и подкладок должна быть на 100 мм больше соответствующего размера изделия. Подкладки следует делать инвентарными, и для каждого вида изделия красить масляной краской в свой цвет. Подкладки для каждого вида изделия должны быть одинаковой толщины и длины и устанавливаться в штабелях по одной вертикали.

13.2. Панели перекрытий и покрытий жилых и промышленных зданий укладываются в многоярусные штабеля. Сводчатые плиты (типа КЖС) длиной до 12 м опираются по концам.

13.3. Длинномерные конструкции: стропильные и подкрановые балки, фермы (полуфермы) хранят в металлических или деревянных кондукторах.

Фермы (полуфермы) можно хранить на складе в наклонном положении. Наклон более 10—12° не рекомендуется, так как может привести к значительным деформациям из плоскости фермы.

При хранении ферм в наклонном положении первая из них должна иметь соответствующие наклонные стойки через 3 метра, а все последующие фермы должны прилегать друг к другу плотно через вертикальные прокладки.

13.4. В случае наличия в фермах и балках начального выгиба из плоскости (более 0,002 длины изделия) их следует хранить отдельно, предусмотрев специальные меры против увеличения искривления с течением времени (стягивание двух изделий, пригрузы при хранении плашмя на хорошо спланированных площадках и др.).

На рис. 28 показано хранение некоторых сборных железобетонных изделий.

Требования к отгрузке преднапряженных конструкций

13.5. Перевозка сборных железобетонных преднапряженных конструкций от завода ЖБК до объекта монтажа (стройплощадки) осуществляется автомобилями, автопоездами и специализированным транспортом: фермовозами, балковозами, панелевозами и т. д.

Перевозка изделий может осуществляться по дорогам с асфальтобетонным и булыжным покрытием и грунтовым дорогам.

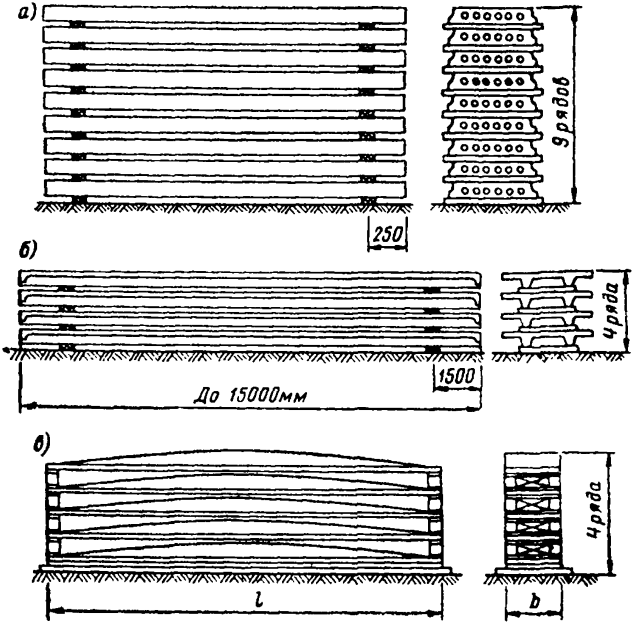


Рис. 28. Примеры складирования сборных железобетонных деталей *а, б* — настилов; *в* — плит покрытий (типа КЖС)

13.6. При наличии асфальтобетонных дорог экономически выгодна доставка длинномерных железобетонных конструкций (балок, ферм и др.) автотранспортом до 250 км; свыше 250 км их доставку целесообразно осуществлять железнодорожным транспортом.

13.7. С изменением дальности перевозок сборных железобетонных конструкций производительность автотранспортных средств для разных систем перевозки изменяется по-разному: для отцепного транспорта влияние дальности перевозки значительно. При больших расстояниях перевозки (40 км и более), когда во время оборота автопоезда преобладает время движения, применение от-

цепных или неотцепных транспортных средств практически не оказывает влияния на производительность перевозок.

13.8. Общие положения по погрузке, перевозке, разгрузке, приемке и складированию сборных железобетонных конструкций, а также данные об автосредствах, способах рационального их использования при перевозке даны в «Руководстве по перевозке унифицированных сборных, железобетонных деталей и конструкций промышленного строительства автомобильным транспортом» (М., Стройиздат, 1973).

Основные требования, предъявляемые к условиям перевозки, в том числе схема размещения сборных железобетонных конструкций, перевозимых железнодорожным транспортом, приведены в «Руководстве по перевозке железнодорожным транспортом сборных крупноразмерных железобетонных конструкций промышленного и жилищного строительства» (М., Стройиздат, 1967).

13.9. Для сохранности сборных железобетонных конструкций при их перевозке специализированным автотранспортом или железнодорожным транспортом, кроме рекомендаций указанных выше нормативных документов и грузоподъемности, должны соблюдаться нижеследующие условия:

при выборе автотранспортных средств должно быть отдано предпочтение тем, которые обеспечивают сохранность сборных железобетонных конструкций в конкретных дорожных условиях;

схемы опирания, закрепления и режима перевозки (скорость, дальность и др.) с учетом конкретных дорожных условий перед началом массовых перевозок должны быть апробированы с обязательным осмотром изделий до начала и после перевозки (приложение 21);

при разработке конкретных схем опирания следует руководствоваться схемами, указанными в рабочих чертежах.

13.10. Динамические воздействия на сборные железобетонные конструкции возрастают с увеличением скорости транспорта и снижением класса дорожных покрытий. Поэтому скорости движения автопоездов с различными конструкциями должны назначаться дифференцированно в зависимости от типа дорожных покрытий.

13.11. Вследствие низкой трещиностойкости железобетонных конструкций при перевозке автомобильным

и железнодорожным транспортом необходимо предусмотреть специальные меры от ударов, сотрясений, сильных перекосов, вибрации, так как в ряде случаев их армирование не рассчитано на восприятие нагрузок, возникающих при движении транспортных средств.

13.12. Одним из основных мероприятий по обеспечению сохранности сборных железобетонных конструкций при перевозках их специализированным транспортом следует считать исключение из режима перевозки критических (максимальных) скоростей движения автопоездов. Критические скорости могут допускаться лишь при разгоне автопоездов или при снижении скоростей их движения, но не должны использоваться как постоянные скорости движения.

Переходные режимы движения автопоездов также являются неблагоприятными для сохранности перевозимых стропильных конструкций, особенно в тех случаях, когда скорости движения автопоездов изменяются вблизи их критических скоростей.

13.13. Наиболее благоприятным для обеспечения сохранности сборных железобетонных конструкций в процессе их перевозки является режим движения автопоездов с постоянной скоростью.

При планировании перевозки следует учитывать, что наибольшие динамические воздействия в транспортной системе возникают при движении автопоездов по дорогам с булыжным и грунтовым покрытием.

13.14. При назначении режима перевозки следует руководствоваться следующими положениями:

при перевозке специализированным автотранспортом максимальная скорость не должна превышать:

по асфальтобетонным дорогам в хорошем состоянии преднапряженных стропильных ферм пролетом 18, 24 м — 30 км/ч;

стропильных балок пролетом 12 и 18 м — 35 км/ч;

подстропильных ферм и балок — 40 км/ч;

плит покрытия 3×12 м — 35 км/ч;

плит покрытия 3×6 м — 25 км/ч;

по грунтовой или булыжной дорогам для всех конструкций — не более 8—10 км/ч;

при проезде через железнодорожный переезд — не более 10 км/ч.

13.15. В весеннее и осеннее время года при перевозке по грунтовым дорогам (стройплощадкам без сгацио-

нарных дорог) скорости должны быть уменьшены. Несоблюдение указанных рекомендаций может привести к образованию трещин, возникновению отколов и т. д.

13.16. При выборе способа перевозки новых конструкций для оценки динамических характеристик транспортных систем и изделий следует применять экспериментальный метод. Рекомендации по проведению таких испытаний приведены в приложении 21.

13.17. Перевозка преднапряженных конструкций железнодорожным транспортом на дальние расстояния без их повреждения или удорожания обеспечивается при соблюдении нижеследующих условий (при скорости перевозки до 80 км/ч):

размещении конструкций на открытом подвижном составе с соблюдением габарита погрузки (ГОСТ 9238—59) (по тарифу МПС перевозка негабаритных грузов связана с удорожанием от 50 до 400%);

максимальном использовании грузоподъемности средств транспорта.

13.18. Железобетонные конструкции рекомендуется перевозить в рабочем положении (за исключением тех случаев, когда это невозможно), обеспечивая их устойчивое положение на средствах транспорта. При использовании специальных приспособлений стоимость перевозки увеличивается на 1—2%.

13.19. К перевозке по железной дороге допускаются преднапряженные железобетонные конструкции, размещаемые как на одной платформе, так и на сцепе платформ. Железобетонные фермы можно укладывать с опорой как на одну платформу, так и на две. При этом части перевозимых железобетонных конструкций, выступающие за пределы длины платформы, должны защищаться платформами прикрытия (см. рис. 71 в приложении 21).

13.20. Перевозимые грузы следует надежно закреплять. Например, центр тяжести погруженных ферм должен находиться в точке пересечения продольной и поперечной осей платформы (допускается смещение: по длине — $\frac{1}{8}$ длины базы платформы, по ширине — 100 мм от продольной оси). Общий центр тяжести груженой платформы в норме не должен превышать по высоте 2,3 м от головки рельса.

13.21. Для крепления и опирания железобетонных из-

делий на подвижном составе железных дорог следует применять съемные устройства (деревянные, проволочные растяжки, подкосы из профильной стали, болты, хомуты, винтовые стяжки, растяжки стального троса и др.).

Расход материалов на крепление ферм, транспортируемых на платформах, по опыту многих заводов ЖБИ составляет на 1 т груза: стали 10—100 кг, древесины 0,02—0,04 м³.

13.22. При перевозке грузов большого веса (балки, фермы и др.) не рекомендуется закреплять их жестко в продольном направлении. Коэффициент динамичности в продольном направлении при жестком креплении груза больше (в 1,8 раза), чем при податливом креплении груза.

13.23. При перевозке предварительно напряженных ферм и балок на платформах в полувагонах — гондолах, на транспортерах и сцепах, состоящих из двух или трех четырехосных платформ (с опиранием на одну или две платформы), должна быть разработана для каждого случая технологическая документация (схемы размещения и закрепления на железнодорожных платформах) и согласована с управлением дороги.

13.24. При составлении технической документации на отгрузку (ферм и других большегабаритных конструкций) необходимо произвести расчет поперечной устойчивости от опрокидывания

$$0{,}762Q \geqslant 1{,}25\,(Ph_1 + Nh_2), \qquad (16)$$

где 0,762 — расстояние от проекции центра тяжести груженой платформы на горизонтальную плоскость до ребра опрокидывания поперек платформы (для железных дорог нормальной колеи при точном центрировании груза равно 1,524 : 2=0,762 м);

Q — суммарный вес платформы с грузом, тс;

P — сила ветра, действующая на платформу с грузом (тс), определяется по формуле $P=gF$ (g — удельная величина ветровой нагрузки, равная 0,05 тс/м²; F — площадь платформ и и груза, м²);

N — поперечная инерционная сила (тс), действующая на платформу с грузом на кривых; $N=0{,}23Q$ (0,23 — удельная величина поперечной инерционной силы на 1 тс веса груза);

h_1 — расстояние от головки рельса до центра приложения ветровой нагрузки, м;

h_2 — расстояние от головки рельса до центра приложения инерционных сил, м.

13.25. Для обеспечения сохранности крупноразмерных преднапряженных конструкций (ферм пролетом 18 и 24 м, балок пролетом 18 м, свай) при их перевозке по железной дороге следует применять специальные поворотно-скользящие приспособления — турникеты универсальные, имеющие подвижную и неподвижную опоры, позволяющие уменьшить влияние продольных усилий (особенно при больших скоростях и др.), или же различные контейнеры. При использовании турникетов или контейнеров должна быть обеспечена устойчивость конструкции путем дополнительных растяжек (приложение 21).

13.26. При отсутствии турникетов для сохранности преднапряженных ферм и тонкостенных конструкций скорость перевозки должна быть снижена (менее 80 км/ч).

14. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

14.1. При изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо соблюдать «Единые правила техники безопасности и производственной санитарии для предприятий промышленности строительных материалов», часть I (1969) и раздел XII части II и требования главы СНиП III-А.11-70 «Техника безопасности в строительстве», а также требования по технике безопасности, изложенные в настоящем Руководстве.

14.2. С правилами техники безопасности должны быть ознакомлены все инженерно-технические работники завода.

Начальники цехов, мастера смен, бригадиры и все рабочие, занятые изготовлением предварительно напряженных конструкций, обязаны сдать экзамены по технике безопасности.

14.3. К обслуживанию натяжных устройств и работе по заготовке и натяжению арматуры допускаются лица, обученные по специальной программе, изучившие устройство оборудования (натяжных домкратов, насосных станций и т. п.), а также технологию натяжения арматуры и сдавшие экзамен по технике безопасности.

14.4. Сварщики, арматурщики, обслуживающий персонал электротермических и электротермомеханических установок, а также бетонщики, гидродомкратчики и наладчики механизмов с электрическим питанием могут допускаться к самостоятельной работе по наладке и обслуживанию электросварочных машин и другого электрического оборудования после сдачи ими дополнительных экзаменов по технике безопасности по эксплуатации закрепленного за ними электрического оборудования.

14.5. Операция натяжения наиболее опасна по сравнению с другими операциями изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций, поэтому должны быть предусмотрены и строго выполняться меры предосторожности на случай обрыва арматуры.

14.6. Перед натяжением арматуры на стенде или силовой форме должны быть даны видимые световые и звуковые сигналы. Рабочие, не участвующие в натяжении арматуры, должны покинуть рабочее место.

14.7. Домкраты должны быть закреплены, чтобы при обрыве арматуры они не оглетели ни вдоль, ни поперек стенда.

14.8. Никто не должен находиться на обоих концах стенда.

14.9. Никто не должен стоять над натягиваемым арматурным элементом при измерении удлинения. Такие измерения должны осуществляться специальными инструментами или шаблонами из-за укрытия.

14.10. Для лиц, участвующих в проведении операции натяжения, должна быть обеспечена эффективная защита щитами, способными остановить летящий арматурный элемент. Эти щиты должны быть выполнены из железобетона или прочной древесины. Торцовые щиты из проволочных сеток не допускаются, так как оборванные проволоки и пряди могут пролетать через отверстия в сетке.

Необходимо также предусмотреть установку щитов, защитных сеток, съемных инвентарных хомутов и козырьков, предупреждающих выброс захватов и оборвавшихся стержней в стороны и вверх от продольной оси арматуры.

14.11. Стендовые линии, силовые формы, поддоны, инвентарные тяги и захватные приспособления перед сдачей в эксплуатацию должны подвергаться стати-

ческим испытаниям на нагрузку, превышающую проектную на 25%. Таким же испытаниям должно подвергаться указанное оборудование после ремонта и не реже одного раза в три месяца при нормальной эксплуатации.

14.12. Гидравлические домкраты, шланги, штуцера и другие гидравлические устройства перед пуском в работу, а также после ремонта и не реже одного раза в год в процессе эксплуатации должны подвергаться испытанию давлением, превышающим на 10% наибольшее рабочее давление.

14.13. Перед началом натяжения арматуры должна быть проверена исправность насосов, гидравлических или механических домкратов, устройств, регистрирующих усилие натяжения, и другого применяемого оборудования, а также состояние арматурных элементов (пучков, канатов или стержней).

14.14. Запрещается работать при неисправных механизмах и приборах, при отсутствии или неисправном заземляющем устройстве электрооборудования, при наличии течи масла в гидросистеме, а также производить осмотры, ремонт, очистку, обтирку и смазку движущихся частей гидродомкрата и насосной станции при работе механизмов.

14.15. Натяжение одиночной арматуры, группы арматурных элементов и пакетов следует производить с одной стороны.

14.16. При натяжении, подтяжке и отпуске (при помощи гидросистем) должны быть приняты необходимые меры предосторожности для предупреждения любых возможных перекосов натяжного оборудования и анкерных плит. Устранять перекос гидродомкрата ударами молотка запрещается.

14.17. Установки для нагрева арматуры должны иметь красную лампу, предупреждающую о том, что установка включена. На рабочих местах около установки для нагрева и высадки головок необходимо иметь резиновые коврики.

14.18. Гидравлическое оборудование, применяемое для натяжения арматуры, должно быть снабжено предохранительным клапаном, рассчитанным на максимально допустимую нагрузку при натяжении.

14.19. На рабочем месте у оборудования натяжения арматуры должна быть вывешена диаграмма и таблица

требуемых и предельных величин натяжения арматуры разных диаметров и типов.

14.20. Насосы с электродвигателями домкратных установок, электролебедки, установки для электротермического натяжения арматуры во время эксплуатации должны быть заземлены.

14.21. Все поддоны, кассеты и формы должны быть снабжены стационарными или съемными предохранительными козырьками, закрывающими упоры после натяжения арматуры и предохраняющими рабочих от травм в случае обрыва арматуры или анкеров.

14.22. Выход рабочих на стенд для устранения каких-либо дефектов в натянутой арматуре запрещается до снижения натяжения арматуры. Устранение дефектов в напрягаемой арматуре разрешается при усилии натянутой арматуры не свыше 0,2 от контролируемого.

14.23. Ненапрягаемая арматура и закладные детали, которые не могут быть смонтированы до натяжения арматурных элементов и пакетов, должны устанавливаться после первого этапа натяжения пакетов до усилия 40—50% проектной величины.

Если технология не позволяет напрягать арматуру в два этапа, должны быть приняты специальные меры по технике безопасности на случай обрыва арматуры. Установка ненапрягаемой арматуры и закладных деталей должна производиться со стороны, защищенной ограждающими приспособлениями от вылета арматуры при обрыве.

14.24. Не разрешается проводить какие-либо сварочные работы вблизи натянутой арматуры или места, где лежат высокопрочные стали, а также использовать напрягаемую арматуру для заземления электрического оборудования.

14.25. Зажимы и анкерные устройства следует хранить на специальных стеллажах, предохраняя их от коррозии. Клинья зажимов и анкерных плит должны содержаться в чистоте и быть смазанными графитом и др.

14.26. При работе на установках для электронагрева арматуры рабочие должны соблюдать следующие правила:

работать только на исправном оборудовании и в резиновой обуви;

выемку арматуры из контактов и укладку ее в упо-

ры стендов, кассет и форм производить после выключения тока;

нагретую арматуру брать за холодные концы только в рукавицах, а при захвате за горячие участки стержней пользоваться крюками, вилочными захватами или термостойкими рукавицами;

после укладки арматуры устанавливать в рабочее положение предохранительные козырьки и другие ограждающие устройства, предусмотренные при изготовлении данного изделия;

при работе на контактных стыковых машинах пользоваться защитными очками и выполнять все указания по технике безопасности, изложенные в инструкции, прилагаемой к машине.

14.27. Во избежание образования искр и поражения глаз запрещается после подачи напряжения на контакты прижимать нагреваемую арматуру к губкам. Не разрешается ударами насаживать нагретые стержни арматуры на упоры.

14.28. Запрещается находиться на стенде или форме и производить работы по установке арматурных каркасов до полного остывания арматуры, натянутой электронагревом, и до установки защитных приспособлений.

14.29. При отпуске натяжения арматуры запрещается находиться на концах стендовых линий, а также в непосредственной близости к оборудованию для отпуска натяжения, анкерным устройствам и свободным участкам арматуры.

14.30. Обрезку арматуры в торцах конструкций разрешается производить после полного отпуска натяжения. Перерезание отпущенной арматуры должно выполняться в строгом соответствии с техникой безопасности при распалубке изделий. При обрезке напрягаемой арматуры резчик должен находиться сбоку от арматуры.

14.31. Перед снятием готового элемента со стенда или формы необходимо проверить, все ли стержни напрягаемой арматуры обрезаны и освобождены ли секторные и выдвижные упоры от усилия натянутых стержней.

14.32. В течение срока службы оборудования необходимо вести записи в журнале, где указывать: дату ввода в действие оборудования; дату и причины отдель-

ных узлов или деталей, включая зажимы, анкерные плиты и клинья; сроки технических осмотров и выполненных ремонтов; сроки тарирования домкратов и манометров для них; случаи аварии, причины их возникновения и меры, принятые для их устранения.

14.33. При изготовлении железобетонных конструкций необходимо предохранять рабочих от вредных воздействий вибраций.

14.34. *При выполнении операций*, не имеющих специфических особенностей, присущих изготовлению предварительно напряженных конструкций (приготовление и укладка бетонной смеси, установка и рихтовка форм, распалубливание, транспортирование и складирование готовой продукции), следует руководствоваться действующими правилами по технике безопасности при изготовлении обычных сборных железобетонных конструкций.

15. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

15.1. Технико-экономический расчет эффективности способов производства преднапряженных конструкций, выбор оптимальной технологии, выявление рациональных отдельных технологических операций и видов оборудования рекомендуется производить в соответствии с «Руководством по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий» (М., Стройиздат, 1971).

15.2. *Выбор способа изготовления длинномерных* преднапряженных изделий следует производить на основе всестороннего технико-экономического анализа с учетом всех технических и экономических факторов и потребности данных изделий.

15.3. Для анализа экономической эффективности способов производства необходимы следующие исходные данные:

годовая производительность;

расход основных материалов на единицу продукции;

количество рабочих и их расстановка по постам;

набор, масса и стоимость оборудования и форм;

производственная площадь;

потребность в паре и электроэнергии;

стоимость оборудования и строительных конструкций зданий цехов и спецсооружений в цехах.

15.4. Оценка эффективности технологии изготовления преднапряженных конструкций производится сравнением нескольких вариантов. Основным критерием экономической эффективности технологии или отдельной операции являются приведенные затраты на единицу продукции:

$$П = C + EK, \tag{17}$$

где C — себестоимость единицы продукции, руб.;

K — удельные капиталовложения на единицу продукции (стоимость здания цеха, специальных сооружений, технологического оборудования), руб.;

E — нормативный коэффициент эффективности, равный для промышленности строительных материалов 0,12.

15.5. Себестоимость продукции складывается из стоимости материалов ($C_м$) и затрат на переработку ($C_п$) (заработная плата производственных рабочих, стоимость пара и электроэнергии, затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общезаводские расходы) и определяется по формуле

$$C = C_м + C_п = C_м + C_э + C_{об} + Ц + О + Z, \tag{18}$$

где $C_э$ — стоимость пара и электроэнергии;

$C_{об}$ — затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;

$Ц$ — цеховые расходы;

$О$ — общезаводские расходы;

Z — заработная плата производственных рабочих на единицу продукции.

15.6. Стоимость материалов принимается по прейскурантам плюс затраты на доставку их потребителю. Для конкретных условий действующего завода стоимость материалов принимается фактическая, по какой этот завод получает их или будет получать.

Для оценки проектных решений можно принимать:

стоимость портландцемента марки 400 с добавками более 5%	— 18,44 руб/т;
то же, марки 500	— 22,44 руб/т;
стоимость шлакопортландцемента марки 400	—13,44 руб/т.

Примечание. В стоимость цементов не входят затраты на возможное затаривание.

15.7. Полная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле

$$Z = 1{,}4чФ, \qquad (19)$$

где 1,4 — коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, премии и отчисления на соцстрах;

$ч$ — трудоемкость изготовления изделия в чел.-ч на единицу продукции;

$Ф$ — часовая ставка рабочего-сдельщика.

Часовая ставка определяется средневзвешенным тарифным разрядом бригады или звена рабочих и равна:

при 3-м разряде — 51,3 коп.;
» 4-м » — 57,7 коп.;
» 5-м » — 64,9 коп.

Но в большинстве случаев средневзвешенный тарифный разряд рабочих, занятых в арматурных и формовочных цехах, равен 4. Поэтому за отсутствием исчерпывающих данных о квалификации рабочих бригады или звена можно принимать удельную заработную плату (на единицу продукции)

$$Z = 1{,}4 \cdot 0{,}577ч = 0{,}8ч.$$

15.8. Капиталовложения в производство состоят из:

стоимости здания цеха (для типового пролета размером 144×18 м, высотой до подкранового пути 8,05 м стоимость 1 м² площади цеха составляет в среднем 105 руб.);

стоимости спецсооружений (фундаменты под оборудование, камеры твердения, коммуникации и т. д.) — в среднем 100—140 тыс. руб. на пролет;

стоимости оборудования и форм.

15.9. Стоимость оборудования, форм и инвентаря принимается по действующим прейскурантам плюс затраты на доставку и монтаж: на транспорт при массе данной единицы оборудования до 1 т — 8%, более 1 т — 5,4%, на монтаж оборудования (кроме форм, вагонеток и инвентаря) — 8%.

Стоимость 1 т вновь создаваемых экспериментальных машин, агрегатов и инвентаря или головных образцов машин (с монтажом) следует устанавливать применительно к удельной стоимости аналогичного по назначению и сложности оборудования, указанного в прейскурантах.

15.10. В отдельных случаях, когда установить унифицированную стоимость экспериментального или головного образца оборудования затруднительно, допускается для технико-экономических расчетов принимать его фактическую (по калькуляции завода-изготовителя) стоимость, с уменьшающим коэффициентом 0,67 на последующую серийность.

15.11. При сравнении различных способов производства конструкций массу и стоимость оборудования одинакового назначения на этих линиях следует принимать одинаковыми (одинаковые бетоноукладчики на изготовление аналогичных изделий, одинаковые краны и т. д.). Исключение делается в тех случаях, когда показатели данных машин определяются технологией производства.

15.12. Учитывая, что фактическая масса стальных форм, запроектированных различными организациями и изготовленных на разных заводах, колеблется в больших пределах даже для одного и того же изделия, следует во всех случаях анализа эффективности сравниваемых производств проверить массу форм по формулам и методике, приведенной в «Руководстве по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий» или в «Руководстве по расчету и проектированию стальных форм».

15.13. Массу обычно применяемой оснастки для захвата и натяжения арматуры на длинных стендах, специализированных на изготовление одного типоразмера изделий (без запасных комплектов на переналадку), рекомендуется принимать по табл. 31.

Таблица 31

Масса оснастки для захвата и натяжения арматуры

Количество полос на стендах	Масса оснастки (т) при предельном усилии натяжения арматуры на упоры одной полосы (т)					
	50	100	200	300	400	500
Одна	0,3	0,6	1,1	1,6	2,5	3,9
Две	0,6	1,2	2,1	3,2	4,9	7,8

Примечания: 1. Полоса (формовочное поле) типового стенда имеет ширину 4,1 м.

2. Если на полосе располагаются две технологические нитки, масса оснастки делится между ними поровну.

15.14. Удельные расходы на содержание и эксплуатацию оборудования определяются по формуле

$$G_{э.о} = 4\frac{\Sigma A_{об} + 2\Sigma A_{ф}}{P} \qquad (20)$$

где $\Sigma A_{об}$ — сумма амортизационных отчислений, определяется по всем агрегатам и машинам рассматриваемого производства;

$\Sigma A_{ф}$ — то же, по формам;

P — годовая производительность линии в принятых единицах;

4 и 2 — коэффициенты затрат на средний и текущий ремонты.

Цеховые расходы определяются по формулам:

для формовочного цеха

$$Ц_{ф} = \frac{Д_{ц} + 3{,}5\Sigma A_{зд} + 2\Sigma A_{с.с}}{P} + 0{,}2Z_{ф}; \qquad (21)$$

для арматурного

$$Ц_{а} = \frac{8}{P}\omega + 0{,}3Z_{а}, \qquad (22)$$

где $Д_{ц}$ — годовой оклад персонала цеха (при 2-сменной работе — 10 тыс. руб. на пролет, при 3 сменной—14 тыс. руб.);

$\Sigma A_{зд}$ и $\Sigma A_{с.с}$ — соответственно отчисления на амортизацию здания цеха и спецсооружений;

3,5 и 2 — коэффициенты затрат на текущие, средние ремонты и профилактику, а для зданий, кроме того, затраты на отопление, освещение и вентиляцию.

15.15. Амортизационные отчисления определяются в соответствии с утвержденными нормами: здания — 2,5% балансовой стоимости; станки для переработки арматуры — 20,9%; виброплощадки — 25,5%; бетоноукладчики и раздатчики — 20,4%; установки для натяжения арматуры — 14,6%; сварочные трансформаторы — 34,2%; приводы конвейера, подъемники и снижатели, толкатели и т. д. — 14,2%; краны мостовые — 8,8%; формы металлические — 28,2%.

Примечание. Приведенные нормы соответствуют 2 сменной работе оборудования.

Отчисления на амортизацию корпусов цанговых зажимов и анкерных колодок принимаются 15,8% их стоимости.

Отчисления на амортизацию сменных деталей анкерных устройств устанавливаются исходя из долговечности этих деталей:

губки цанговых зажимов — 100 оборотов; клинья для колодок и анкерные плиты с колодками — 50 оборотов.

15.16. Сопоставление по полным приведенным затратам рекомендуется во всех случаях, когда применяются значительно отличающиеся составы бетонных смесей, разные сорта цемента, различное армирование и класс арматурной стали. В случае когда изготовляемые на сравниваемых технологических линиях изделия идентичны по расходу материалов, экономическую оценку можно производить по приведенным затратам только на переработку

$$П = С_п + ЕК, \qquad (23)$$

где $С_п$ — себестоимость переработки единицы продукции в цехе.

15.17. Если величина приведенных затрат на сравниваемых производствах примерно равна, необходимо учитывать следующие дополнительные показатели по степени их важности: (минимум) удельных капиталовложений; трудоемкости; удельной металлоемкости; расхода основных материалов; производственной площади, необходимой для размещения данного производства.

Следует также учитывать гибкость технологии (возможность быстрой переналадки оборудования для увеличения выпуска отдельных конструкций благодаря сокращению выпуска других).

15.18. Максимально допускаемая продолжительность полного цикла формования на агрегатно-поточной или конвейерной линии принимается по табл. 32 в соответствии с действующими «Нормами технологического проектирования предприятий сборного железобетона» (Минпромстройматериалы, 1972).

15.19. Рекомендуется в расчетах принимать следующую длительность оборота стендов:

длинных, номинальной длиной 100 м — не более 2 сут;

Таблица 32

Максимально допускаемая продолжительность формования на одной виброплощадке

Наименование и характеристика изделий	Продолжительность формования (мин) на одной виброплощадке размерами, м			
	до 3×6		3×12	
	Объем бетона одной формовки, м³			
	до 1,5	до 3,5	до 3	до 5
Однослойные изделия несложной конфигурации	12	15	22	28
Однослойные изделия сложной конфигурации (с высокими тонкими ребрами)	15	20	34	40
Многослойные или офактуренные панели	30	35	45	50

Примечания: 1. В цикл формования входит время на перемещение формы.

2. При автоматизированных формовочных постах максимально допустимый цикл формования уменьшается на 0,8.

то же, 75 м — не более 1,5—2 сут;

коротких (на одно-два изделия по длине или по ширине) и стендовых силовых форм — не более 1 сут.

15.20. Длительность тепловой обработки рекомендуется принимать по нормам технологического проектирования или близким к ним. Большие отклонения могут допускаться в случаях, когда это вызывается особенностями технологии формования и тепловой обработки.

Во всех случаях продолжительность тепловой обработки должна быть оптимальной, не вызывающей значительных перерасходов цемента или повышения металлоемкости оборудования. При решении вопроса об оптимальной продолжительности тепловой обработки следует, как правило, исходить из принципа максимальной, экономически оправданной экономии цемента.

При проектировании формовочной линии следует избегать очень коротких режимов, вызывающих большой перерасход цемента.

15.21. При реконструкции действующего производства, если существующее здание цеха не позволяет разместить тепловые агрегаты с нормативной продолжительностью тепловой обработки, допускается в виде исключения принимать укороченные режимы.

15.22. При организации производства на действующем предприятии отклонения в продолжительности тепловой обработки от нормативных в ту или другую сторону допускаются, если:

это определяется пропускной способностью действующих тепловых агрегатов;

цемент по своему качеству и свойствам требует удлинения тепловой обработки против нормативного времени.

15.23. Марка и расход портландцемента или шлакопортландцемента при оценке проектной линии принимаются по СН 386-68 для соответствующей марки бетона и удобоукладываемости смеси.

Если продолжительность тепловой обработки отличается от нормативной, то расход цемента рекомендуется принимать по табл. 49 приложения 22.

15.24. Отходы арматурной стали, получаемые при заготовке арматурных элементов и при армировании, принимаются по фактическим данным, применительно к рассматриваемой технологии.

15.25. Затраты на заготовку, укладку и натяжение напрягаемой арматуры (трудоемкость и стоимость работ, но без стоимости металла) рекомендуется принимать по табл. 50 и 51 приложения 22.

Фактические трудовые и денежные затраты учитываются только в том случае, когда технология заготовки и армирования значительно отличается от приведенных в таблицах.

Если оборудование на заготовке и натяжении арматуры работает не на полную нагрузку, стоимость работ увеличивается на коэффициент, принимаемый по табл. 52 приложения 22.

15.26. Денежные и трудовые затраты на заготовку арматурных сеток каркасов и отдельных ненапрягаемых стержней рекомендуется принимать по табл. 53 и 54 приложения 22.

15.27. Рекомендуются следующие рациональные области применения стендов различных типов:

длинные стенды — при неизменной продукции и большой потребности в изделиях данного типоразмера, позволяющей обеспечить максимальную стабильную загрузку стендов;

короткие стенды — при устойчивой продукции и малой потребности в ней;

силовые формы — при периодически меняющейся продукции.

15.28. Необходимо обеспечивать такую организацию производства, при которой длинные стенды могут устойчиво делать 1—0,75 оборота в сутки.

15.29. Для изготовления ферм пролетом 18 и 24 м рекомендуются короткие стенды и стендовые силовые формы.

Не рекомендуется применение многоместных пакетных (кассетных) форм.

Двухгнездные кассеты можно рекомендовать для изготовления ферм пролетом 18 м при условии снижения времени оборота до 1 сут.

15.30. Агрегатно-поточное производство ферм пролетом 18 и 24 м можно рекомендовать применять наряду с силовыми стационарными формами только в случае снижения цикла формования соответственно до 1—1,6 ч и при массовом потреблении этих изделий в экономически оправданном радиусе перевозок.

15.31. Для ферм рекомендуются разработанные Ленинградским ПИ-1, Пермским Оргтехстроем и ЦНИИОМТП наиболее рациональные силовые формы с обжатием, близким к центральному, благодаря чему существенно снижается масса форм.

15.32. Балки пролетом 12 и 18 м рекомендуется изготавливать на коротких стендах и в стендовых силовых формах.

15.33. Для производства плит покрытий размером 3×6 и 3×12 м рекомендуется агрегатно-поточная технология.

15.34. Применение для анкерования привариваемых дуговой сваркой коротышей или петель можно допускать только в виде исключения или как временную меру ввиду большой трудоемкости и расхода металла.

В первую очередь рекомендуется для анкерования стержневой арматуры применять анкерные зажимы, высадку головок и опрессовку шайб.

15.35. Рекомендуется при заготовке проволочной или прядевой арматуры производить групповую протяжку заготавливаемых элементов (одновременно протягивать весь пакет).

15.36. Механическое натяжение стержневой арматуры рекомендуется, как правило, производить групповое,

по нескольку стержней одновременно, если это возможно по расположению стержней.

15.37. Электротермическое натяжение стержневой арматуры рекомендуется в первую очередь применять при малых диаметрах и небольшой длине стержней.

15.38. Способ непрерывного армирования проволочной и прядевой арматуры в первую очередь рекомендуется при изготовлении изделий в перемещаемых формах, на коротких стендах и в стендовых силовых формах.

ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ В УНИФИЦИРОВАННЫХ ПРОЛЕТАХ УТП-1, РАЗРАБОТАННЫЕ ИНСТИТУТОМ ГИПРОСТРОММАШ

Технологическая линия изготовления преднапряженных длинномерных конструкций на коротких стендах приведена на рис. 29. Производительность линии 20 600 м³ в год. Максимальная ширина изделий 700 мм, высота 1600 мм. Максимальное усилие натяжения, воспринимаемое упорами стендов, 550 т. Натяжение арматуры

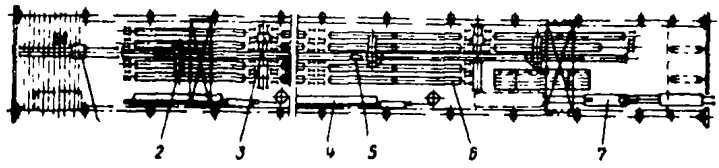


Рис. 29. Технологическая линия изготовления преднапряженных длинномерных конструкций на коротких стендах

1 — тележка с бадьей; 2 — бетонораздатчик; 3 — гидродомкрат (500 т); 4 — оборудование для заготовки напрягаемой арматуры; 5 — тележка для питания виброинструмента; 6 — формы; 7 — тележка для вывоза готовой продукции

производится гидродомкратами 2348/5 усилием 500 т и гидродомкратом ДС 63-315 усилием 63 т. Заготовка проволочной и прядевой арматуры осуществляется на линии СМЖ-213, а стержневой арматуры — на установках 7151/11С и 7151/10А. Подача бетонной смеси в формы производится при помощи консольного бетонораздатчика 6578А. Масса технологического оборудования 307—363 т, в том числе масса форм 176 т.

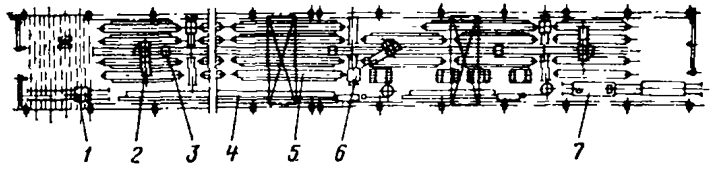


Рис. 30. Технологическая линия изготовления преднапряженных длинномерных конструкций в силовых формах

1 — тележка с бадьей; 2 — бетонораздатчик; 3 — тележка для питания виброинструмента; 4 — оборудование для заготовки напрягаемой арматуры; 5 — силовые формы; 6 — гидродомкрат (500 т); 7 — тележка для вывоза готовой продукции

Технологическая линия изготовления преднапряженных длинномерных конструкций в силовых формах дана на рис. 30. Производительность линии 26 000 м³ в год. Максимальная ширина изделий 700 мм, высота 1600 мм. Натяжение арматуры производится

гидродомкратом 2348/5 усилием 500 т и гидродомкратом ДС 63-315 усилием 63 т. Заготовка проволочной и прядевой арматуры осуществляется на линии СМЖ-213, а стержневой арматуры — на установках 7151/11С и 7151/10А. Подача бетонной смеси в формы производится при помощи консольного бетонораздатчика 6578А. Масса технологического оборудования 560—580 т, в том числе масса форм — 415—445 т.

Технологическая линия изготовления преднапряженных плит и перекрытий размером до 3×6 м представлена на рис. 31. Средняя производительность 30 000 м³ в год. Грузоподъемность виброплощадки 15 т. Предварительно напряженные конструкции изготовляются со стержневой арматурой, напрягаемой электротермическим способом. Для нагрева арматуры применяются установки 6596С/2.

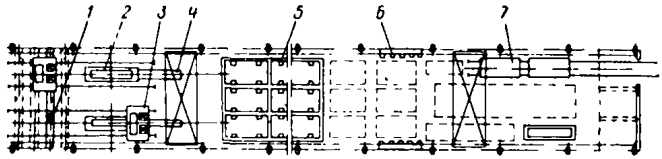


Рис. 31. Технологическая линия изготовления преднапряженных плит перекрытий размером до 3×6 м

1 — бункер подачи бетона; 2 — виброплощадка; 3 — бетоноукладчик; 4 — формоукладчик; 5 — стойки ямных камер тепловой обработки; 6 — установка для нагрева стержней; 7 — тележка для вывоза готовой продукции

Установленная мощность электродвигателей оборудования 335 квт и трансформаторов для нагрева — 100 ква. Масса технологического оборудования (без форм и поддонов) — 140 т. Заготовка стержневой арматуры с высадкой анкеров на машине СМЖ-128 производится в арматурном цехе.

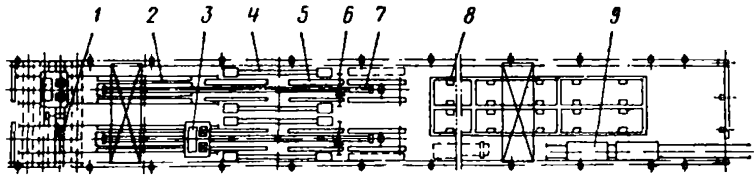


Рис. 32. Технологическая линия изготовления преднапряженных плит покрытий размером до 3×12 м

1 — бункер подачи бетона; 2 — виброплощадка; 3 — бетоноукладчик; 4 — стеллаж для арматуры; 5 — рольганг; 6 — установка гидродомкратов для натяжения арматуры; 7 — привод конвейера; 8 — стойки ямных камер тепловой обработки; 9 — тележка для вывоза готовой продукции

Технологическая линия изготовления преднапряженных плит покрытий размером 3×12 м дана на рис. 32. Средняя производительность линии 36 000 м³ в год. Грузоподъемность виброплощадки 24 т. Предварительно напряженные конструкции изготовляются с механическим натяжением арматуры и отпуском усилия натяжения при помощи гидродомкратов ДС 63-315. Установленная мощ-

ность электродвигателей оборудования 161 кВт. Масса технологического оборудования (без форм и поддонов) 226 т. Заготовка пакетов проволочной и прядевой арматуры на линии СМЖ-213, а также стержневой арматуры на установках 7151/11С, 7151/10А производится в арматурном цехе.

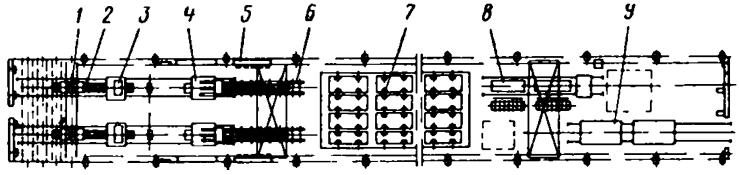


Рис. 33. Технологическая линия изготовления преднапряженных многопустотных плит перекрытий

1 — бункер подачи бетона; 2 — формовочная машина; 3 — бетоноукладчик, 4 — самоходный портал с бортоснасткой и виброщитом; 5 — установка для нагрева стержней; 6 — транспортная линия; 7 — стойки ямных камер тепловой обработки; 8 — машина для отделки изделий; 9 — тележка для вывоза готовой продукции

Технологическая линия изготовления преднапряженных многопустотных плит перекрытий дана на рис. 33. Производительность линии (в плотном теле) 32 700 м³ в год. Пустотные плиты изготовляются со стержневой арматурой, напрягаемой электротермическим способом. Для нагрева арматуры применяется установка 6595С/2. Заготовка стержневой арматуры с высадкой анкеров на машине СМЖ-128 производится в арматурном цехе. Формование изделий осуществляется на формовочной машине СМЖ-227 с применением самоходного портала СМЖ-228 для установки бортоснастки и виброщитов.

Общая масса технологического оборудования 549 т, в том числе масса поддонов 370 т.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

УКАЗАНИЯ ПО УПРОЧНЕНИЮ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ КЛАССА А-III ВЫТЯЖКОЙ

1. Упрочнение вытяжкой производится для повышения предела текучести стали, величина которого определяется напряжением в стали, достигаемым при вытяжке. Со временем или после технологического нагрева (контактный электронагрев, пропарка изделий и т. п.) предел текучести повышается в результате старения, а пластические свойства при этом несколько уменьшаются.

2. Предельные значения удлинений при вытяжке стали 35ГС (33ГТ) 4,5%, они обеспечивают оптимальное увеличение предела текучести и позволяют сохранить достаточно высокие пластические свойства стали после упрочнения ($\delta_5 \geqslant 12\%$ и $\delta_р \geqslant 4\%$).

Вытяжка стали до удлинений, превышающих предельные, не допускается.

3. Упрочнение вытяжкой стали марок 35ГС (33ГТ) и 25Г2С следует производить до контролируемого удлинения соответственно 4,5 и 3,5% и напряжения не менее 5500 кгс/см².

Допускается производить упрочнение только до контролируемого удлинения без контроля напряжения, однако при этом расчетное сопротивление стали принимается 4000 кгс/см² вместо 4500 кгс/см² при двойном контроле.

4. Арматурная сталь, подлежащая упрочнению вытяжкой, должна быть разделена на партии.

Масса партии не должна превышать 10 т. В партию должна входить сталь одного диаметра и одной марки.

5. Механические свойства стали до упрочнения устанавливаются по заводским сертификатам. Если они отсутствуют, то производятся контрольные испытания стали в соответствии с требованиями ГОСТ 5781—61 и ГОСТ 12004—66.

Используемая для упрочнения сталь должна отвечать по своим механическим свойствам требованиям, предъявляемым ГОСТ 5781—61 к стали класса А-III.

6. Величина усилия упрочнения устанавливается по теоретической площади поперечного сечения.

7. При упрочнении стали вытяжкой с контролем усилия и удлинения необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

вытяжка производится до усилия, соответствующего напряжению 5500 кгс/см² при условии, что удлинение не превышает 4,5%;

если усилие достигло заданной величины, а удлинение не достигло предельных значений, вытяжка прекращается и стержни принимаются как упрочненные с контролем усилия и удлинения;

если удлинение при вытяжке достигло предельного значения, а напряжение в стали не достигло 5500 кгс/см², вытяжка прекращается, а стержни отбраковываются.

8. Отбракованные стержни могут быть вновь предъявлены к приемке после определенной выдержки (не менее 24 ч) или прогрева в пропарочной камере при температуре 80—90°С в течение 4—6 ч, если контрольные испытания покажут, что условный предел текучести стали за счет старения достиг 5500 кгс/см², а пластические свойства не менее, чем указано в п. 2 данного приложения.

Если эти условия не удовлетворяются, отбракованные стержни могут быть использованы как упрочненные без контроля напряжения, т. е. с пониженным расчетным сопротивлением.

9. Для контроля за качеством упрочненной вытяжкой стали от каждой партии отбирается по два образца для испытания на растяжение в соответствии с требованиями ГОСТ 12004—66. Механические свойства стали должны отвечать требованиям табл. 1 и пп. 2 и 7 данного приложения.

При получении результатов испытаний, не удовлетворяющих этим требованиям, производится повторное испытание удвоенного количества образцов.

При получении неудовлетворительных результатов повторного испытания хотя бы на одном образце партия стали подлежит отбраковке.

При использовании партий стали, отбракованных из-за низкой величины предела текучести, следует руководствоваться указаниями п. 8 данного приложения.

Во всех остальных случаях применение отбракованных партий стали как арматуры класса А-IIIв не допускается и вопрос об их использовании в каждом конкретном случае решается осо-

бо с привлечением представителей завода-изготовителя стали и проектной организации — автора проекта изготовляемых предварительно напряженных железобетонных изделий.

10. Упрочнение арматурной стали вытяжкой с контролем усилия и удлинений, а также с контролем только удлинений должно, как правило, производиться на специальных установках, имеющих механический или гидравлический привод.

11. Установки для упрочнения вытяжкой должны быть снабжены быстродействующими зажимными устройствами для закрепления концов стержней. При этом длина захвата стержня в зажимах должна быть минимальной ($2d$—$3d$). Зажимные устройства не должны вызывать изгиба стержней.

12. Установки должны обеспечивать, как правило, вытяжку арматуры на длину, которая после упрочнения стали соответствовала бы заданному размеру. Следует учитывать, что после вытяжки длина стержней сократится за счет упругого укорочения в среднем на 0,35% (укорочение стержней после упрочнения может колебаться в пределах от 0,2 до 0,5%). При упрочнении арматуры вытяжкой с контролем усилия и удлинений допускается, в случае необходимости получения заданной длины, превышать усилие вытяжки в пределах до 10%, если удлинения не достигли предельных величин.

Вместе с тем допускается производить упрочнение пакетов стержней при условии использования их целиком в одной конструкции. При этом должны быть приняты меры, обеспечивающие равномерное удлинение всех стержней во время вытяжки.

13. В установках с механическим приводом, где удлинение стали осуществляется винтовым механизмом, лебедкой с полиспастом или без него, а также иным способом, величина усилий контролируется динамометром, включенным последовательно с упрочняемыми стержнями, или контрольным грузом, подъем которого обеспечивает заданную величину усилия вытяжки.

Усилие от груза передается стержням тросами через систему блоков или рычажным устройством, как правило, со стороны, противоположной механизму, осуществляющему удлинение стали.

14. В установках с гидравлическим приводом величина усилия контролируется по показанию манометров.

При ограниченном ходе поршня гидравлического домкрата допускается применять приспособление с устройством, обеспечивающим возможность перестановки домкрата. При этом допускается ступенчатое увеличение усилия с промежуточной фиксацией или даже полная разгрузка на время перестановки домкрата.

15. Контроль величины удлинений при вытяжке, как правило, должен производиться непосредственно по замерам деформаций стержней.

Измерения могут вестись шаблонами по меткам или специальными съемными приспособлениями, устанавливаемыми на стержне.

16. Допускается производить контроль удлинений по перемещению подвижных захватов или устройств, к которым они прикреплены. За начало отсчетов удлинений принимается положение захватов, при котором стержни будут напряжены на 20—25% требуемой величины усилия. При этом исключаются удлинения за счет податливости частей установки, устраняется кривизна стержней и происходит первоначальное обжатие стержней в захватах.

17. В случаях упрочнения арматуры на механических установ-

ках необходимо перед началом проверять соответствие показаний удлинений по перемещению захватов с удлинениями, замеренными непосредственно на стержнях. Кроме того, такая проверка должна производиться в начале каждой смены.

18. Замер удлинения арматуры при вытяжке должен производиться с точностью $\pm 5\%$ его заданной величины.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РАСЧЕТНЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Таблица 33

Стержневая арматура

Вид и класс	Нормативное сопротивление арматуры и расчетное сопротивление для второй группы предельного состояния, кгс/см²	Расчетные сопротивления арматуры для первой группы предельных состояний, кгс/см²	
		растянутой: продольной; поперечной (хомутов и отгибов) при расчете на изгиб по наклонному сечению	сжатой
Горячекатаная круглая (гладкая) класса A-I	2400	2100	2100
Горячекатаная периодического профиля класса:			
A-II	3000	2700	2700
A-III	4000	3400	3400
A-IV	6000	5000	4000
A-V	8000	6400	4000
Термически упрочненная класса:			
Ат-IV	6000	5000	4000
Ат-V	8000	6400	4000
Ат-VI	10 000	8000	4000
Упрочненная вытяжкой класса A-IIIв:			
с контролем напряжений и удлинений	5500	4500	4000
с контролем удлинений	5500	4000	4000

Таблица 34

Проволочная арматура

Вид и класс проволочной арматуры	Диаметр, мм	Нормативное сопротивление арматуры и расчетное сопротивление для второй группы предельного состояния, кгс/см²	Расчетные сопротивления арматуры для первой группы предельных состояний, кгс/см²	
			растянутой: продольной; поперечной и отогнутой при расчете на изгиб по наклонному сечению	сжатой
Проволока арматурная обыкновенная гладкая при применении в сварных сетках и каркасах класса В-I	2, 4, 5	5500	3150*	3150
Проволока арматурная обыкновенная периодического профиля класса Вр-I	3 и 4	5500	3500	3500
	5	5250	3400	3400
Проволока высокопрочная арматурная гладкая класса В-II	3	19 000	12 300	4000
	4	18 000	11 600	4000
	5	17 000	11 000	4000
	6	16 000	10 300	4000
	7	15 000	9700	4000
	8	14 000	9000	4000
Проволока высокопрочная арматурная периодического профиля класса Вр-II	3	18 000	11 600	4000
	4	17 000	11 000	4000
	5	16 000	10 300	4000
	6	15 000	9700	4000
	7	14 000	9000	4000
	8	13 000	8400	4000
Семипроволочные арматурные канаты класса К-7	4,5	19 000	12 300	4000
	6	18 500	11 900	4000
	7,5	18 000	11 600	4000
	9	17 500	11 300	4000
	12	17 000	11 000	4000
	15	16 500	10 600	4000
Девятнадцатипроволочные арматурные канаты класса К-19	14	18 000	11 600	4000

* Для обыкновенной арматурной проволоки класса В-I, применяемой для хомутов вязаных каркасов, расчетные сопротивления принимаются такими же, как для стержневой арматуры класса А-I (см. табл. 33).

Таблица 35

Условные обозначения арматурных сталей в чертежах конструкций и в спецификации к ним

Наименование и класс арматурной стали	Пример обозначения
Горячекатаная арматурная сталь гладкая класса А-I	2 ⌀ 20А-I
Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-II	2 ⌀ 20А-II
То же, класса А-III	2 ⌀ 20А-III
То же, класса А-IV	2 ⌀ 20А-IV
Термически упрочненная арматурная сталь класса Ат-IV	2 ⌀ 20Ат-IV
То же, класса Ат-V	2 ⌀ 20Ат-V
То же, класса Ат-IV	2 ⌀ 20Ат-VI
Холоднотянутая обыкновенная арматурная проволока гладкая класса В-I	2 ⌀ 5В-I
То же, периодического профиля класса Вр-I	2 ⌀ 5Вр-I
Высокопрочная арматурная проволока гладкая класса В-II	2 ⌀ 5В-II
То же, периодического профиля класса Вр-II	2 ⌀ 5Вр-II
Семипроволочные спиральные арматурные канаты класса К-7	2 ⌀ 15К-7
Девятнадцатипроволочные спиральные арматурные канаты класса К-19	2 ⌀ 14К-19
Двухпрядные арматурные канаты класса К2×12	2 ⌀ 28 К2×12
Трехпрядные арматурные канаты класса К3×19	2 ⌀ К3×19

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ТРЕБОВАНИЯ К МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ

Таблица 36

Обыкновенная арматурная проволока

Вид арматуры	Класс	Диаметр d, мм	ГОСТ или ТУ	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, кгс/см², не менее	Относительное удлинение после разрыва*		Число перегибов
					равномерное $\delta_р$, %	полное δ_{100}, %	
Круглая	В-1	3—5,5	ГОСТ 6727—53	5500	—	—	4
		6—7	То же	4500	—	—	4
		8—10		4500	—	—	4**
Периодического профиля	Вр-I	4	ТУ 14-4-9-71	690 кгс***	1,0	2,5	4
		5	То же	1030 кгс***	1,0	3,0	4

* Требования к относительным удлинениям после разрыва $\delta_р$ и δ_{100} являются факультативными и служат для накопления данных.

** Проволока диаметром 8—10 мм должна выдерживать пробу на загиб в холодном состоянии на 180° вокруг оправки диаметром, равным диаметру испытываемой проволоки.

*** В соответствии с ТУ14-4-9-71 для проволоки класса Вр-I браковочной величиной является разрывное усилие.

Таблица 37

Стержневая арматурная сталь

Арматурная сталь			Диаметр d, мм	Документы, регламентирующие качество арматурной стали	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, кгс/см²	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$, кгс/см²	Относительное удлинение после разрыва δ_5 (%), не менее	Угол загиба в холодном состоянии, C—диаметр оправки
вид	класс	марка						
Стержневая горячекатаная круглая гладкая	А-I	Ст 3 сп 3 Ст 3 пс 3 Ст 3 кп 3 В Ст 3 сп 2 В Ст 3 пс 2 В Ст 3 кп 2	6—40	ГОСТ 5781—61, ГОСТ 380—71	2400	3800	25	180°, $C=0$
Стержневая горячекатаная периодического профиля	А-II	В Ст 5 сп 2 В Ст 5 пс 2	10—40 10—40	ГОСТ 5781—61 ГОСТ 380—71	3000	5000	19	180°, $C=3d$
		10ГТ	10—32	ЧМТУ 1-89-67	3000	4500	25	
		18Г2С	40—90	ГОСТ 5781—61	3000	5000	19	
		18Г2С	10—40	ГОСТ 5058—65				
	А-III	25Г2С	6—40	ГОСТ 5781—61	4000	6000	14	90°, $C=3d$
		35ГС	6—40	ГОСТ 5781—61				
		33ГТ	6—40	ГОСТ 5781—61				
		18Г2С	6—9	ГОСТ 5058—65				

Примечание. Если в проектах для горячекатаной арматуры классов А-I, А-II и А-III указан только ГОСТ 5781—61, то по условиям эксплуатации конструкций марки сталей не ограничиваются.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ АРМАТУРЫ С УЧЕТОМ НЕУПРУГИХ СВОЙСТВ СТАЛИ

Пример 1. Сталь А-IV марки 80С, $\sigma_0 = 5000$ кгс/см², натяжение механическим способом. Длина натягиваемой арматуры от захватов домкрата до наружного упора на форме 12 500 мм. Определить требуемую величину удлинения.

По табл. 1 определяем величину браковочного минимума условного предела текучести стали $\sigma_{0,2} = 6000$ кгс/см² и $E_{нач} = 2 \cdot 10^6$ кгс/см². По результатам контрольных испытаний стали $\bar{\sigma}_{0,2} = 6200$ кгс/см², по формуле (1) находим, что

$$\varepsilon_a = \frac{5000}{2 \cdot 10^6} + 0{,}074 \left(\frac{5000}{6200} - 0{,}7\right)^3 = 0{,}0025 + 0{,}000089 =$$

$$= 0{,}00269 \text{ и } \Delta l = 0{,}00269 \times 12500 \text{ мм} = 32{,}4 \text{ мм}.$$

Пример 2. Сталь класса Ат-VI, $\sigma_0 = 9000$ кгс/см², натяжение механическим способом. Длина натягиваемой арматуры 11 800 мм. Определить требуемую величину удлинения арматуры.

По табл. 1 находим $\sigma_{0,2}$ браковочное — 10 000 кгс/см² и $E_{нач} = 1{,}9 \cdot 10^6$ кгс/см². Контрольные испытания проводились без тензометров и значение $\sigma_{0,2}$ не установлено.

В соответствии с положением п. 2.4 принимаем $\bar{\sigma}_{0,2} = 1{,}05 \times 10\,000 = 10\,500$ кгс/см².

По формуле (1) находим, что

$$\varepsilon_a = \frac{9000}{1{,}9 \cdot 10^6} + 0{,}074 \left(\frac{9000}{10500} - 0{,}7\right)^3 = 0{,}004737 + 0{,}000287 =$$

$$= 0{,}00502 \text{ и } \Delta l = 0{,}00502 \times 11800 \text{ мм} = 59 \text{ мм}.$$

Пример 3. Высокопрочная проволока класса Вр-II диаметром 5 мм, натяжение механическим способом до $\sigma_0 = 9000$ кгс/см². Длина натягиваемой арматуры на стенде 42 000 мм. Определить требуемую величину удлинения арматуры.

По табл. 2 браковочная величина предела текучести стали $\sigma_{0,2} = 12\,800$ кгс/см² и $E_{нач} = 2 \cdot 10^6$ кгс/см². Результатов контрольных испытаний стали нет, известны лишь сертификатные данные. В соответствии с положением п. 2.4 принимаем $\bar{\sigma}_{0,2} = 1{,}05 \times 12\,800 = 13\,420$ кгс/см².

$$\sigma_0 \leqslant 0{,}7\bar{\sigma}_{0,2}, \text{ поэтому } \varepsilon_a = \frac{9000}{2 \cdot 10^6} = 0{,}0045$$

$$\text{и } \Delta l = 42\,000 \times 0{,}0045 = 189 \text{ мм}.$$

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ЗАГОТОВКИ ПРОВОЛОЧНОЙ, ПРЯДЕВОЙ И СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ

1. Линия заготовки проволоки и прядей типа СМЖ-213 для коротких стендов и силовых форм (разработана институтами НИИЖБ и Гипростроммаш, рис. 34).

С бухтодержателя прядь или проволоку пропускают через ролики механизма подачи. Затем включают станок подачи и прядь или проволока перемещается в канале приемного стола до конечного выключателя с жестким упором. Конечный выключатель дает сигнал для прекращения подачи арматуры и включения механизма резки.

После обрезки арматуры механизм резки, возвращаясь в исходное положение, подает сигнал для сброса арматуры и включения механизма подачи. Далее цикл повторяется.

Блок конечного выключателя легко снимается и переставляется на приемном столе для заготовки арматуры любой длины от 6 до 30 м. Точность отмеривания прядей и проволоки ±2 мм на 10 м.

Скорость подачи арматуры 30 м/мин для пряди и 60 м/мин для проволоки, производительность 40 прядей или 80 проволок длиной 25 м в час.

2. Линия заготовки двух- или трехпрядевых пакетов с применением клиновых зажимов, разработанная Индустройпроектом, состоит из бухтодержателя, пакетообразующей установки и реверсивной лебедки.

В состав пакетообразующей установки входят: направляющие ролики, тормозное устройство, диафрагмы, гнездо для установки колодки зажима, откидной упор, дисковая пила, ползун с тросом, стол и конечные выключатели.

Процесс заготовки пакета пряди осуществляется так: концы двух прядей протягиваются через направляющие ролики, тормозное устройство, диафрагму, колодку первого зажима и закрепляются во втором зажиме, после этого устанавливаются в ползун. Лебедкой ползун с зажимом протягивается вдоль стола, сматывая пряди с катушек и воздействуя на первый конечный выключатель, фиксирующий мерную длину прядей, и отключает лебедку. После этого пряди закрепляются в первом зажиме, отбрасывается упор и пакет перемещается до второго конечного выключателя.

Обрезанный дисковой пилой пакет снимается с установки и переносится к месту укладки. Скорость движения ползуна 0,5 м/с, усилие протяжки пакета 2—2,5 т.

3. Технология раскладки и одновременного натяжения прядевой арматуры, разработанная ЦНИИОМТП совместно с заводом ЖБК-1 комбината Кемеровошахтохимстрой, имеет в своей основе принцип работы полиспаста.

При этом прядевая арматура с катушки, установленной на тележке, запасовывается протягиванием соединенного с ней троса в систему блоков полиспаста. Одна обойма полиспаста неподвижно закреплена на упорах стенда, а вторая присоединяется к тяговой лебедке мощностью 5 т и поддерживается краном во время протяжки.

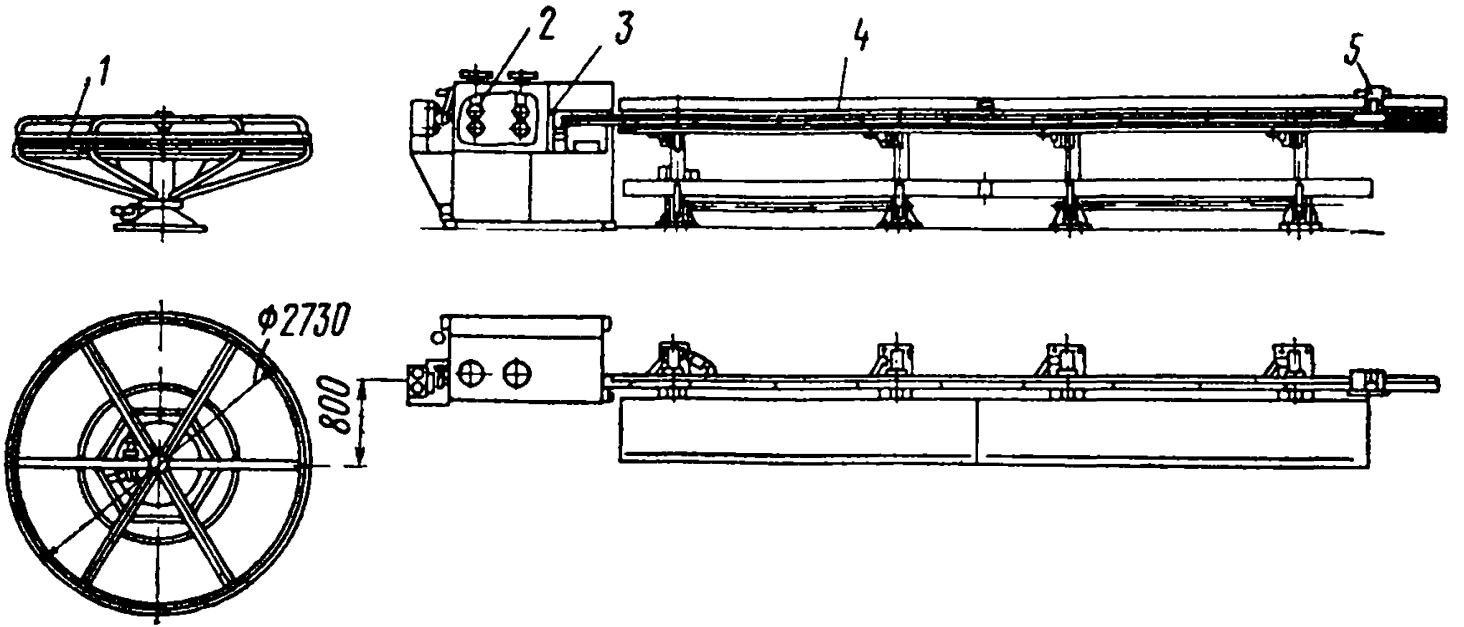


Рис. 34. Линия заготовки проволоки и прядей СМЖ-213
1 — бухтодержатель; 2 — механизм подачи; 3 — механизм резки, 4 — приемный стол; 5 — блок конечного выключателя

Во время запасовки арматуры обоймы системы блоков соединяются между собой жесткими накладками, удерживающими их в неподвижном положении.

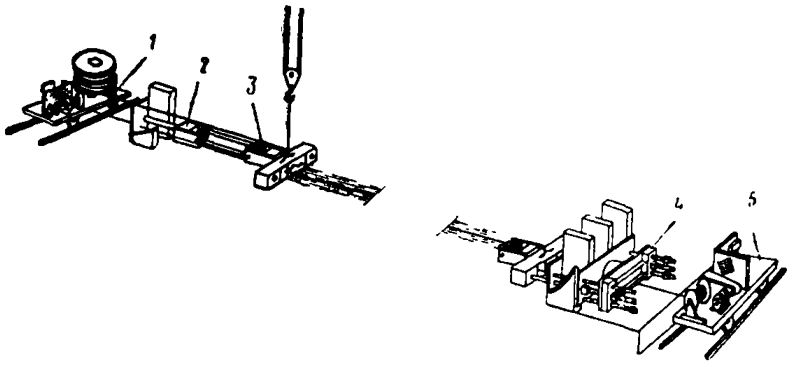


Рис. 35. Механизированная линия непрерывной раскладки и группового натяжения прядевой арматуры

1 — тележка с бухтодержателями; 2 — неподвижная часть полиспаста; 3 — перемещаемая часть полиспаста; 4 — упорное и натяжное устройство стенда; 5 — тележка с лебедкой для протяжки пакета прядей

Вышедший с последнего блока конец арматуры заанкеривается на упоре стенда или на неподвижной обойме, после чего обоймы разъединяются и подвижная обойма протягивается с помощью лебедки вдоль стенда к противоположным упорам.

За один ход подвижной обоймы на стенде укладывается необходимое число прядей, равное кратности системы блоков.

По окончании протяжки подвижная обойма с блоками присоединяется к штоку гидродомкрата, предназначенного для окончательного натяжения арматуры после выбора слабины прядей вытяжкой ее за конец, идущий с барабана. При этом вытягиваемая арматура наматывается (обратно) на барабан.

Только после этого производится обрезка арматуры и закрепление конца ее на упорах стенда или обоймы и окончательное натяжение гидродомкратом, ход которого с учетом предварительного натяжения может быть значительно уменьшен.

Принципиальная схема непрерывной раскладки и контроля натяжения арматуры показана на рис. 35.

4. Автомат для заготовки высокопрочной проволоки с высаженными концевыми и промежуточными головками (НИИЖБ).

Автомат предназначен для заготовки проволок мерной длины с одновременной высадкой концевых и промежуточных головок при производстве предварительно напряженных плитных конструкций длиной 6 м (рис. 36).

Автомат также заготавливает проволоки мерной длины, только с концевыми головками и без головок.

Контроль температуры высадки головок в зависимости от стечени нагрева проволоки осуществляется дистанционно с помощью отопирометра.

Применение автомата позволяет сократить отходы при заготовке арматурных элементов до 0,2%. Один оператор может обслужить 3—4 автомата.

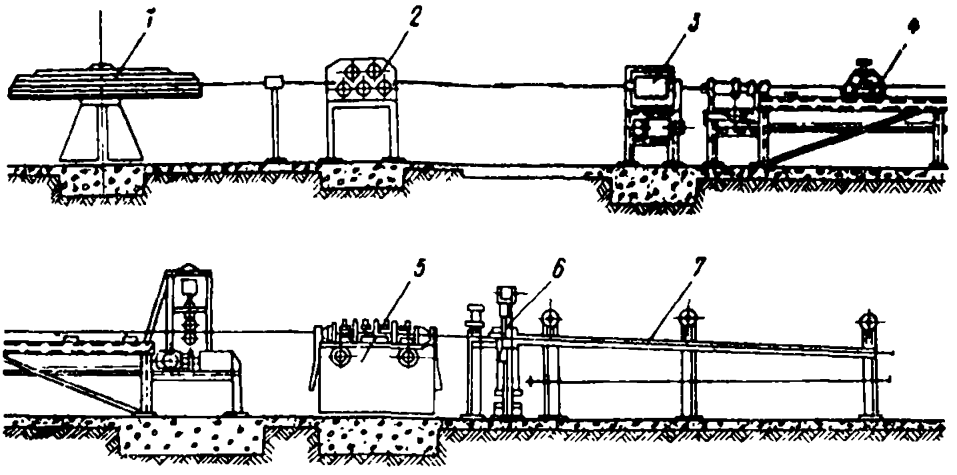


Рис. 36. Автомат для заготовки высокопрочной проволоки с высаженными концевыми и промежуточными головками (НИИЖБ)

1 — бухтодержатель; 2 — притормаживающее устройство; 3 — правильный станок; 4 — механизм подачи и отмеривающее устройство; 5 — станок для высадки головок; 6 — отрезной станок; 7 — накопитель

Точность заготовки проволоки на автоматы ±1 мм, диаметр арматуры 5—8 мм, расстояние между смежными головками (регулируемое) 80—150 мм, расстояние между двумя концевыми головками — 6050 мм, предел регулирования расстояния между концевыми головками ± 500 мм, время цикла 35—40 с, производительность в час — до 100 шт.

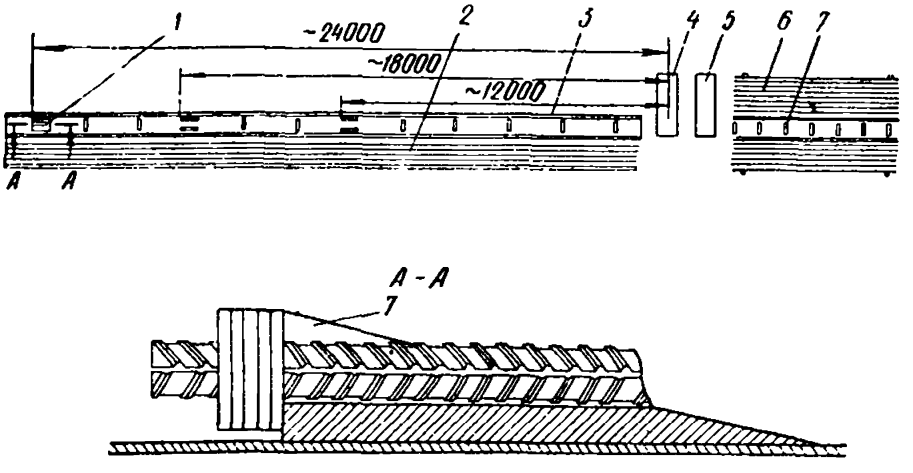


Рис. 37. Линия для стыкования стержневой арматуры и устройства анкеров

1 — фиксирующее устройство; 2 — готовые стержни; 3 — мерный швеллер с роликами; 4 — машина для анкеровки стержней (МО-5), 5 — машина для стыковки стержней (МО-5); 6 — склад стержней; 7 — направляющий рольганг

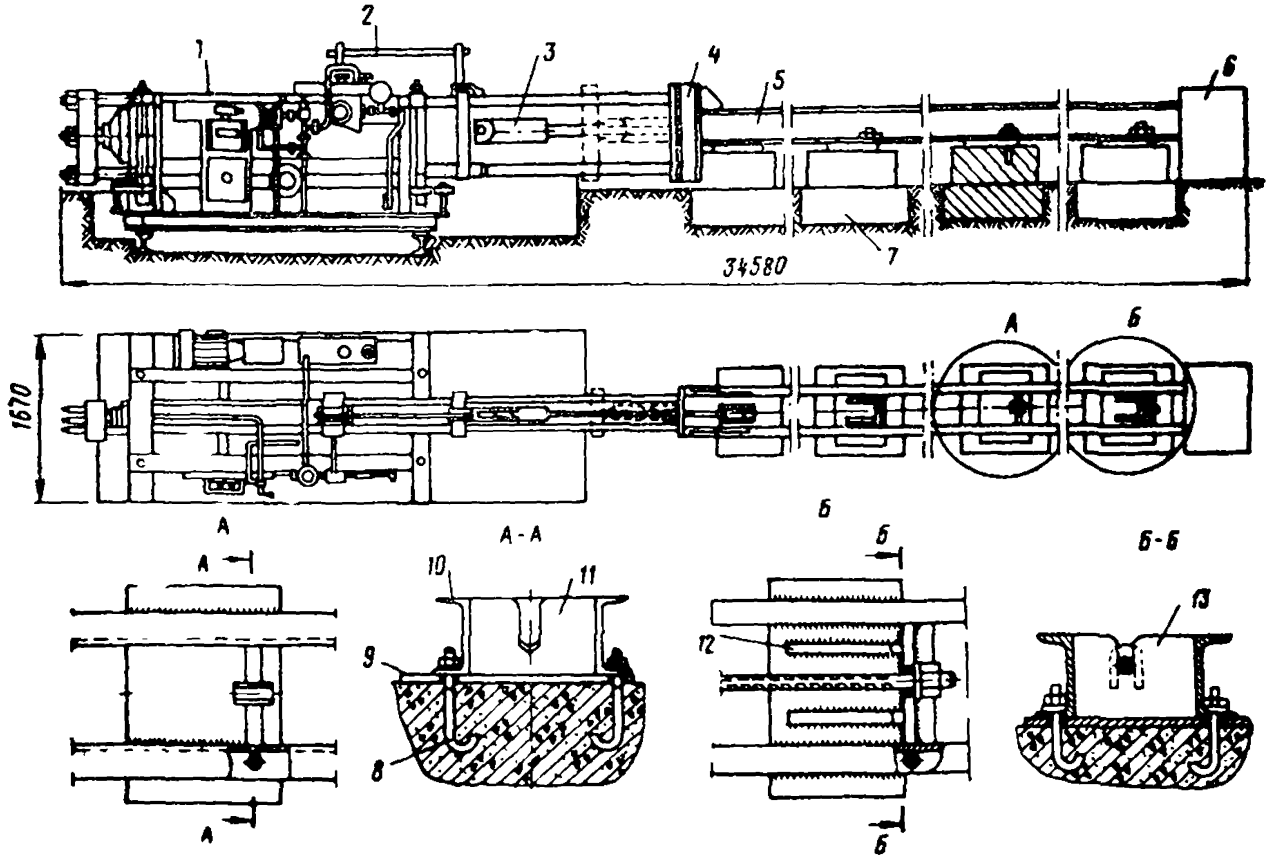


Рис. 38. Стенд для упрочнения вытяжкой стержневой арматуры при помощи натяжной машины СМ-513

1 — натяжная машина СМ-513; 2 — мерная рейка; 3 — захват; 4 — упор силовой балки; 5 — силовая балка; 6 — хвостовой упор; 7 — бетонный фундамент; 8 — анкерный болт; 9 — опорная пластина фундамента; 10 — швеллер силовой балки; 11 — промежуточная диафрагма; 12 — ребра жесткости; 13 — упорная диафрагма

Автомат применяется на Клинском комбинате «Стройиндустрия».

5. Линия заготовки стержневой арматуры классов A-IV, A-V, Ат-IV, Ат-V и Ат-VI (ВНИИЖелезобетон) (рис. 37) предназначена для стыковки стержневой арматуры опрессованными муфтами с помощью станка типа МО-5, отмеривания и резки стержней и опрессовки на них концевых шайб.

Для стыковки стержневой арматуры класса A-IV и A-V диаметром 18 мм применяются муфты из стали марки Ст3 наружным диаметром 36 мм, длиной 70 мм. Опрессовка муфт производится в два приема, вначале с одной стороны на первом стыкуемом стержне, затем с другой — на втором стержне. Линия обслуживается одним рабочим. Производительность в час — 10 стержней длиной 18,5 м. Линия применяется на Долгопрудненском КСИ-2 и имеет хорошие эксплуатационные качества.

6. Стенд для упрочнения вытяжкой стержневой арматуры при помощи натяжной машины СМ-513 (рис. 38).

Стенд предназначен для упрочнения вытяжкой стержневой арматуры класса A-IIIв диаметром до 40 мм и длиной от 12 до 30 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ И ЕЕ СТЫКОВКИ

Рассматриваемые зажимы для закрепления напрягаемой арматуры разделены на одиночные и групповые, а по длительности эксплуатации — на инвентарные и однократного использования.

Анкерные опрессованные гильзы однократного использования

Гильзы предназначены для анкеровки семипроволочных прядей. Они закрепляются на пряди опрессовкой в штампе. До опрессовки гильзы представляют собой полые стальные цилиндры, размеры которых приведены в табл. 38 и на рис. 39.

Таблица 38

Размеры гильз, мм

Номинальный диаметр пряди, мм	L	D_1	D_2
4,5	20	5	16
6	30	6,5	16
7,5	40	8	20
9	50	9,8	25
12	60	13	32
15	80	16	36

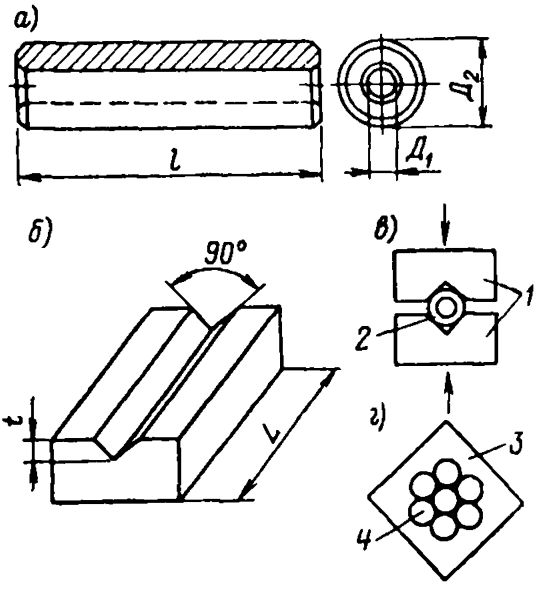


Рис. 39. Схема этапов образования анкерной опрессованной гильзы однократного использования

а — гильза; б — половинка штампа; в — штамп с гильзой; г — гильза после опрессовки; 1 — элементы штампа; 2 — гильза до опрессовки; 3 — гильза; 4 — прядь; $Д_1$ и $Д_2$ — внутренний и наружный диаметры гильзы; L — длина гильзы или элемента штампа; t — глубина паза в штампе, равная 0,6 $Д_2$

Опрессовку рекомендуется производить с помощью штампа, позволяющего получить после опрессовки анкерную гильзу квадратного или круглого сечения.

Для повышения прочности закрепления гильзы на пряди рекомендуется делать между гильзой и прядью прослойку из кварцевого песка. При этом длину гильз допускается уменьшить на 20%.

Инвентарные клиновые зажимы для двухпрядных канатов

Для закрепления напрягаемых канатов заводского изготовления следует применять самозаклинивающиеся зажимы НИЛжелезобетона, состоящие из втулки и клина с конусностью 1 : 20.

Для фиксации положения прядей каната на клине сделаны две канавки. Материал клина и втулки Ст3. В случае необходимости размещения зажимов в ограниченном пространстве рекомендуется применять втулки квадратного сечения или же их объединять в анкерную плиту с коническими отверстиями.

Клиновые зажимы для канатов местного изготовления отличаются тем, что клинья этих зажимов выполняются гладкими, без канавок. При закреплении каната в зажиме проволоки с помощью специального кондуктора равномерно без перекрещивания распределяются по периметру клина (рис. 40 и табл. 39).

Канаты местного производства можно захватывать за петли, образующиеся при их изготовлении. При этом минимальные размеры петель, равные диаметру пальца или оправки, для канатов из проволоки диаметром 5 мм должны быть не менее 70 мм.

Двухпрядные плоские клиновые зажимы (рис. 41) НИИЖБа и Индустройпроекта предназначены для одновременного натяжения двух семипроволочных прядей. Корпус зажима изготовляется из Ст45 с закалкой *HRC*=38—42. Клинья из Ст20 или 18ХГТ с цементацией и закалкой до *HRC*=56—60.

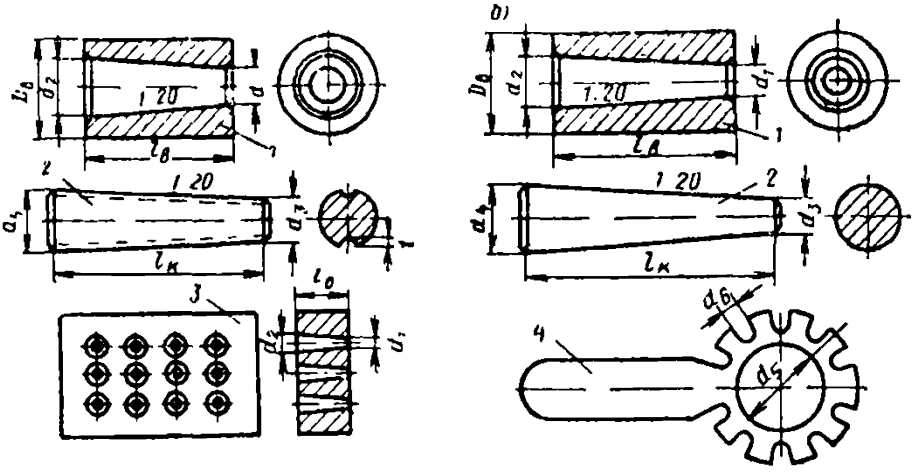


Рис. 40. Зажимы с клином для двухпрядевых канатов
а — заводского изготовления; *б* — местного изготовления; $Д_в$ — наружный диаметр втулки; d_1 и d_2 — внутренние диаметры во втулке или в анкерной плите под клин; d_3 и d_4 — диаметры клина; $l_к$ — длина клина; $l_в$ — длина втулки или толщина анкерной плиты; t — глубина канавки; 1 — втулка; 2 — клин; 3 — анкерная плита; 4 — кондуктор (количество пазов принимается по числу проволок в канате)

Таблица 39

Размеры зажимов для двухпрядных канатов, мм

Конструкция каната	Номинальный диаметр каната, мм	$D_в$	l_1	$l_к$	d_1	d_2	d_3	d_4	$t = R$
Заводского изготовления									
2×7	9	40	70	80	17	23	13	21	2,25
2×7	12	45	70	80	18	25	15	23	3
2×7	15	50	70	80	21	28	16	24	3,75
2×7	18	60	70	80	23	30	18	26	4,5
2×19	15	50	70	80	21	28	16	24	3,75
2×19	20	60	70	80	26	33	22	31	5
2×19	25	70	80	90	32	40	24	33	6,25
2×19	30	80	80	90	37	45	27	36	7,5
Местного изготовления									
2×4	5*	60	80	160	18	26	8	24	—
2×7	3	50	80	120	17	25	11	23	—
	5	80	80	160	23	36	18	34	—
	2	60	80	120	27	35	23	35	—
2×19	2,5	70	80	120	33	41	28	40	—
	3	80	80	120	40	48	34	46	—

* В канатах местного изготовления показан номинальный диаметр проволоки.

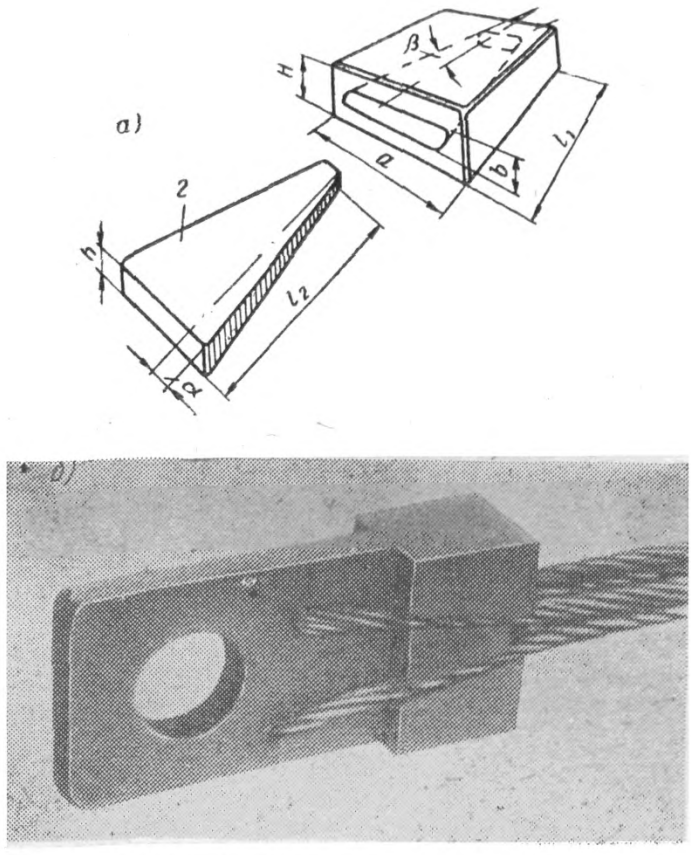


Рис. 41. Клиновые зажимы

а — для двух прядей; *б* — для закрепления четырех прядей: *а* — ширина клинового зажима; *b* — высота отверстия под клин; *H* — высота клинового зажима; *h* — высота клина; l_1 — длина клинового зажима; l_2 — длина клина; α_1 — угол клина 8° 10′; β — угол клинового зажима 8° 15′; 1 — корпус; 2 — клин

Закрепление прядей в зажиме производится с помощью клина, вставляемого в отверстие корпуса между прядями и забиваемого молотком. Размеры клиновых зажимов приведены в табл. 40.

Таблица 40

Номинальный диаметр пряди, мм	Размеры клиновых зажимов, мм					
	корпус			клин		
	a	*H*	l_1	*b*	l_2	*h*
9	75	35	80	11	100	10
12	85	42	90	14	110	13
15	95	50	100	18	120	16

Двухпрядные и трехпрядные зажимы с коническими клиньями

Зажим состоит из конического клина с двумя или тремя пазами (рис. 42) и цилиндрического корпуса с коническим отверсти-

ем или анкерной плиты с несколькими коническими отверстиями (рис. 43) для одновременного закрепления нескольких пакетов из двух и трех прядей. Толщина анкерной плиты или длина корпуса для прядей диаметром 12 и 15 мм принимается соответственно 80 и 120 мм. Анкерные плиты корпуса могут быть выполнены как из мягкой, так и из твердой стали. Для повышения срока эксплуатации рационально использовать твердую сталь.

Клинья могут также изготовляться из мягкой стали марки Ст3. Срок службы таких клиньев 10—15 циклов изготовления конструкций. Клинья из стали марки Ст5 имеют в полтора-два раза повышенную оборачиваемость.

Для зажимов данной конструкции могут быть также использованы твердые закаливаемые стали (типа 40Х, 40Г, 65Г и др.). В этом случае в пределах пазов клина может быть применена насечка.

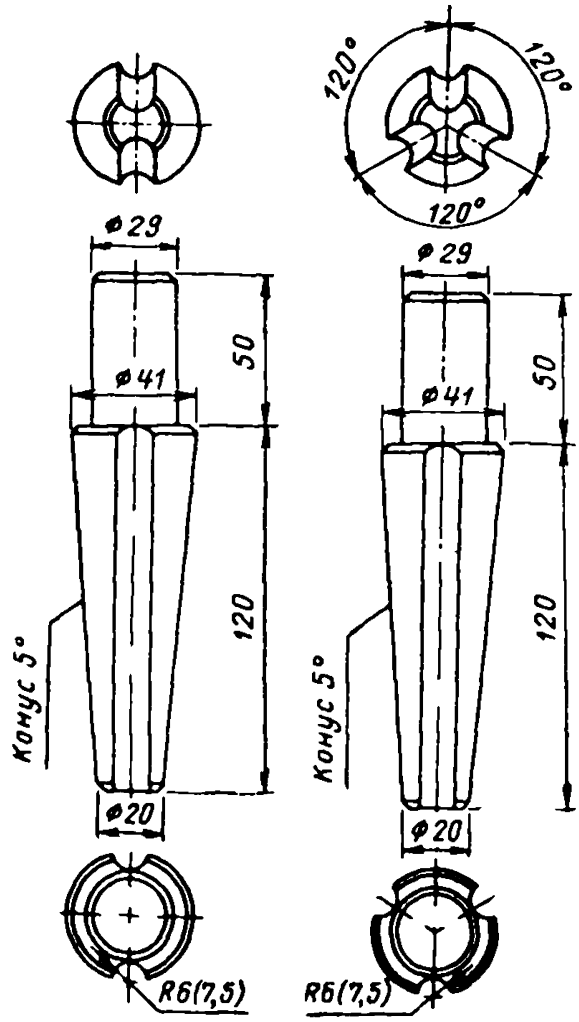


Рис. 42. Конические (двухпазовый и трехпазовый) клинья

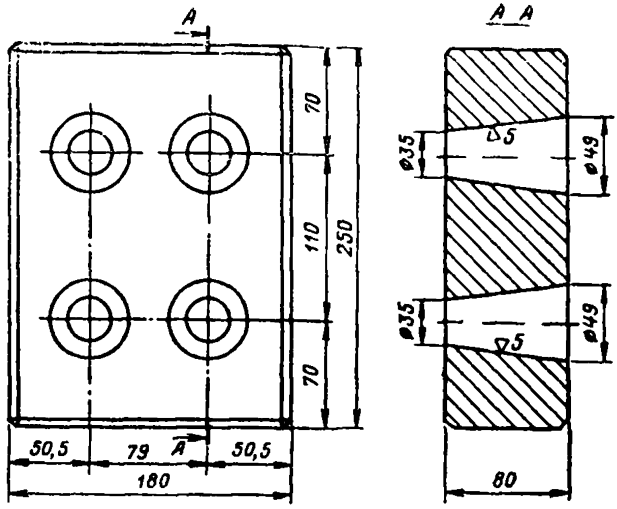


Рис. 43. Анкерная плита зажима, применяемая на стенде СМ-535, имеющем челюстные захваты (для прядей № 12).

При установке зажимов на пакеты прядей клинья запрессовываются гидродомкратом усилием 10—15 т, при разборке зажимов — выбиваются ударом молотка.

Двухпрядные и трехпрядные клиновые зажимы применяются на Ново-Шахтинском и Минском заводах железобетонных изделий.

Клиновые зажимы для пучков из 7 и 12 прядей

Институтом СоюздорНИИ разработаны и применяются клиновые зажимы для пучков из 7 и 12 арматурных прядей диаметром 15 мм.

Зажим состоит из обоймы с коническим отверстием и клина (конуса) с пазами для прядей. Анкерные обоймы и конусы могут быть использованы также для пучков, состоящих из меньшего числа прядей, но не менее трех, располагаемых симметрично относительно оси анкера.

Материал обойм — стальное литье марки 35ГЛ — ГОСТ 7832—55. Обоймы снабжены кольцевыми ребрами, размеры которых определены из условия передачи усилия натяжения арматурного элемента на бетон марки не ниже 400.

Материал конуса — сталь марки Ст45. Конусы подвергаются термической обработке до твердости $HRC = 35 + 40$ единиц. Конусы имеют центральное отверстие для использования его при инъецировании арматурных каналов. Для размещения прядей вдоль конуса устраивают пазы. Для увеличения трения сцепления между корпусом и прядями конусы снабжены кольцевыми выточками шириной 6 мм.

Натяжение пучков из 7 и 12 прядей усилием соответственно 100 и 170 т осуществляется гидродомкратами двойного действия мощностью 120 и 230 т. Прядевые пучки применяются при изготовлении пролетных строений автодорожных мостов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

СТЫКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОЛОКИ И ПРЯДЕЙ

Стыковые соединения проволоки и прядей в случае необходимости должны располагаться вне конструкции. Допускается осуществление стыка в пределах длины конструкций, не рассчитываемых на выносливость. При этом стык должен быть расположен на расстоянии не менее 1,5 м от торца изделия.

В одной конструкции допускается стыкование не более двух арматурных элементов и не более 20% их общего числа.

Стыкование проволоки и прядей может осуществляться с помощью инвентарных зажимов, неразъемных или сварных опрессованных муфт, обмоткой вязальной проволокой (рис. 44). При

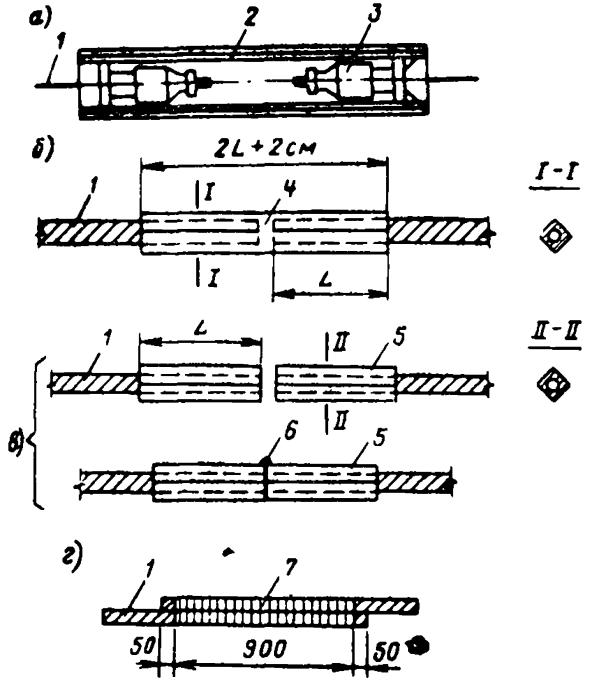


Рис. 44. Стыкование прядей

а — инвентарными зажимами; б — опрессовкой неразъемными гильзами; в — сваркой опрессованных гильз (до сварки и после нее); г — внахлестку с обмоткой вязальной проволокой 1 — прядь; 2 — рамка; 3 — зажимы; 4, 5 — гильза; 6 — шов стыковой сварки, 7 — плотная обмотка проволокой

этом обмотка прядей осуществляется неотожженной вязальной проволокой диаметром 1,2—2 мм с плотным прилеганием витков друг к другу и усилием ее натяжения, равным 40—50 кг, а проволоки — 0,8—1 мм с плотным прилеганием витков друг к другу и усилием ее натяжения, равным 3—5 кг. Длина стыка принимается по табл. 41 и 42.

Таблица 41

Тип проволоки	Длина обмотки высокопрочной проволоки при стыковании при диаметре, мм			
	3	4	5	6
Периодического профиля	120	150	220	280
Гладкая	400	550	650	800

Таблица 42

Диаметр вязальной проволоки, мм	Длина обмотки прядей при стыковании (мм) при диаметре, мм					
	4,5	6	7,5	9	12	15
1,2—1,4	300	370	420	500	530	600
1,5—1,8	260	300	360	420	480	535
1,8—2	220	280	330	370	410	450

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИВАРКЕ КОРОТЫШЕЙ К АРМАТУРЕ КЛАССОВ Ат-IV — Ат-VI

Для арматуры классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI длина коротышей принимается равной 5—6d. Для коротышей следует использовать горячекатаную арматуру марок Ст5, 35ГС, 20ХГ2Ц и других того же диаметра.

Стержни и коротыши должны плотно прилегать друг к другу и не иметь местных искривлений.

Прихватка каждого коротыша производится в одной точке на расстоянии 2,5—3d от торца коротыша. Длина прихватки 10—15 мм, применяемые электроды и режимы те же, что и при сварке.

К работам по сварке термообработанной арматуры допускаются сварщики 4-го разряда, прошедшие специальный инструктаж по технологии сварки и сдавшие контрольные испытания. Контрольные испытания включают сварку пяти контрольных образцов по технологии, предусмотренной СН 393-69.

Сварщик допускается к работе, если изготовленные им образцы при растяжении выдержали нагрузку не ниже 80% прочности основного металла.

При анкеровке термообработанных стержней сварка производится в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности.

Приступая к работе, сварщик должен подобрать режим на отдельных арматурных стержнях.

Во избежание поджога стержней в начале шва дугу следует возбуждать только на коротыше. Сварку надо производить без поперечных колебаний короткой дугой с опиранием смазки электрода на свариваемый металл.

Не допускается смена электродов на середине свариваемого участка шва, т. е. сварка каждого участка шва должна производиться без перерывов одним электродом.

Для исключения подогрева соединения сварка первого и второго швов анкера должна производиться с перерывом 3—4 мин между наложением предыдущего и последующего швов.

Для приварки анкерных коротышей может быть использован любой преобразователь или выпрямитель, предназначенный для ручной дуговой сварки (ПС-300, ПС-500, ПСО-300, ПСМ-1000, ВСС-300, ВКСМ-100 и др.).

Для контроля величины тока сварочный пост должен быть оснащен амперметром.

Сварка производится электродами диаметром 3—4 мм типа Э-50А, марок УОНИ-13/55, К-5А и др. (по ГОСТ 9467—60). Перед началом работы электроды рекомендуется прокалить по режиму, соответствующему их марке.

По окончании приварки коротышей сварщик должен очистить шов от шлака и осмотреть сварные швы.

Наличие трещин в сварных швах не допускается. Поры и шлаковые включения диаметром до 1,5 мм на длине шва, равной 1 см, допускаются в виде исключения и не более чем в одном месте.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Гидродомкрат СМ-513Б, модернизированный заводом железобетонных изделий Челябметаллургстроя

На существующем гидродомкрате СМ-513Б гидроцилиндр с тяговым усилием 60 т и ходом поршня 800 мм заменен гидродомкратом ДГ-170/1120, направляющие удлинены на 400 мм. Все остальные механизмы сохранены. Шланги гидросистемы подсоединены к новому гидроцилиндру, дополнительно установлены два клапана для спуска воздуха. В результате такой модернизации создан гидродомкрат с тяговым усилием 170 т и ходом поршня 1120 мм, позволяющий одновременно натягивать 10 прядей диаметром 15 мм.

Комплект оборудования для натяжения арматуры с гидродомкратами тяговым усилием 500 т типа 1489

Комплект оборудования, разработанный НИИЖБ и ЭКБ ЦНИИСКа Госстроя СССР, предназначен для группового натяжения прядевой канатной и стержневой арматуры при изготовлении конструкций на длинных стендах (рис. 45).

Перед групповым натяжением арматуры выравнивание прядей в пакетах осуществляется подтяжкой 3 тонным гидродомкратом НИИЖБ.

При отсутствии верхней напрягаемой арматуры верхние траверсы гидродомкрата демонтируются.

Цилиндры гидродомкратов ДГ-170/1120 разрезаны пополам, изготовлены дополнительные поршни и торцевые заглушки. Укороченные цилиндры с ходом поршня 320 мм устанавливают в раму один над другим, соединяют шлангами с насосной станцией от гидродомкрата типа 6280-СА, установленной и закрепленной в раме над цилиндрами.

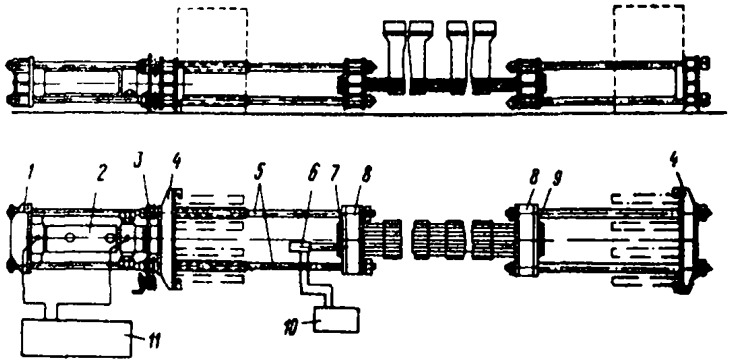


Рис. 45. Комплект оборудования для натяжения арматуры гидродомкратом с тяговым усилием 500 т

1 — упорная балка; 2 — домкрат усилием 500 т; 3 — механизм вращения гаек для фиксации усилия натяжения; 4 — задняя траверса; 5 — тяги с резьбой; 6 — гидродомкрат для подтяжки прядей усилием 3 т; 7 — сменная анкерная плита; 8 — передняя траверса; 9 — тяга; 10 — насосная станция НСП-400; 11 — насосная станция

Гидродомкрат ДГ-340/510, модернизированный Заволжским заводом ПЖБ № 3

Максимальное тяговое усилие гидродомкрата с двумя цилиндрами — 340 т, с тремя цилиндрами — 510 т.

Гидродомкраты применяются для натяжения пакетов стержней и прядей при производстве конструкций на коротких стендах.

Гидродомкраты СоюздорНИИ мощностью 120 и 230 т

Для натяжения пучков из 7 и 12 прядей диаметром 15 мм СоюздорНИИ разработаны гидродомкраты двойного действия с максимальным тяговым усилием 120 и 230 т.

Пряди на гидродомкрате перед натяжением закрепляются парными клиньями, причем процесс захвата и освобождения прядей осуществляется посредством гидравлической системы, что позволило механизировать этот трудоемкий процесс.

Фиксация отгиба арматуры на силовых или опалубочных формах достигается путем установки на неподвижных бортах форм устройств, состоящих из отрезков стальной трубы и штырей-эксцентриков, количество которых соответствует числу перегибов, умноженному на количество отгибаемых арматурных элементов (прядей или стержней).

Отгибающие устройства в зависимости от конструкций опалубочной формы применяются балочного или консольного типа (рис. 46).

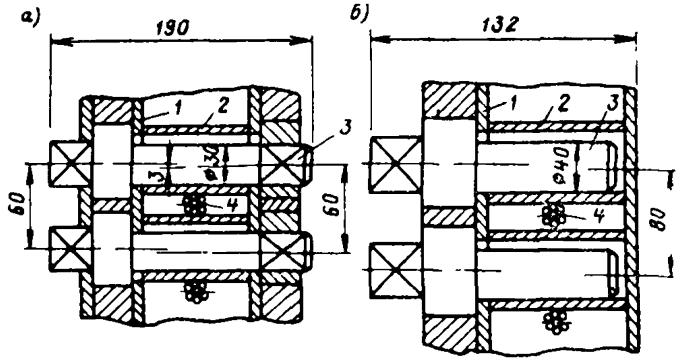


Рис. 46. Отгибающие штыри

а — балочного типа; б — консольного типа; 1 — борт формы; 2 — труба; 3 — штырь; 4 — прядь

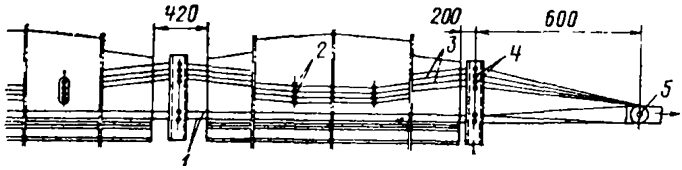


Рис. 47. Схема фиксации отогнутой арматуры при изготовлении конструкций на длинном стенде

1 — прямолинейные пряди; 2 — отгибающие штыри; 3 — отогнутые пряди; 4 — отклоняющие ролики диафрагмы; 5 — блок полиспаста

Для уменьшения потерь напряжения в арматуре от трения в местах перегиба между штырем и трубкой прокладывается полимерная пленка типа тифлон. В целях предотвращения подъема опалубочных форм при натяжении отогнутой арматуры их следует закреплять к силовому полу стенда.

При стендовой технологии производства предварительно напряженных железобетонных конструкций между опалубочными формами и по концам технологической нитки следует установить распределительные диафрагмы с набором роликов (рис. 47).

После приобретения бетоном изделия необходимой прочности штыри-эксцентрики при помощи ключа с рычагом поворачиваются на 180° и свободно извлекаются из формы.

Стенд для двухосного натяжения арматуры

Для изготовления железобетонных конструкций с двухосным натяжением арматуры, например для безраскосных стропильных и подстропильных ферм, рекомендуется применять стенды распорного типа (рис. 48).

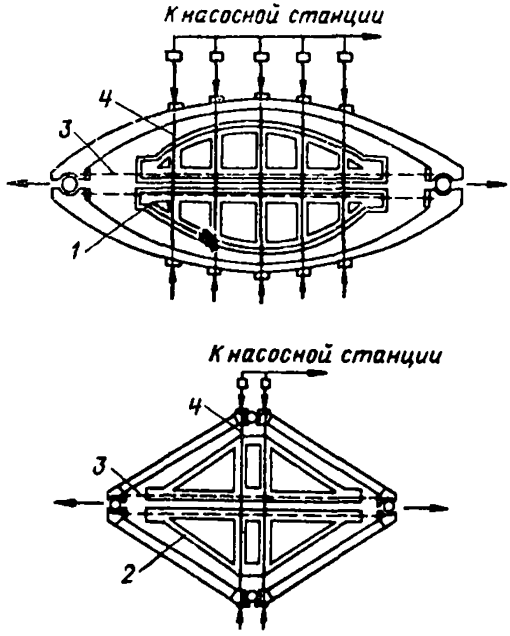


Рис. 48. Распорный стенд для двухосного натяжения арматуры
1 — стропильные безраскосные фермы; 2 — подстропильные фермы, 3 — напрягаемая арматура нижнего пояса; 4 — напрягаемая арматура стоек

Принцип работы распорного стенда состоит в том, что при натяжении арматуры в одном направлении (например, в стойках фермы) за счет распора стенда происходит автоматическое натяжение арматуры в другом направлении — в нижнем поясе.

Распорный стенд может быть одновременно пропарочной камерой.

Формование изделий производится по 2 шт. в обычных металлических формах сборно-разборного типа, а натяжение арматуры осуществляется типовыми гидродомкратами.

Распорный стенд для подстропильных ферм рекомендуется изготавливать железобетонным из прямолинейных элементов квадратного или прямоугольного сечения с металлическими обоймами на концах.

Для стропильных ферм арки стенда рекомендуется изготавливать металлическими.

Ориентировочный технико-экономический анализ института ПИ-1 показал, что распорные стенды примерно в 1,5 раза дешевле силовых форм для изготовления аналогичных конструкций. Кроме того, при натяжении арматуры на распорном стенде трудозатраты снижаются примерно на 20%, так как требуется напрягать арматуру только в одном направлении. Распорные стенды позволяют

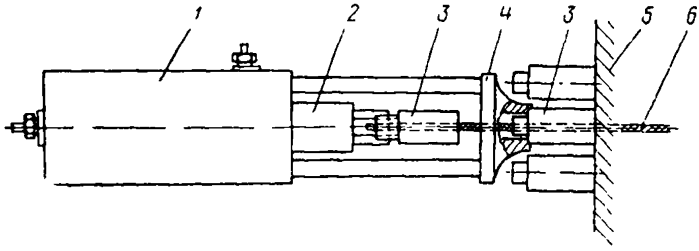


Рис. 49. Приспособление для натяжения прядевой арматуры с упором домкрата на корпус зажима

1 — домкрат ДГС-63-315; 2 — шток домкрата; 3 — зажим НИИЖБа; 4 — опорная головка домкрата; 5 — упор формы или стенда; 6 — прядь

перейти на изготовление прогрессивных напрягаемых в двух направлениях стропильных и подстропильных ферм, расход арматурной стали на которые по сравнению с одноосно напрягаемыми фермами примерно на 10% меньше при значительном улучшении эксплуатационных качеств конструкций. Рабочие чертежи опытного стенда разработаны Ленинградским проектным институтом № 1. При близком расположении арматуры при натяжении рекомендуется пользоваться приспособлением, приведенным на рис. 49.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАТЯЖЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО НАТЯГИВАЕМЫХ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ НА ФОРМУ ОТ ЕЕ ДЕФОРМАЦИЙ

Фактическую величину натяжения последовательно натягиваемых отдельных стержней или групп стержней, расположенных в один ряд по горизонтальной плоскости формы, с учетом потерь из-за ее деформации, можно вычислить, пользуясь уравнениями:
в первом элементе

$$P_1 = P\left[1 - \left(\frac{K}{n+K} + \frac{K}{n+2K} + \frac{K}{n+3K} + \ldots + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{K}{n+(n-1)K}\right)\right]; \qquad (24)$$

во втором

$$P_2 = P\left[1 - \left(\frac{K}{n+2K} + \frac{K}{n+3K} + \ldots + \frac{K}{n+(n-1)K}\right)\right]; \quad (25)$$

в третьем

$$P_3 = P\left[1 - \left(\frac{K}{n+3K} + \frac{K}{n+4K} + \ldots + \frac{K}{n+(n-1)K}\right)\right]; \quad (26)$$

в $(n-1)$ элементе

$$P_{n-1} = P\left(1 - \frac{K}{n+(n-1)K}\right); \quad (27)$$

в n элементе

$$P_n = P, \quad (28)$$

где P — проектное усилие натяжения одного или группы одновременно натягиваемых стержней;

n — число отдельно натягиваемых стержней или группы стержней;

K — величина, равная

$$K = mp\left(1 + \frac{l^2}{r^2}\right) \quad (29)$$

где m — отношение модулей упругости напрягаемой арматуры и материала несущей части формы;

p — отношение площади сечения всей натягиваемой арматуры к площади сечения формы;

l — расстояние от центра приложения усилия натяжения стержня или равнодействующей группы стержней до центра тяжести поперечного сечения формы;

r — радиус инерции сечения формы.

Вычислив величину фактического усилия натяжения каждого стержня или группы одновременно натягиваемых стержней, определяют потери натяжения из-за деформации форм для первого натягиваемого стержня

$$(P - P_1) = \Delta_1 P, \text{ второго } (P - P_2) = \Delta_2 P \text{ и т. д.}$$

Увеличивая заданное проектное усилие натяжения на величину ΔP для каждого стержня, компенсируют указанные потери.

Если отдельные стержни или группы одновременно натягиваемых стержней закреплены на одном упоре формы и расположены в вертикальной плоскости, то необходимо вначале определить фактическое суммарное усилие на один упор, пользуясь формулой:

$$P_{1c} = nP - \Delta_{2-1}P + \Delta_{3-2}P + \ldots + \Delta_{n-(n-1)}P, \quad (30)$$

$$\Delta_{n-(n-1)}P = \frac{r^2 + l_n^2}{A + r^2 + l_{n\pm k}}, \quad (31)$$

где l_n — плечо приложения усилия натяжения данного стержня от центра тяжести формы;

$l_{n\pm k}$ — плечо приложения усилия натяжения стержня, потери натяжения для которого определяются:

$$A = r^2 n \frac{FE_к}{fE_а}, \qquad (32)$$

где F — площадь сечения формы;

f — площадь сечения натягиваемого стержня или группы стержней;

$E_к$ — модуль упругости материала несущей части формы;

$E_а$ — модуль упругости напрягаемой арматуры.

Вычислив фактическое усилие, приложенное к упору, определяют суммарную потерю натяжения арматуры на данном упоре, которая равна $\Delta l_р = P - P_с$.

Потери натяжения из-за деформации форм можно компенсировать увеличением проектной величины натяжения на $\Delta l_р$. Это можно осуществить путем подтяжки одного или нескольких стержней при условии, что напряжение в арматуре не будет превышать $R_а^н$ для данного класса или марки стали.

Если в конструкции предусмотрена напрягаемая арматура, расположенная в вертикальной и горизонтальной плоскости, то вначале необходимо определить расчетным путем усилие, которое необходимо компенсировать для получения натяжения, равного nP на каждом штыре или упоре. Затем, руководствуясь п. 1, определить усилие натяжения в напрягаемых элементах, рассматривая их в горизонтальной плоскости, а также осуществить компенсацию путем увеличения усилия натяжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Полуавтоматическая универсальная нагревательная установка УНУ-1 конструкции ВНИИЖелезобетона

Полуавтоматическая универсальная установка (рис. 50) предназначается для нагрева арматуры из горячекатаной и термически упрочненной стали стержней диаметром 10—22 мм, длиной 6—6,5 м.

В установке механизированы процессы подачи стержней для нагрева, нагрев и выброс нагретых стержней для дальнейшей укладки в форму. При необходимости установка оснащается устройством для контроля длины стержней между анкерами.

Установка выполняется стационарной или подвижной. Стационарный вариант предназначается для использования на заводах с конвейерной технологией и устанавливается параллельно оси движения конвейера на технологически минимально возможном расстоянии.

Подвижной вариант отличается наличием механизма передвижения всей установки и предназначается для заводов со стендовой и агрегатно-поточной технологией, при которой формы могут располагаться в несколько параллельных рядов перед установкой.

Особенностью установки является приемная секция, которая может использоваться как теплоизолированный короб для остывания стержней. В этом случае скорость остывания нагретых стержней уменьшается в 2,5—3 раза.

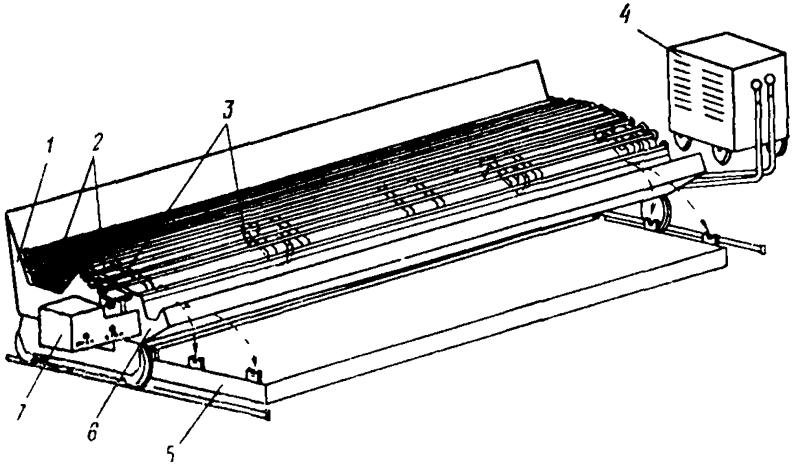


Рис. 50. Схема полуавтоматической универсальной нагревательной установки УНУ-1 (конструкция ВНИИЖелезобетон)

1 — бункер; 2 — нагреваемые стержни; 3 — подающий механизм; 4 — трансформатор; 5 — форма; 6 — накопитель; 7 — механизм натяжения с пультом управления и контроля длины стержня

При использовании горячекатаной арматуры, позволяющей перегревать ее на 150—200°С больше технологически необходимой температуры, установка позволяет через 1,5—2 мин получать партию нагретых стержней, накопленных в приемной секции, для дальнейшей укладки их в форму. При последующей модернизации и оснащении для укладки арматуры в форму установка может быть превращена полностью в автоматическую.

Техническая характеристика

Ход поршня оттяжки	80 мм
Усиление натяжения арматуры	150 кгм
Ход поршня выбрасывателя	100 мм
Количество нагреваемых стержней	1
Время нагрева стержня	20 с
Производительность установки	3 стержня в 1 мин
Размеры, м:	
длина	7
ширина	0,8
высота	0,9
Масса	250 кг

При необходимости нагрева стержней длиной 12 м и более установка должна удлиняться за счет сменных секций.

Установка для электронагрева стержневой арматуры конструкции завода железобетонных изделий № 5 Главмоспромстройматериалов

Установка (рис. 51) предназначена для нагрева электрическим током стержневой, горячекатаной или термически упрочненной арматуры класса Ат-V или А-V, но может быть использована для нагрева арматуры классов А-IV, Ат-IV и Ат-VI.

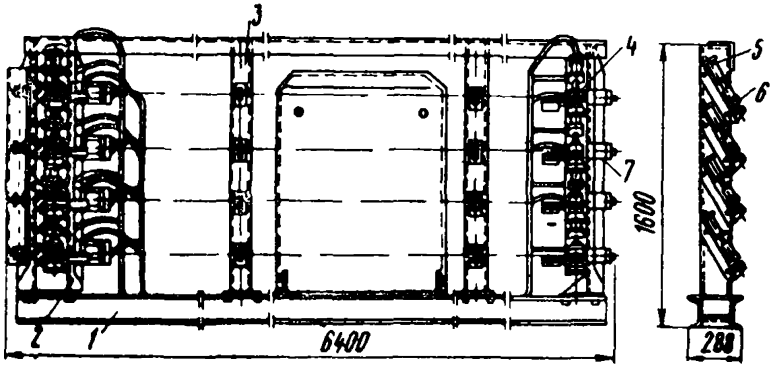


Рис. 51. Установка для электронагрева стержневой арматуры конструкции завода ЖБИ № 5 Главмоспромстройматериалов

1 — рама; 2 — левая стойка; 3 — поддерживающая стойка; 4 — неподвижные зажимы; 5 — пневматический цилиндр; 6 — подвижной зажим; 7 — правая стойка

Нагрев и контроль удлинения арматуры осуществляется от индивидуальных устройств. В электрической системе предусмотрены элементы, предохраняющие стержни от перегрева.

Техническая характеристика

Количество нагреваемых стержней	1—4
Диаметр стержней	10—16 мм
Длина стержней	6250 мм
» нагреваемого участка стержня	5950 мм
Максимально возможные удлинения стержней	40 мм
Расчетная температура нагрева	380 С
Установочная мощность трансформаторов	4×35 кВа
Максимальное время выдержки стержней в нагретом состоянии	5 мин
Давление воздуха в системе	4 атм

Установка для нагрева и укладки стержней Уралстромниипроекта

Установка (рис. 52) предназначена для нагрева, транспортировки и укладки стержней в упоры форм-вагонеток на конвейерных линиях.

С помощью установки рекомендуется напрягать преимущественно термообработанную арматуру классов Ат-V и Ат-VI электротермическим и электротермомеханическим способами.

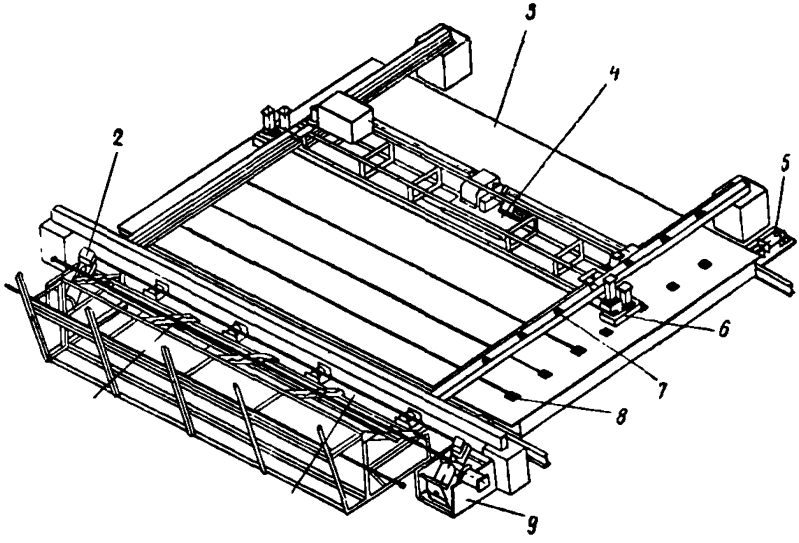


Рис. 52. Установка для нагрева и укладки горячих стержней в упоры формы-вагонетки

1 — механизм подачи; 2 — неподвижная электроконтактная головка; 3 — форма-вагонетка; 4 — самоходная каретка; 5 — фиксирующий механизм; 6 — вилочный захват каретки с транспортируемым стержнем; 7 — подвижные упоры; 8 — упоры формы-вагонетки; 9 — подвижная электроконтактная головка, 10 — стержень в нагревательном устройстве

Нагрев стержней осуществляется по всей длине поштучно под натяжением с усилием 300 кгс, контроль температуры нагрева — по удлинению и по времени нагрева. Укладка стержней в упоры осуществляется с помощью самоходной тележки с натяжением стержней усилием не менее 200 кгс.

Техническая характеристика

Диаметры стержней	10—16 мм
Продолжительность цикла	30 с
Контроль температуры нагрева стержня	автоматический, по удлинению
Общая установленная мощность	170 кВа
Привод подвижных частей	электропневматический
Необходимое давление воздуха в сети	5—6 атм

Усилие натяжения стержня при нагреве	300 кгс
Максимальный ход тележки	5630 мм
Скорость перемещения тележки	0,4 м/с
Габариты:	
высота	1400 мм
длина	7390 мм
ширина	7800 мм
Масса	3,1 т

Установка применяется на Челябинском заводе ЖБИ № 1.

Установка для электротермического натяжения арматуры СМЖ-129 (6596С/2)

Установка СМЖ-129 предназначена для нагрева стержневой арматуры при электротермическом способе натяжения. Нагрев арматуры производится током по методу сопротивления от понижающего трансформатора. Температура нагрева контролируется по удлинению арматуры при помощи конечного выключателя. Стержни включаются параллельно выходной обмотке трансформатора.

Техническая характеристика

Количество нагреваемых стержней	1—2
Диаметр стержней	10—25 мм
Длина стержней	5000—6500 мм
» нагреваемого участка стержня	3000—5000 мм
Время нагрева	1—3 мин
Усилие прижима стержней	200 кгс
Время нагрева	1—3 мин
Усилие прижима стержней	200 кгс
Масса установки	1100 кг

Сварочно-высадочная машина 6974/2А

Машина 6974/2А предназначена для сварки и высадки анкеров на стержневой арматуре классов А-III, А-IV, А-V.

Сварка арматуры, включая процесс подогрева, производится в автоматическом цикле. Машина позволяет производить высадку промежуточных и концевых анкеров с помощью вставных пуансонов.

Техническая характеристика

Диаметр стержней	20—40 мм
Усилие зажима стержней	15 000 кгс
Усилие осадки	10 600 кгс
Ход осадки	60 мм
Мощность трансформатора	150 кВа
Мощность электродвигателя насосной станции	4,5 кВт
Давление воздуха в системе	6 атм
Производительность сварок	30 в 1 ч
Масса	2400 кг

Машина для высадки анкеров СМЖ-128А (6596/1 м)

Машина СМЖ-128А (рис. 53) предназначена для образования на обоих концах арматурного стержня высаженных анкеров, используемых для закрепления арматуры при ее натяжении. Перед высадкой осаживаемые участки стержня нагреваются током от трансформаторов. Температура нагрева контролируется при помощи фотопирометров.

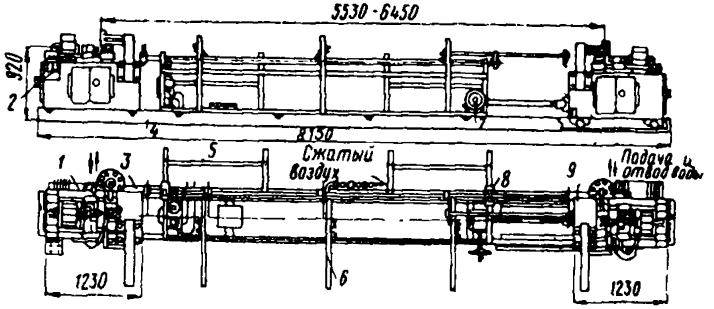


Рис. 53. Машина для высадки анкеров типа СМЖ-128А

1 — высадочное зажимное устройство левое; 2 — пульт; 3 — ресивер; 4 — рама; 5 — бункер; 6 — стеллаж; 7 — механизм передвижения; 8 — загрузочное устройство; 9 — высадочное зажимное устройство правое

Контролируемая температура нагрева в пределах от 700 до 1200°С устанавливается в зависимости от класса арматурной стали и диаметра стержня. Машина работает в автоматическом цикле.

Техническая характеристика

Диаметр стержней	10—25 мм
Длина	5530—6450 мм
Производительность стержней в 1 ч:	
диаметром 10—18 мм	100—120 шт
20—25 мм	80—100 шт
Давление воздуха	5 атм
Мощность трансформаторов	2×35 кВа
Масса машины	2500 кг

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК ДЛЯ НАГРЕВА АРМАТУРЫ

При выборе типов и количества преобразователей тока установок для электронагрева арматуры и схемы их соединения необходимо определить требуемые ток, напряжение и мощность.

Расчет этих параметров для стержневой, проволочной и прядевой арматуры ведется по однотипным формулам, однако значе-

ния входящих в эти формулы констант зависят от диаметра арматуры. Так, например, для арматуры диаметром не более 6 мм в формулу для определения требуемой силы тока вводится омическое сопротивление арматуры и количество тепла, необходимое для ее нагрева до заданной температуры; для арматуры диаметром более 10 мм в расчет вводится активное сопротивление переменному току, учитывающее, помимо омического сопротивления, влияние поверхностного эффекта и дополнительные потери на теплоизлучение и конвекцию.

Ниже приводятся методы расчета электрических параметров нагревательных установок отдельно для стержневой, проволочной и прядевой арматуры.

Стержневая арматура

Требуемая величина тока

$$I = \sqrt{\frac{70 Q_{\text{полн}} K}{\overline{R}\tau}}, \qquad (33)$$

где $Q_{\text{полн.}}$ — полное количество тепла, расходуемое на нагрев 1 м стержня до расчетной температуры, ккал;

K — коэффициент, учитывающий схему включения стержней в цепь питания, при последовательном включении $K=1$, при параллельном включении K равен числу одновременно нагреваемых стержней;

$\overline{R}$ — активное сопротивление 1 м стержня при расчетной температуре нагрева, принимаемое по табл. 43, Ом · 10^{-4};

τ — время нагрева, мин.

Полное количество тепла равно:

$$Q_{\text{полн}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{п}}\tau, \qquad (34)$$

где $Q_{\text{н}}$ — количество тепла, расходуемого на нагрев 1 м стержня до расчетной температуры без учета потерь, ккал, принимаемое по табл. 43;

$Q_{\text{п}}$ — потери тепла 1 м стержня теплоизлучением и конвекцией в течение 1 мин, принимаемые по табл. 43, ккал.

Требуемое напряжение

$$U = \frac{I\overline{Z} l_{\text{н}} m}{K}, \qquad (35)$$

где $\overline{Z}$ — полное сопротивление 1 м стержня при нагреве до расчетной температуры, принимаемое по табл. 43, Ом · 10^{-4};

$l_{\text{н}}$ — длина нагреваемого участка одного стержня;

m — коэффициент, который при последовательном включении стержней в цепь питания равен их числу, а при параллельном соединении равен единице.

Требуемая мощность преобразователя тока

$$P = \frac{IU}{1000} \qquad (36)$$

По полученным данным, с помощью табл. 44 подбираются трансформаторы с таким расчетом, чтобы они обеспечивали требуемые ток и напряжение U; расчетная мощность P должна быть всегда меньше номинальной мощности трансформаторов.

Таблица 43

Параметры преобразователей тока, применяемых для электронагрева стержневой арматуры

Диаметр арматуры d, мм	Площадь поперечного сечения S, см²	Омическое сопротивление R, Ом 10^{-4}	Тепло, необходимое для нагрева 1 м стержня, ккал								Сопротивление 1 м стержня, Ом·10^{-4}							
			$Q_н$	$Q_п$ при τ=1 мин	$Q_н$	$Q_п$ при τ=1 мин	$Q_н$	$Q_п$ при τ=1 мин	$Q_н$	$Q_п$ при τ=1 мин	активное $\overline{R}$				полное $\overline{Z}$			
			при температуре $t_к$, °С															
			300		350		400		450		300	350	400	450	300	350	400	450
10	78	16,7	21,9	3,33	26,8	4,26	30,8	5,33	35,8	5,52	51,4	58,5	61,2	65,7	58,0	63,3	68,8	74,2
12	113	11,5	31,4	3,98	37,7	5,09	44,2	6,37	51,5	7,78	40,0	43,8	47,6	51,2	47,0	51,3	54,8	60,2
14	154	8,45	42,7	4,71	51,3	6,02	60,0	7,54	70,0	9,22	33,2	36,7	39,5	42,5	38,4	41,8	45,6	49,2
16	301	6,45	55,8	5,28	67,0	6,75	78,5	8,45	91,1	10,33	28,5	31,2	34,0	36,5	33,2	36,2	39,4	42,5
18	254	5,12	70,6	5,92	84,8	7,58	99,4	9,5	115,6	11,61	25,2	27,6	30,0	32,3	29,4	32,1	34,9	37,6
20	314	4,15	87,2	6,66	104,7	8,52	122,8	10,66	143,0	13,05	22,6	24,8	26,9	29,0	26,4	28,8	31,3	33,8
22	380	3,42	104,3	7,47	126,3	9,56	148,0	11,95	172,0	14,65	20,7	22,7	24,6	26,5	24,4	26,6	29,0	31,2
25	491	2,65	136,0	8,37	163,0	10,7	191,2	13,4	225,5	14,4	18,0	19,7	21,4	23,1	21,2	23,1	25,2	27,1
28	616	2,11	170,5	9,25	204,5	11,82	240,0	14,82	279,0	18,15	16,2	17,7	19,3	20,7	18,9	20,7	22,5	24,3
32	804	1,62	223,0	10,62	268,0	13,6	314,0	17,05	365,0	20,8	14,2	15,5	16,8	18,2	16,7	18,2	19,8	21,3
36	1018	1,28	282,0	11,82	332,0	15,25	397,0	19,1	462,0	23,4	12,6	13,8	15,1	16,2	14,9	16,2	17,7	19,1

Таблица 44

Трансформаторы сварочные

Техническая характеристика	Единица измерения	Тип									
		СТЭ-24	СТЭ-34	СТАН-0	СТАН-1	СТН-350	СТН-500	СТН-700	ТСД-500	ТСД-1000	ТСД-2000
		исполнение									
		двухкорпусное				однокорпусное					
Первичное напряжение		222 или 380	220 или 380	220/110 или 380	220 или 380	220	220 или 380	220 или 380	220 или 380	220 или 380	220 или 380
Вторичное напряжение при холостом ходе	В	65	60	63—83	60—70	70	60	60	80	69 и 78	72 и 84
Нормальный режим работы ПВ или ПР	%	65	65	65	65	50	65	60	60	60	50
Номинальная мощность:											
полезная	кВа	22,75	30	8,7	22	24,5	30	42	40,6	69	144
потребляемая		24	34	—	24	—	32	43,8	42	76	180
Номинальный первичный ток при первичном напряжении 220/380	А	110—63	155/90	—	110/63	114/—	145/84	198/114	185/108	345/220	820/475
Номинальный вторичный ток	А	350	500	140	350	350	500	700	500	1000	2000
Номинальное вторичное напряжение при нагрузке	В	30	30	30	30	30	30	35	40	42	—

Продолжение табл. 44

Техническая характеристика	Единица измерения	Тип									
		СТЭ-24	СТЭ-34	СТАН-0	СТАН-1	СТН-350	СТН-500	СТН-700	ТСД-500	ТСД-1000	ТСД-2000
		исполнение									
		двухкорпусное				однокорпусное					
Пределы регулирования сварочного тока	А	70—500	150—700	25—150	60—480	80—450	150—700	200—900	200—600	400—1200	880—2200
Коэффициент полезного действия	—	0,83	0,85	0,63	0,63	—	0,85	0,85	0,87	0,9	—
Коэффициент мощности	—	0,52	0,52	0,52	0,51	—	0,54	0,66	0,55	0,62	—
Площадь сечения проводов для подключения к первичной сети при напряжении 220/380 В	мм²	25/10	35/16	—	25/10	25/—	35/16	70/35	95/50	95/50	240/186
Площадь сечения проводов сварочной цепи		120 или 2×50	185 или 2×70	—	120 или 2×50	120 или 2×50	185 2×70	240 2×95	185 2×70	2×150 —	4×150 —
Масса трансформатора	кг	140	200	80	185	220	270	380	450	534	—
Масса дросселя		90	120	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание. Для сварочных трансформаторов СТЭ, СТАН, СТН значение ПР указано при полном цикле работы длительностью $t_{мин}$, для трансформаторов ТСД значение ПВ указано при продолжительности цикла 10 мин.

Проволочная и прядевая арматура

Требуемая величина тока

$$I_{ср} = \sqrt{\frac{70Gnct}{R_{ср}\tau}}, \qquad (37)$$

где G — масса 1 м проволоки или пряди, кг;

n — количество одновременно нагреваемых прутков или ниток проволок, или прядей;

c — коэффициент теплоемкости стали, который может быть принят равным 0,12 ккал/кг, °С;

t — расчетная температура нагрева арматуры, °С;

$R_{ср}$ — среднее значение омического сопротивления 1 м арматуры при расчетной температуре, Ом/м;

τ — время нагрева, мин.

Средняя величина омического сопротивления 1 м арматуры при расчетной температуре

$$R_{ср} = \frac{\rho(2 + \alpha t)}{2f_a n}, \qquad (38)$$

где ρ — удельное сопротивление арматуры, которое для проволоки и пряди может быть принято равным 0,12 Ом · мм²/м;

α — температурный коэффициент сопротивления арматуры, равный 0,0048;

f_a — площадь поперечного сечения арматуры, мм².

Время нагрева в случае непрерывного армирования

$$\tau = \frac{l_н}{60V_д}, \qquad (39)$$

где $l_н$ — длина нагреваемого участка проволоки или пряди, м;

$V_д$ — средняя линейная скорость движения проволоки, м/с.

Требуемое напряжение источника питания равно:

$$U = I_{ср}R_{ср}\, l_н \cdot \qquad (40)$$

Требуемая мощность преобразователя определяется

$$P = \frac{I_{ср}U}{1000} \qquad (41)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПРИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОМ НАТЯЖЕНИИ АРМАТУРЫ

1. Определение расстояния между упорами форм и поддонов и между временными концевыми анкерами арматуры при электротермическом способе натяжения

Пример 1. *Исходные данные.* На рабочих чертежах предварительно-напряженного железобетонного элемента указано: длина изделия $l_и = 5900$ мм, напряженная арматура диаметром 14 мм из стали класса Ат-V. Величина предварительного напряжения $\sigma_0 = 5300$ кгс/см².

Определение технологических параметров при проектировании формы

Наибольшее допустимое предварительное напряжение равно:

$$\sigma_0^в = \sigma_0 + P = 5300 + 880 = 6180 \text{ кгс/см}^2.$$

Расстояние между упорами $l_у$ примем исходя из размеров применяемых форм и конструктивных проработок

$$l_у = l_и + 2l_{уп} = 5900 + 2 \cdot 150 = 6200 \text{ мм}.$$

Допустимое предельное отклонение расстояния между упорами согласно п. 3.18 равно — 2.

Размер $l_у$, указываемый на чертежах форм, (6200—2) мм.

Продольная деформация формы $\Delta l_ф$ определяется в зависимости от прилагаемой силы $P = F_a\sigma_0$ с эксцентрицитетом, равным расстоянию от центра тяжести напрягаемой арматуры до центра тяжести поперечного сечения формы, и проверяется опытным путем. Величина $\Delta l_ф$ должна указываться на рабочих чертежах формы. Пусть в нашем случае она равна $\Delta l_ф = 1$ *мм.*

Определение технологических параметров при организации изготовления изделий

Технологические параметры $l_у$ и $l_ф$ соответствуют проекту (в противном случае производится нормализация упоров и применяются новые фактические размеры).

Допустимое предельное отклонение расстояния между опорными плоскостями временных концевых анкеров арматурной заготовки $l_з$ согласно п. 4.20 составляет +2; —0 мм.

Расчетное удлинение арматуры определяем по формуле (7)

$$\Delta l_0 = \frac{k\sigma_0 + P}{E_a^н} l_у = \frac{(1{,}05 \cdot 5300 + 880)}{1{,}9 \cdot 10^5} \cdot 6200 = 21 \text{ мм}.$$

Длину арматурной заготовки $l_з$, равную расстоянию между опорными поверхностями временных концевых анкеров, определяем по формуле (13)

$$l_з = l_у - \Delta l_0 - \Delta l_ф - \Delta l_c,$$

где Δl_c — величина смятия упоров.

В случае высаженных головок $\Delta l_c = 2m\sigma_0 = 2 \cdot 0{,}03 \cdot 60 = 3{,}6$ мм, округляем до 4 мм, тогда

$$l_з = 6200 - 21 - 1 - 4 = 6200 - 26 = 6174 \text{ мм}.$$

Длину стержня l_0 определяем по формуле

$$l_0 = l_з + 2a,$$

где a в случае высаженных головок составляет $2{,}5d \pm 5$ мм

$$l_0 = 6174 + 70 = 6244 \text{ мм}.$$

Проверка температуры нагрева

Принимаем расстояние между контактами 6000 мм. Рекомендуемая температура нагрева для арматуры класса Ат-V 400°С (см. табл. 12).

По формуле (11) и табл. 15 определяем величину Δl_t

$$\Delta l_t = (400 - 20)\, 6000 \cdot 13{,}5 \cdot 10^{-6} = 30{,}8 \text{ мм}.$$

Величину полного требуемого удлинения арматуры определяем по формуле (8)

$$\Delta l_{\text{п}} = \Delta l_0 + \Delta l_{\text{ф}} + \Delta l_{\text{с}} + C_t ,$$

где $$C_t = 0{,}5 l_{\text{з}} \approx 3 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{\text{п}} = 21 + 1 + 4 + 3 = 29 \text{ мм}.$$

Следовательно, Δl_t более, чем $\Delta l_{\text{п}}$, что и требуется.

Пример 2. На рабочих чертежах предварительно напряженной формы указано: длина изделия $l_{\text{и}} = 17\,950$ мм, напрягаемая арматура из стали класса А-V марки 23Х2Г2Т, диаметр 20 мм; $\sigma_0 = 7000$ кгс/см^2.

Определение технологических параметров при проектировании форм

Наибольшее допустимое предварительное напряжение (см. п. 6.4)

$$\sigma_0^{\text{в}} = \sigma_0 + P = 7000 + 517 = 7517 \text{ кгс/см}^2.$$

Расстояние между упорами $l_{\text{у}}$ примем исходя из размеров применяемых форм и конструктивных проработок

$$l_{\text{у}} = l_{\text{и}} + 2l_{\text{уп}} = 17\,950 + 2 \cdot 500 = 18\,950 \text{ мм}.$$

Допустимое предельное отклонение расстояния между упорами форм согласно п. 3.18 равно -4; $+0$ мм.

Размер $l_{\text{у}}$ указывается на чертежах формы.

$$l_{\text{у}} = (18\,950 - 4) \text{ мм}.$$

Продольная деформация формы $\Delta l_{\text{ф}}$ определяется так же, как и в примере 1, и в данном случае может быть принята равной

$$\Delta l_{\text{ф}} = 5 \text{ мм}.$$

Определение технологических параметров при организации изготовления конструкции

Перед началом эксплуатации форм производят их проверку (см. пример 1).

Допустимое предельное отклонение расстояния между опорными поверхностями временных концевых анкеров арматурной заготовки $l_{\text{з}}$ принимается согласно п. 4.20 и табл. 7 $+5$; -0 мм.

Расчетное удлинение арматуры по формуле (7) равно:

$$\Delta l_0 = \frac{(k\sigma_0 + P)\, l_{\text{у}}}{E_{\text{а}}^{\text{н}}} = \frac{(1{,}1 \cdot 7000 + 517)\, 18\,950}{1{,}9 \cdot 10^6} = 82 \text{ мм}.$$

Расстояние между опорными поверхностями временных концевых анкеров по формуле (13) равно:

$$l_{\text{з}} = \Delta l_{\text{у}} - \Delta l_0 - \Delta l_{\text{ф}} - \Delta l_{\text{с}} ,$$

где $\Delta l_{\text{с}}$ в случае опрессованных шайб может быть принята по формуле (10)

$$\Delta l_{\text{с}} = 2 \cdot 0{,}02 \cdot 70 = 2{,}8 \approx 3 \text{ мм};$$

$$l_{\text{з}} = 18\,950 - 82 - 5 - 3 = 18\,860 \text{ мм}.$$

Длина стержня вычисляется по формуле

$$l_0 = l_з + 2a,$$

где a — длина конца стержня, используемая для образования временного концевого анкера. В случае опрессованных шайб $a = 30$ мм

$$l_0 = 18\,860 + 2 \cdot 30 = 18\,920 \text{ мм}.$$

Проверка температуры нагрева

Принимаем расстояние между контактами 18 м. По формуле (11) и табл. 15 определяем величину

$$\Delta l_t = (400 - 20)\,18\,000 \cdot 13{,}8 \cdot 10^{-6} = 94{,}4 \text{ мм}.$$

Величину полного требуемого удлинения арматуры определяем по формуле (8)

$$\Delta l_п = \Delta l_0 + \Delta l_ф + \Delta l_c + C_t\ ,$$

при этом C_t определяем в соответствии с рекомендациями п. 7.46

$$C_t = 0{,}5 \cdot 18 = 9 \text{ мм};$$

$$\Delta l_п = 82 + 5 + 3 + 9 = 99 \text{ мм},$$

т. е. $\Delta l_t < \Delta l_п$ и требуется увеличить температуру нагрева с 400 до 440°С, тогда $\Delta l_t = (440 - 20)\,18\,000 \cdot 14{,}1 \cdot 10^{-6} = 106{,}6$ мм. Следовательно, $\Delta l_t > \Delta l_п$

2. Определение электрических параметров установок для нагрева арматуры

Пример 1. Требуется определить параметры преобразователей тока для нагрева трех стержней класса Ат-V диаметром 14 мм до температуры 400°С за время 5 мин. Длина нагреваемой части каждого стержня 6 м.

Принимаем последовательную схему соединения стержней. По табл. 43

$$Q = 60 + 7{,}54 \cdot 5 = 60 + 37{,}7 = 97{,}7 \text{ ккал}.$$

По этой же таблице находим $\overline{R} = 39{,}5 \cdot 10^{-4}$ и определяем величину тока по формуле

$$I = \sqrt{\frac{70 \cdot 97{,}7}{39{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 5}} \approx 590\text{А}\ .$$

Напряжение источника тока определяем по формуле (35)

$$U = \frac{I\overline{Z}\, l_п\, m}{K} = 590 \cdot 45{,}6 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 3 = 48{,}5B;$$

мощность равна:

$$P = \frac{590 \cdot 48{,}5}{1000} \approx 28{,}6 \text{ кВа}.$$

В табл. 44 приведены необходимые данные о сварочных трансформаторах. Пользуясь этой таблицей, находим, что для нагрева указанного выше количества арматуры требуется один трансформатор СТН-700 ($I_{ном} = 700$А) или два трансформатора СТЭ-24, соединенные параллельно ($I_{ном} = 700$А)

Напряжение 48,5 В может быть получено при применении и тех и других сварных трансформаторов.

Мощность в обоих случаях (42 и 45,5 кВа) больше расчетной. Трансформаторы СТЭ-24 используются без дросселей.

Пример 2. Определить параметры преобразователей тока для нагрева двух стержней диаметром 22 мм из стали класса А-V длиной нагреваемой части каждого стержня 18 м до температуры 440° С. Время нагрева 5 мин.

Возможны два варианта. Первый—нагрев каждого стержня от преобразователя тока.

Тогда $Q_{полн} = 167{,}2 + 14{,}11 \cdot 5 = 167{,}2 + 70{,}55 = 237{,}75$ ккал. Значения $\bar{R}$, $Q_{полн}$ и $Q_{н}$ находим по линейной интерполяции из табл. 43.

$$I = \sqrt{\frac{70 \cdot 237{,}75}{\bar{R}\tau}} = \sqrt{\frac{70 \cdot 237{,}75}{26{,}1 \cdot 10^{-4} \cdot 5}} = 1130\text{А};$$

$$U = I\bar{Z}\,l_{н} = 1130 \cdot 31 \cdot 10^{-4} \cdot 18 = 63\text{В};$$

$$P = \frac{1130 \cdot 63}{1000} = 71{,}19 \text{ кВа}.$$

Для электронагрева в этом случае требуется три трансформатора СТЭ-34, соединенных параллельно ($I_{ном} = 1500$А, $U = 60$В и $P = 90$ кВа).

Второй вариант — нагрев одновременно обоих стержней, соединенных параллельно. Для этого случая

$$I = \sqrt{\frac{70 \cdot 237{,}75 \cdot 2}{26{,}1 \cdot 10^{-4} \cdot 5}} = 1530\text{А};$$

$$U = \frac{I\bar{Z}\,l_{н}\,m}{K} = \frac{1530 \cdot 31 \cdot 10^{-4} \cdot 18}{2} = 42{,}7\text{В};$$

$$P = \frac{1530 \cdot 42{,}7}{1000} = 65{,}5 \text{ кВа}.$$

Для нагрева может быть использован один трансформатор ТСД-2000 (i=2000 А, U=72 В, P=144 кВа).

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

ТАРИРОВКА ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Тарировка приборов должна производиться не реже одного раза в 6 месяцев.

Тарировку рекомендуется осуществлять на контрольно-натяжном стенде (рис. 54).

Для обеспечения тарировки натягивается арматура соответствующего вида и диаметра до максимального значения. Затем нагрузка снимается и арматура натягивается до заданного этапа нагружения.

Длину стенда с натянутой арматурой устанавливают следующим образом:

при тарировке приборов с собственной базой — не менее тройного значения длины базы; при тарировке приборов без собственной базы — в соответствии с длиной арматуры изделия.

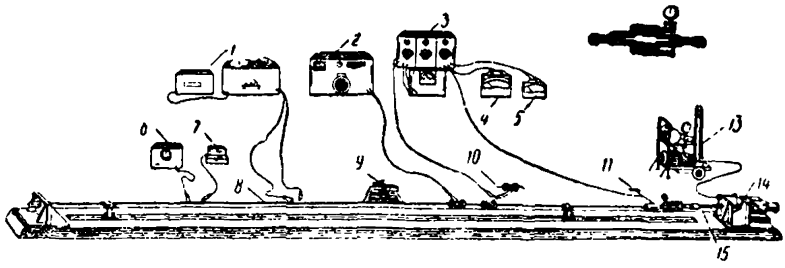


Рис. 54. Стенд тарировки приборов для контроля натяжения арматуры

1 — шлейфовый осциллограф; 2 — универсальный мост; 3 — 3-канальный усилитель; 4 — миллиамперметр; 5 — микроамперметр; 6 — ИПН-6; 7 — ИНА-3; 8 — индукционные датчики; 9 — прибор с проволочными датчиками; 10 — индуктивные датчики; 11 — тензометрическая втулка с проволочными датчиками; 12 — образцовый динамометр; 13 — насосная станция; 14 — гидродомкрат; 15 — натяжной винт

При наличии в приборах больших люфтов или большой зоны нечувствительности прибор бракуется. Зона нечувствительности не должна превышать 1% контролируемой величины.

До начала тарировки устанавливается контрольная аппаратура со шкалой, цена деления которой не должна превышать 1% максимального значения контролируемой величины.

Измерительные и регулирующие устройства приборов устанавливаются в исходное положение до и после установки прибора на арматуру при минимальной нагрузке, выверенной по образцовому динамометру.

Измерение силы натяжения арматуры при тарировке повторяется по каждому этапу нагружения не менее 5 раз. При этом рекомендуется прибор каждый раз снимать и вновь устанавливать на арматуру.

Последующий этап должен отличаться от предыдущего не более 10% максимального значения нагрузки. Тарировка продолжается вплоть до завершения последнего этапа нагружения. Не допускается обратного хода при тарировке.

Данные заносятся в таблицу. По усредненным данным строится тарировочная характеристика. По оси абсцисс откладываются в масштабе усредненные значения показаний прибора в делениях, по оси ординат — сила натяжения в тс или кгс. Допускается построение нескольких характеристик в одной системе координат с указанием вида, длины и диаметра арматуры возле каждой характеристики.

Определяется абсолютная и относительная погрешность прибора. Абсолютная погрешность на каждом этапе нагружения определяется в тоннах или килограммах:

$$\Delta P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta P_i)^2}{n-1}}, \qquad (42)$$

где ΔP_i — сумма вариант; n — количество вариант.

Относительная погрешность, выраженная в процентах, равна:

$$\Delta P = \frac{\Delta P n}{\sum_{i=1}^{n} (P_i)} 100, \qquad (43)$$

где $\sum_{i=1}^{n} (P_i)$ — сумма вариант усилий.

Пружины прибора ПРД тарируются путем сопоставления показаний прибора с показаниями образцового динамометра при различных этапах нагружения силоизмерителей пружины, обеспечиваемого винтовой системой прибора.

Упругий элемент с проволочными датчиками прибора тарируется путем сопоставления его показаний с показаниями образцового динамометра на различных этапах нагружения, обеспеченных на тарировочном стенде.

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

ВЫБОР ПРИБОРОВ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Пример 1. Выбор прибора для контроля натяжения арматуры на длинном стенде

Как правило, на длинных стендах изготавливаются конструкции с прядевым или проволочным армированием.

Технология натяжения арматуры осуществляется следующим образом:

арматурные пакеты закрепляются в захватных устройствах;

выполняется начальное натяжение пакетов до усилия, составляющего 10—15% проектного;

натяжение пакетов осуществляется после установки ненапрягаемой арматуры в два этапа.

На первом этапе производится натяжение до 0,5—0,7. На втором — до окончательного усилия, равного 1,05 + 1,1.

Из этой последовательности технологических операций следует, что контроль натяжения приборами можно осуществлять только после последней операции. Однако в этот момент уже установлена косвенная арматура, которая мешает работе частотных приборов ИПН и ИНА. Применение пружинного прибора ПРД-У требует также отсутствия косвенной арматуры или она не должна касаться прядей. Кроме того, прибор ПРД-У требуется ставить с наибольшей точностью посредине линии, а этому может мешать форма. ПРД не применим и при длине стенда больше 24 м.

Таким образом, остается рассмотреть приборы с собственной базой. По техническим характеристикам для применения натяжения в прядях подходят ПИН и ЭМИН. Применение этих приборов требует наличия свободных участков длиной не менее 0,8 м.

Таким образом, контроль натяжения прядей или высокопрочных проволок на длинных стендах при свободном доступе к прядям или наличия свободного участка длиной не менее 0,8 м должен осуществляться приборами типа ПИН. При отсутствии этих условий необходимо включать измерительные приборы в линии натяжения, например месздозы.

Пример 2. Выбор прибора для контроля натяжения при изготовлении многопустотных настилов

Армирование многопустотных настилов может быть стержневое или проволочное. Если армирование стержневое, то в тех случаях, когда сетки не мешают свободным колебаниям стержня, наиболее оптимальным является прибор типа ИПН и ИНА. Применение прибора ИНА может быть ограничено, если в цехе ведутся интенсивные сварочные работы. При невозможности получения свободных колебаний наиболее оптимальными приборами являются ПРД-У и ПИН.

Пример 3. Выбор оптимального прибора при изготовлении ферм на коротком стенде

Фермы армированы прядями диаметром 15 мм, которые натягиваются одновременно по 2 шт. При этом свободная длина концевых участков мала и измерение в них величин предварительного натяжения невозможно. В этом случае измерение натяжения должно осуществляться в пределах опалубки прибором типа ПИН. Можно применять также прибор ПРД-У, но косвенная арматура не должна быть привязана к прядям.

При армировании ферм стержневой арматурой наиболее оптимальным прибором является ПРД-У.

Организация, оценка и обработка результатов контроля натяжения

Применяемая методика контроля величины предварительного натяжения арматуры должна обеспечивать 5%-ную точность в 95% случаев.

Среднее напряжение арматуры вычисляется по формуле

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma_i}{n}, \tag{44}$$

где σ_i — напряжение в одном арматурном стержне,

n — число стержней.

Границы, в которых находится средняя величина с вероятностью 95%, определяются по формуле

$$\sigma - 2S \leqslant \bar{\sigma} \leqslant \sigma + 2S, \tag{45}$$

где S — среднеквадратичное отклонение, определяемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(\bar{\sigma} - \sigma_i)^2}{n-1}} \tag{46}$$

Величина 2 S не должна быть больше допусков, приведенных в табл. 19.

Минимальное число измерений определяется по следующей методике. В течение некоторого времени, зависящего от количества изготавливаемых изделий, измеряется натяжение во всех изделиях подряд, так чтобы общее количество измерений было не менее 50 Затем по формуле (44) определяется σ, по формуле (46) определя-

ется S и высчитывается значение коэффициента изменчивости по выражению

$$V = \frac{S}{\sigma} 100\%. \qquad (47)$$

Определяется мера сложности достоверной оценки по формуле

$$f = \frac{V}{\xi}, \qquad (48)$$

где ξ —допустимая ошибка в оценке измеряемого напряжения, принимается равной 5% при доверительной вероятности $P \geqslant 99\%$.

Минимальное допустимое число n, показывающее, в каком количестве стержней необходимо производить измерение напряжения, определяется по графику рис. 55.

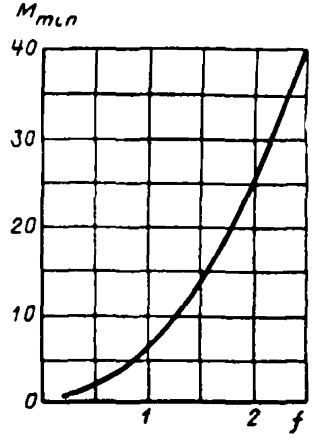


Рис. 55. График для определения минимального количества стержней для измерения напряжений

Измеряется натяжение в n стержнях и делается обработка по вышеприведенным формулам. Если коэффициент изменчивости V_1 будет больше, чем V, то необходимо добавить к n один стержень и так далее до тех пор, пока V_1 не станет равным или меньшим V.

Число n, соответствующее этому моменту, и будет минимальным количеством измерений.

Пример. Изготовление настилов

Армирование 4 ⌀ 12Ат-V, предварительное напряжение $\sigma_0 = 5600 \pm 1000$ кгс/см².

В смену изготавливается 65 настилов. Коэффициент изменчивости по результатам массовых измерений натяжения в стержнях в 1 смену $V = 10\%$.

Определить количество стержней, в которых необходимо измерять натяжение в 1 смену

$$f = \frac{10}{5} = 2.$$

По графику рис. 55 $M_{min} = 25$ измерений.

Следовательно, количество настилов, в которых необходимо проверять натяжение арматуры в смену, равно

$$N = \frac{25}{4} \approx 6$$

При проверке оказалось, что V_1 для шести настилов равен 9%. Следовательно, шести настилов достаточно для того, чтобы достаточно достоверно судить о средней величине σ_0 арматуры во всех 65 настилах.

Если бы оказалось, что V_1 для шести настилов больше 10%, например равен 12%, то необходимо было бы увеличить количество контролируемых настилов на 1 шт., затем проверить натяжение и определить снова V_1. Так продолжать до тех пор, пока полученный коэффициент изменчивости V_1 не будет равен или меньше 10%.

Форма № 1

Замеры l_y при нормализации и проверке упоров форм

Дата замеров	Тип изделия	№ форм	№ стержней	Фактическое расстояние l_{y_1}, мм	Принятое номинальное расстояние l_y, мм	Отклонения l_y от номинального, %	Окончательные расстояния l_y, мм	Подписи	
								начальник цеха	ОТК
8/X 1972 г.	НУ-59-12	43	1	6014	6012	—2	6012		
			2	6012	6012	0	6012		
			3	6012	6012	0	6012		
			4	6015	6012	—3	6012		

Примечания: 1. Заполняется перед началом применения форм, через 5—7 циклов изготовления конструкций, а затем раз в 2—3 месяца.

2. При использовании шаблонов для проверки установленных упоров вместо размеров l_{y_1} и l_y записывается разность между данным размером и фиксированным размером шаблона.

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ НАСТИЛОВ ИЗ ГОРЯЧИХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ (ПАРОРАЗОГРЕВ)

Подбор состава для пароразогрева. Бетон марки 300

Заводская дозировка на 1 м³ холодной смеси:

цемент	— 410 кг;
песок	— 675 кг;
щебень	—1200 кг;
вода	— 160 л.

На замес 0,55 м³:

$Ц$ =225 кг;
$П$ =370 кг;
$Щ$ = 662 кг;
$В$ = 88 л.

Форма № 2

Начальные замеры усилий $N_ф$ или напряжений $\sigma_ф$ в стержнях

Дата замеров	Наименование изделия, расположение стержней в сечении, $\sigma_0 \pm P_1 \sigma_э$, прибор, №, условия замера	№ форм	№ стержней	$l_з = l_у - \Delta l$	Пробное натяжение и его оценка				Уточнение Δl и $l_з$			Подписи	
					показания по прибору	фактические замеры		сравнение с заданными условиями	σ	$\sigma_э$	$l_з = l_у - \Delta l$	отв. лица	ОТК
						$N_ф$, кгс	$\sigma_ф$, кгс/см²						
15/X 1972 г	Балка Б-1,	51	1	12 440 — 43 = 12 397	230	6000	3900		$\sigma = \sigma_0 + (\sigma_{о.м} - \sigma_{ф.м}) = 4500 + 320 = 4820$	$\sigma + P = 4820 + 630 = 5450$	12 440—47 = 12 393		
	$\sigma_{о.м} = 3870$,		2		240	6250	4050						
	$\sigma_{о.б} = 5130$,		3		248	6700	4320						
	$2P = 1260$,		4		261	7150	4620						
	$\sigma_э = \sigma_0 + P = 5130$,		5		260	6970	4500						
	ПРД-7, № 292,		6		250	6800	4410						
	8 оборотов винта		7		231	5750	3720						
			8		230	5660	3550						

Примечания: 1. Заполняется при освоении производства изделий и при переходе на новые виды и партии стали.
2. После повторного подбора $l_з$ производится повторный замер напряжений.
3. $\sigma_{о.м}$—минимальные расчетные напряжения; $\sigma_{о.б}$—максимальные расчетные напряжения; $\sigma_{ф.м}$—минимальные фактические напряжения; $\sigma_р$—разность между максимальными и минимальными расчетными напряжениями.

Форма № 3

Контроль величины предварительных усилий или напряжений ($N_ф$ или $\sigma_{ср}$) в натянутых стержнях

Дата замера	Наименование изделия, расположение арматуры, $\sigma_0 \pm \Delta\sigma_0$, прибор, №, условия замера	№ форм	№ стержней	Показания по прибору	Фактические замеры		Заключение	Подписи	
					$N_ф$, кгс	$\sigma_ф$, кгс/см²		ответственного лица	ОТК
16/X 1972 г.	НУ-63-8,	34	1	240	6250	4050	Напряжение в пределах проектных величин		
	3600±800,		2	236	6000	3900			
	ПРД-6, № 12,		3	230	5600	3550			
	5 оборотов								
16/X 1972 г.	То же	26	1	230	5600	3550	Напряжение занижено		
			2	219	4470	2900			
			3	211	3780	2450			

Примечания: 1. Контроль натяжения стержней производится выборочно (ежемесячно).
2. После корректировки величины $l_з$ производится повторный замер напряжений.

Имея дозировку для обычной холодной смеси, корректируется количество воды с учетом конденсатора пара, который определяется по расходу пара.

На основании уравнений теплового баланса расход пара для нагревания бетонной смеси до требуемой температуры составляет

$$G = \frac{\left(C_т T + C_в B_1\right)\left(t_к^\circ - t_н^\circ\right)}{i_x - C_в t_к^\circ}, \qquad (49)$$

где $C_т$ — удельная теплоемкость компонентов;

T — количество твердых заполнителей;

$C_в$ — удельная теплоемкость воды; B_1 — количество воды;

$t_к^\circ$; $t_н^\circ$ — средняя конечная и начальная температура бетонной смеси;

i_x — теплосодержание пара.

Параметры пара:

давление в магистрали —5 ати;
давление в момент пуска —1,5 ати;
температура — 151°С.

Для нагрева смеси до температуры 75°С потребность в паре, а следовательно и конденсат составит на 1 м³ бетона

$$G = \frac{(0{,}21 \cdot 2285 + 1 \cdot 40)(75 - 10)}{661 - 75} = \frac{(480 + 40)\,65}{586} =$$

$$= \frac{33\,800}{586} = 57{,}8 \approx 58 \text{ кг}.$$

При коэффициенте использования пара $\eta = 0{,}95$ на замес, равный 0,55 м³, потребность пара

$$G = \frac{58 \cdot 0{,}55}{0{,}95} = 34 \text{ кг}.$$

Таким образом, первоначальная вода затворения составит 88—34 = 54 л (кг).

Приготовление горячей бетонной смеси

Пароразогрев смеси осуществляется в смесителе марки С-336. Пар подается непосредственно в смесь с помощью патрубков (рис. 56). Цикл приготовления (с):

загрузка смесителя	— 5
перемешивание перед пуском пара	— 10
перемешивание одновременно с пуском пара	—150
перемешивание после пуска пара	— 10
выгрузка	— 15
Итого	190 с, т. е. 3 мин 10 с

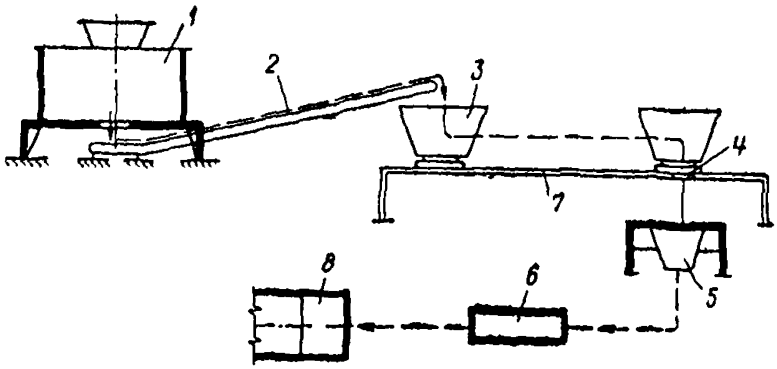


Рис. 56. Схема движения горячей бетонной смеси

1 — бетоносмеситель; 2 — транспортер, 3 — промежуточный бункер; 4 — перегрузка в бетоноукладчик; 5 — бетоноукладчик; 6 — формовочный пост; 7 — эстакада; 8 — пропарочные камеры

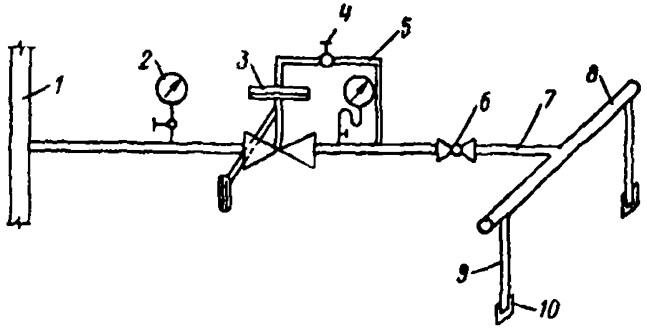


Рис. 57. Схема подачи пара в смеситель (С-336)

1 — паропровод подключения; 2 — манометр; 3 — регулятор движения; 4 — вентиль; 5 — импульсная трубка; 6 — клапан-задвижка; 7 — магистраль ⌀ 4″ (дюйма); 8 — коллектор ⌀ 4″ (дюйма); 9 — патрубок ⌀ 3″ (дюйма); 10 — насадка с соплами

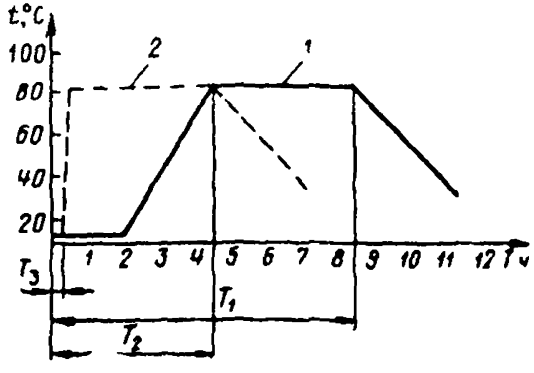


Рис. 58. Режим тепловлажностной обработки при изготовлении изделий из горячих бетонных смесей

1 — из обычной бетонной смеси; 2 — из горячей бетонной смеси; T_1 — 8.5 ч; T_2 — 4,5 ч; T_3 — время установки изделия в камеру

Загрузка бетоносмесителя осуществляется обычным порядком. Время пуска пара может быть значительно сокращено (практически до любого времени) за счет увеличения диаметра труб подводящей паромагистрали (см. рис. 57).

Транспортировка горячей бетонной смеси к формовочному посту осуществляется согласно схеме на рис. 56.

Параметры смеси меняются следующим образом: температура снижается до 65—60°С; удобоукладываемость падает, жесткость увеличивается (на 10 с).

4. Формование изделий производится по существующей технологии (вибрирование с пригрузом).

Пропаривание изделий производится в ямных камерах. Режим пропаривания сокращенный (рис. 58). Подъем температуры сразу после закрытия камеры в течение 30 мин. Изотермическая выдержка 4 ч при температуре 80—85°С, т. е. режим термообработки сокращается с 8,5 до 4,5 ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

ЭЛЕКТРОТЕРМООБРАБОТКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР ЛЭП В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ТОКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Данный способ может быть использован при изготовлении центрифугированных предварительно напряженных железобетонных опор ЛЭП длиной 22 и 26 м и других конструкций (многопустотные плиты перекрытия, тонкостенные железобетонные конструкции и т. д.).

Сущность способа тепловой обработки в электромагнитном поле тока промышленной частоты заключается в том, что изделия, находящиеся в ферромагнитных формах, помещаются в переменное электромагнитное поле индуктора. Ферромагнитные арматура и формы, будучи подвержены воздействию переменного электромагнитного поля, нагреваются за счет перемагничивания и вихревых токов. Генерация тепла происходит без непосредственного контакта токоведущих частей с бетонной смесью. Передача тепла происходит кондуктивно (теплопроводностью) без промежуточных термических сопротивлений.

Камеры выполнены из сборных бетонных блоков. Габариты трех электромагнитных камер 28,8×5,9 м, высотой 2,75 м.

Толщина внутренних стен 300 мм, наружных — 400 мм. Внутренние поверхности стен оштукатурены. По внутреннему периметру и длине камеры крепится обмотка из алюминиевых проводов марки А-150 (рис. 59).

Подвод электроэнергии осуществляется от сети 220/380 В с частотой 50 Гц. Напряженность магнитного поля изменяется за счет исключения электромагнитных обмоток.

Загрузка изделий в камеру и выгрузка производятся с помощью транспортера по 2 изделия на каждую камеру. Загруженные камеры герметически закрываются (рис. 60).

Рекомендуемый режим тепловой обработки 2+2+3+3 ч. Предварительная выдержка 2 ч. Общее время нахождения изделий в установке 5 ч. Температура среды камеры поднимается 2 ч до 85—90° С; 3 ч изделия прогреваются при постоянной температу-

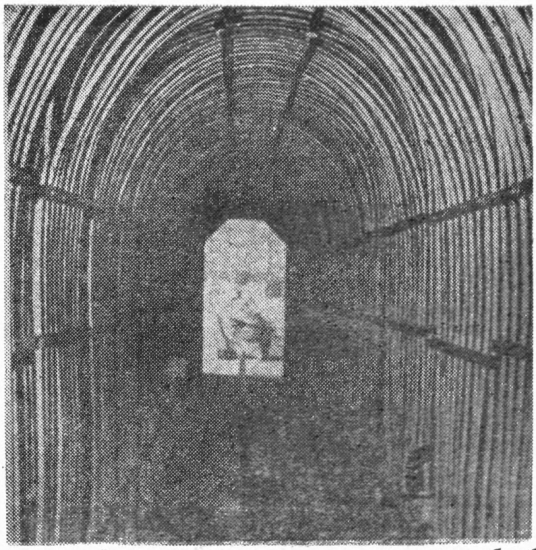


Рис. 59. Внутренний вид камеры для электротермообработки опор ЛЭП в электромагнитном поле

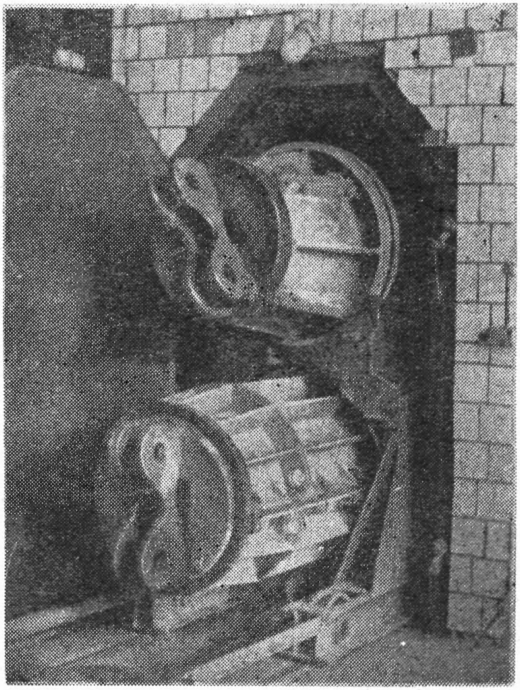


Рис. 60. Центрифугированные опоры ЛЭП перед загрузкой в камеру

ре с отключенным напряжением. Далее изделия перемещаются в зону разгрузки, где остывают 3 ч.

Подвод тепла к бетону опор ЛЭП происходит изнутри (через арматуру) и снаружи от опалубки и среды, что обеспечивает равномерное температурное поле по сечению бетона. К концу подъема температура среды камеры и температура бетона изделия выравниваются и далее сохраняются в процессе термообработки.

Прочность бетона после окончания термообработки не менее 70% от марки бетона в возрасте 28 сут.

На 1 м³ железобетона расходуется электрической энергии 100 кВт·ч.

Годовая экономия от эксплуатации трех камер (производительностью 10 400 м³) составляет 25,2 тыс. руб., т. е. 2 р. 42 к. на 1 м³ железобетона за счет уменьшения парка дорогостоящих форм, увеличения съема продукции с 1 м² производственных площадей и др.

Способ разработан Научно-исследовательским институтом тепло- и массообмена АН БССР (Минск) и внедрен на заводе железобетонных и металлических конструкций г. Стрый и др. (рис. 61).

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ В ЭЛЕКТРОТЕРМОФОРМАХ

Данный способ рекомендуется применять для термообработки дорожных плит, плит покрытия, свай сплошного сечения и др.

Сущность метода бескамерной тепловой обработки в электротермоформах заключается в том, что свежеотформованные изделия разогреваются в пакете электроформ до заданной температу-

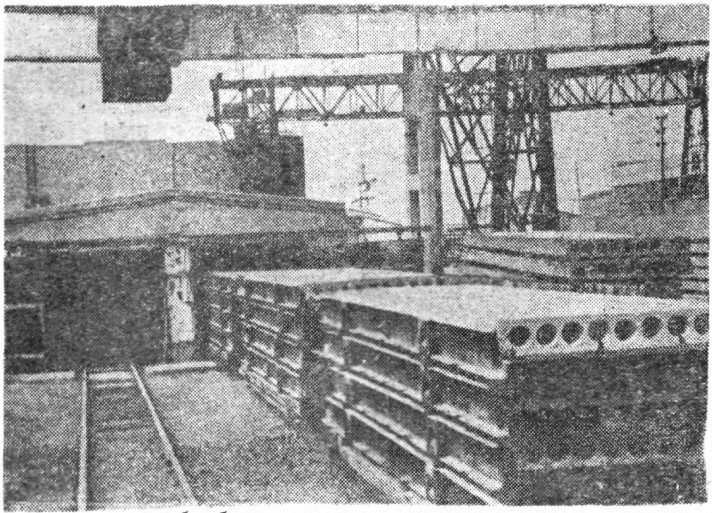


Рис. 61. Тепловая обработка плит перекрытия в электромагнитном поле

ры и выдерживаются в течение заданного времени при постоянной температуре.

Для электроформ используются обычные формы, предназначенные для формирования и транспортировки изделий. В поддоне форм делается дополнительно тепловой отсек, где крепят нагревательные элементы. Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду и повышения равномерности прогрева изделия по объему борта форм и стенки теплового отсека теплоизолируют.

В качестве нагревателей можно использовать трубчато-стержневые, коаксиальные и др.

На нагреватели подается напряжение от сети в пределах 36 В.

Режим термообработки рассчитывается конкретно для каждого вида конструкций. Рекомендуется поднимать температуру (в бетоне) до 85°С в течение 5 ч, затем электрический ток отключается и изделия подвергаются термосному выдерживанию в течение заданного времени при постоянной температуре.

Расход электроэнергии на 1 м³ железобетона 100±35 кВт·ч.

Предлагаемый способ разработан Красноярским Промстройниипроектом. Общие положения по использованию данного метода изложены в «Рекомендациях по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций в электротермоформах» (Красноярск, 1972).

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ ОТПУСКА НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ И КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ ЕЕ ЗААНКЕРИВАНИЯ В БЕТОНЕ

Оборудование и приспособления для плавного отпуска натяжения арматуры

Клиновые устройства

Клиновые устройства устанавливаются с одной из сторон стенда между упором и анкерной плитой с зажимами. Клиновые устройства бывают двухсторонние (рис. 62), односторонние (рис. 63). При отпуске натяжения клин с помощью болта и гайки вытягивается из устройства, во время натяжения арматуры и изготовления конструкций клин удерживается в устройстве с помощью тормоза.

Песочные устройства

Песочные устройства применяются для плавного и одновременного отпуска натяжения арматуры на стендах. Для одиночного отпуска арматуры или пакетами, закрепляемыми на упорах за инвентарную тягу, рекомендуется применять песочные муфты конструкции Гипростроммаш (рис. 64 и 65). Для одновременного отпуска натяжения всей арматуры применяются цилиндрические (рис. 65,*в*) или прямоугольные (рис. 65,*г*) песочницы. Для повышения надежности работы песочниц необходимо применять сухой просеянный песок крупностью 0,2 мм, который следует защищать от воздействий пара и замораживаний. Следует обеспечить одно-

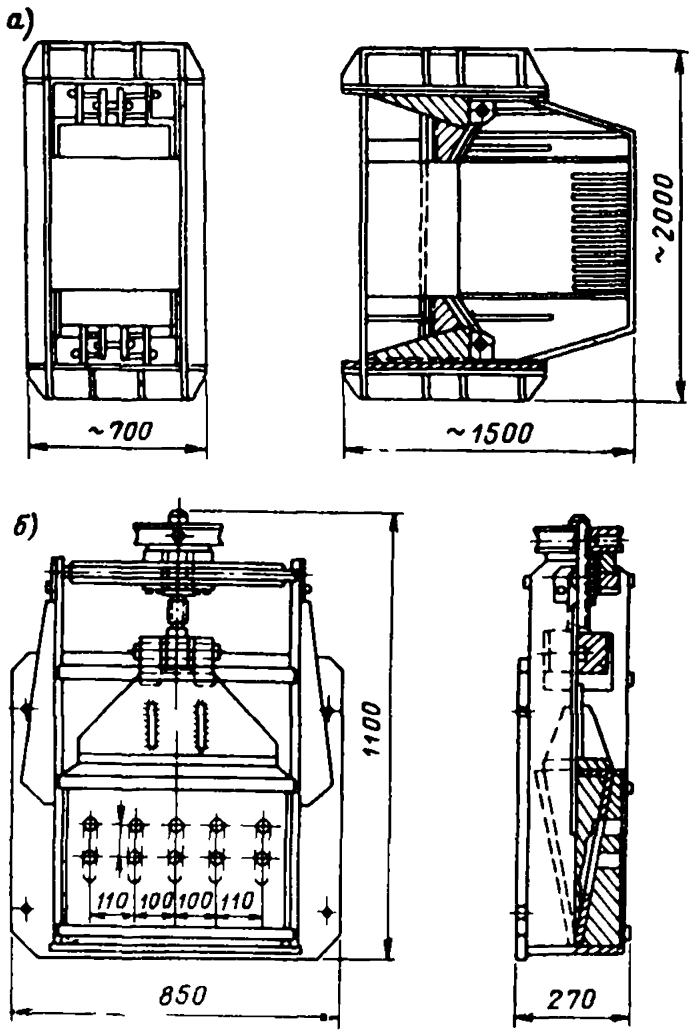


Рис. 62. Клиновое устройство для отпуска натяжения арматуры, натягиваемой на упоры стенда

а — для изготовления пролетных строений мостов (по опыту Погринского завода ЖБИ); *б* — для изготовления промконструкций (по опыту Щекинского завода ЖБИ)

временное вытекание песка из всех песочниц (рис. 65, *б* и *в*), чтобы исключить их перекос и обеспечить плавный одновременный отпуск.

Винтовые устройства

Винтовые устройства рекомендуется применять на стендах и силовых формах при небольших усилиях натяжения арматуры. При отпуске натяжения арматуры упорные винты откручиваются поочередно вручную с помощью гаечного ключа с рычагом. При больших усилиях отпуска натяжения применяются мощные упорные винты с механическим приводом.

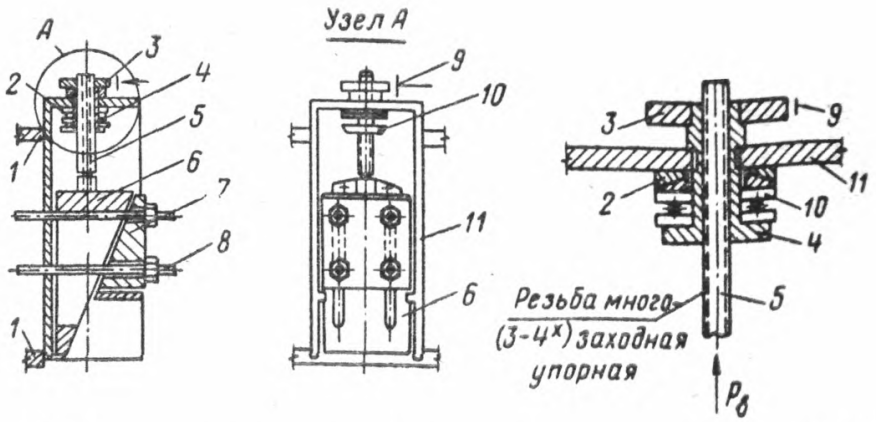


Рис. 63. Клиновинтовое устройство для отпуска натяжения в арматуре (опыт Красноярского комбината железобетонных и металлических конструкций)

1 — упоры стенда; 2 — прокладка; 3 — шкив тормозной; 4 — гайка; 5 — винт; 6 — клин средний; 7 — клин крайний; 8 — тяга; 9 — тормоз; 10 — подшипник; 11 — корпус

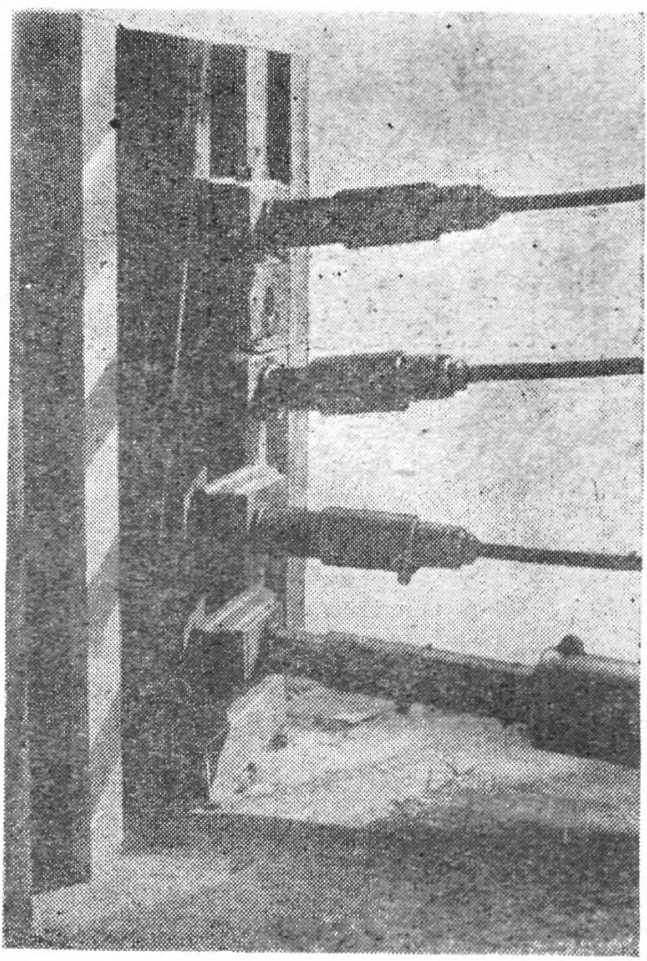


Рис. 64. Песочные муфты, установленные на отдельных стержнях для плавного отпуска натяжения арматуры

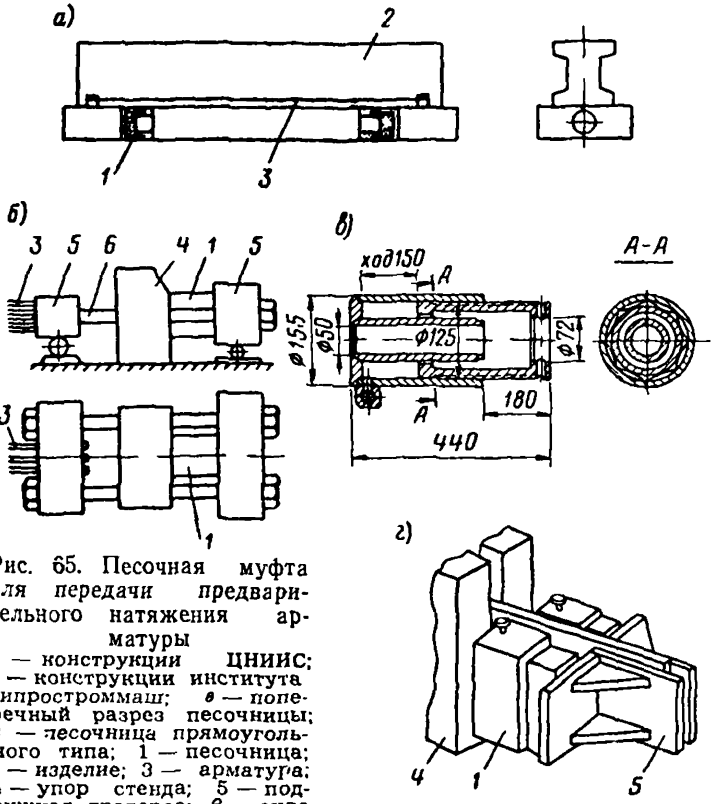


Рис. 65. Песочная муфта для передачи предварительного натяжения арматуры

а — конструкции ЦНИИС; *б* — конструкции института Гипростроммаш; *в* — поперечный разрез песочницы; *г* — песочница прямоугольного типа; 1 — песочница; 2 — изделие; 3 — арматура; 4 — упор стенда; 5 — подвижная траверса; 6 — силовая тяга

Поворотные упоры (приставки)

Поворотные упоры рекомендуется применять на силовых формах при производстве плит при поточно-агрегатной технологии. Передача усилия производится с помощью приставок, позволяющих применять внутренние анкеры (рис. 66). Отпуск в этом случае производится путем установки поддона с изделием на приставки, которые при этом поворачиваются, чем обеспечивают сближение упоров.

Отпуск натяжения с помощью разогрева свободных участков газокислородным пламенем

Основное преимущество отпуска натяжения арматуры с разогревом свободных участков заключается в простоте и доступности его применения в заводских условиях.

Данный способ особенно эффективен при отпуске небольшого количества стержней (прядей) в изделии. Одновременность и плавность отпуска, особенно прядевой арматуры, могут быть достигнуты при соблюдении определенного режима и последователь-

ности нагрева на базе не менее 160 и не более 250 мм. При этом пламя резака должно быть установлено на разогрев, чтобы не допускать пережигания проволок пряди, а резак должен располагаться на расстоянии 12—15 см от пряди.

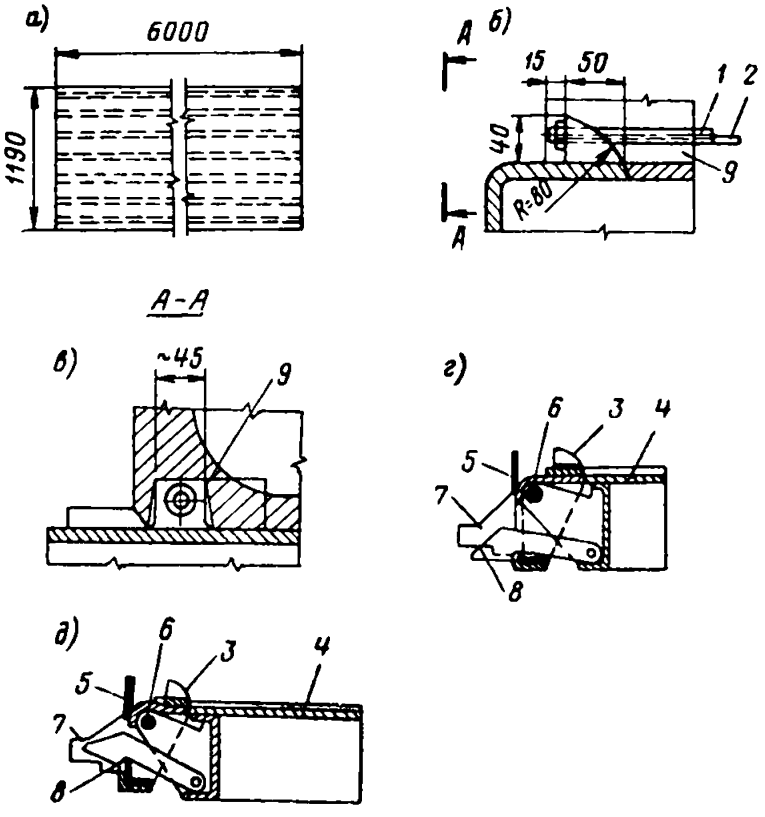


Рис. 66. Конструкция поворотной приставки, обеспечивающей одновременный отпуск арматуры при изготовлении многопустотного настила

а — вид настила снизу; *б* — опорный узел настила, находящегося на форме; *в* — разрез по *А—А*; *г* — упор на приставке поддона перед натяжением арматуры; *д* — то же, перед извлечением изделия из формы; 1 — напрягаемая арматура; 2 — дополнительная продольная арматура у опоры, перекрывающая ослабленное место, 3 — поворотный упор, 4 — поддон; 5 — поворотная пристройка; 6 — шарнир сочленения приставки и поддона; 7 — кронштейн для поворота приставки; 8 — замок; 9 — изделие

Нагревание производится таким образом, чтобы пламя охватывало все наружные проволоки каждой пряди. Время разогрева одной пряди должно составлять не менее 4 с. После первого разогрева всех прядей в указанной на рис. 68 последовательности (например, 9 прядей за 36 с) разогрев прядей снова повторяется. Общее время разогрева прядей в течение всего периода должно составлять не менее 4 мин. В зависимости от количества прядей в сечении это время может увеличиваться (до 6—10 мин). На рис. 67 приведен график падения напряжения четырех пакетов прядей (по две пряди в пакете) при отпуске натяжения указанным способом

в процессе изготовления преднапряженных ферм пролетом 18 м. После отпуска натяжения арматуру перерезают в местах ее разогрева.

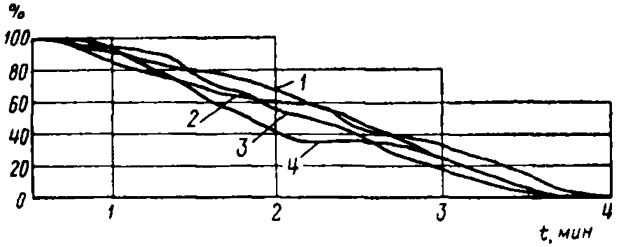


Рис. 67. Осциллограммы напряжений пакета прядей при их отпуске (одновременный нагрев прядей бензорезом)
1, 2, 3, 4 — номера пакетов из двух прядей

Контролем одновременности и плавности отпуска натяжения может служить осмотр прядей после их обрезки: все проволоки пряди в месте обрезки должны иметь характерный обрыв с «шей-

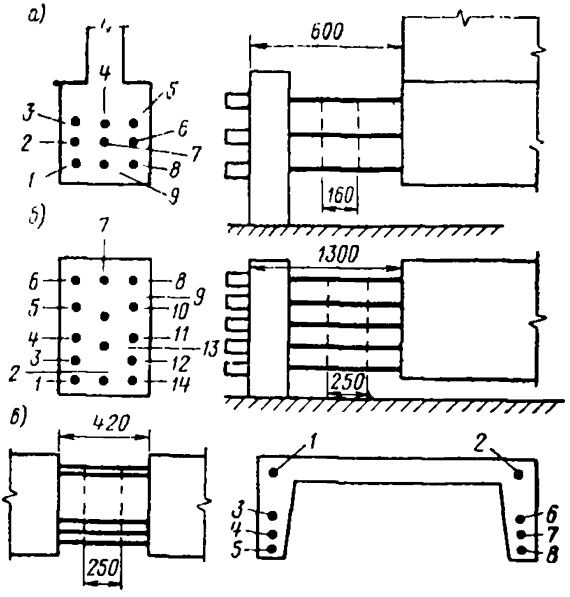


Рис. 68. Схемы разогрева свободных участков прядей с помощью газокислородного пламени
а — балки серии ПК-01-06; б — фермы серии ПК-01-129, в — плиты ПНКЛ 1,5×12 м (1—14 — номера прядей и последовательность их разогрева; 160 и 250 мм — размер базы разогрева)

кой». Наоборот, в случае, если отпуск произведен неправильно (неплавно и неодновременно), то пряди «распущены».

На рис. 68 приведены примеры плавного отпуска натяжения прядевой арматуры указанным способом при изготовлении балок

серии ПК-01-06, ферм серии ПК-01-129 и плит ПНКЛ размером 1,5×12 м.

На поперечных сечениях конструкций цифрами показана последовательность разогрева участков пряди, а направление стрелок указывает направление пламени (бензореза и др.).

Неодновременный отпуск натяжения арматуры

При поочередном отпуске натяжения арматуры происходит увеличение усилий в еще неотпущенных арматурных элементах, вследствие чего имеют место их обрывы. Это приводит к появлению трещин в торцах изделия, к динамической передаче усилий на бетон, значительно ухудшающей анкеровку арматуры в опорных частях конструкций.

Таблица 45

Последовательность отпуска натяжения прядевой арматуры при изготовлении стропильных и подкрановых балок

Этап	Отпуск прядей		Величина передачи натяжения с арматуры на бетон
	Двускатная балка серии ПК-01-06, вып. 8		
1	Верхняя арматура		От σ_{01} до 0
2	№ 7, 8	I ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01}
3	№ 4, 5, 6	II ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01}
4	№ 1, 2, 3	III ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01} и далее до 0
5	№ 7 и 8	I ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ до 0
6	№ 4, 5, 6	II ряд	То же
	Подкрановая балка БКНВ-6-2 серии ЦК-01-50, вып. 3		
1	Верхняя арматура		От σ_{01} до 0
2	№ 7 и 8	I ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01}
3	№ 4, 5, 6	II ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01}
4	№ 1, 2, 3	III ряд	„ σ_{01} „ 0
5	№ 4, 5, 6	II ряд	„ 0,5 σ_{01} „ 0
	Подкрановая балка БКНВ-6-5 серии ПК-01-50, вып. 3		
1	Верхняя арматура		От σ_{01} до 0
2	№ 10, 11, 12	I ряд	„ σ_{01} „ 0,7 σ_{01}
3	№ 7, 8, 9	II ряд	„ σ_{01} „ 0,7 σ_{01}
4	№ 4, 5, 6	III ряд	„ σ_{01} „ 0,7 σ_{01}
5	№ 1, 2, 3	IV ряд	„ σ_{01} „ 0,5 σ_{01}
6	№ 10, 11, 12	I ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ до 0,5 σ_{01}
7	№ 7, 8, 9	II ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0,25 σ_{01}
8	№ 4, 5, 6	III ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0,13 σ_{01}
9	№ 1, 2, 3	IV ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0
10	№ 10, 11, 12	I ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0
11	№ 4, 5, 6	III ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0
12	№ 7, 8, 9	II ряд	„ $\sigma_{\text{фактич}}$ „ 0

При поочередном отпуске натяжения арматурных элементов его рекомендуется выполнять несколькими этапами. В качестве примера в табл. 45 приведена последовательность отпуска натяжения прядевой арматуры диаметром 15 мм, домкратами мощностью 60 т.

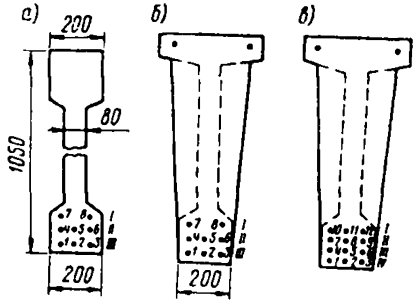


Рис. 69. Сечение преднапряженных конструкций, при изготовлении которых применялся поочередный отпуск арматуры
а — двускатная балка пролетом 12 м (серия ПК-01-06, вып. 8), *б* и *в* — подкрановые балки пролетом 6 м (БКНВ 6-2 и БКНВ 6-4, серия КЭ- 01-50, вып 3) (цифрами обозначены номера прядей и рядов)

В таблице каждый ряд включает пряди, закрепленные в одном захвате В двускатной балке (рис. 69): 1-й ряд — две пряди, 2-й ряд — три пряди, 3-й ряд — три пряди. Для исключения обрывов пряди при попеременном отпуске домкратом необходимо от 6 до 12 этапов.

Контроль надежности заанкеривания арматуры при изготовлении предварительно напряженных конструкций

В табл. 46, 47 и 48 приведены ориентировочные величины втягивания высокопрочной проволочной арматуры, семипроволочных прядей диаметром 15 мм и стержневой горячекатаной арматуры периодического профиля (А-IIIв, А-IV).

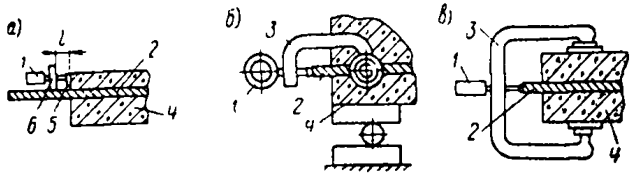


Рис. 70. Схемы крепления индикаторов для определения величины втягивания прядей в бетон
а — на пряди; *б* и *в* — на изделия; *l* — измеряемое расстояние; 1 — индикатор; 2 — прядь; 3 — струбцина; 4 — изделие; 5 — стекло; 6 — штырь

Величины втягивания пряди (как и других видов арматуры) следует определять с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм, устанавливаемых на торцах изделия.

На рис. 70 приведены некоторые из возможных схем установки индикаторов. Так как величины втягивания в значительной степени зависят от величины натяжения арматуры перед отпуском, то рекомендуется одновременно с контролем величины втягивания (особенно пряди) определять и напряжения в арматуре путем установки дополнительного индикатора на базе минимум 200 мм.

Таблица 46

Допускаемые величины проскальзывания (втягивания) проволоки периодического профиля (ГОСТ 8480—63) при отпуске натяжения

Интенсивность предварительного напряжения, кгс/см²	Допускаемая величина проскальзывания „ухода" в бетон конца проволоки (мм) в зависимости от кубиковой прочности бетона в момент отпуска натяжения, кгс/см²													
	200		250		300		350		400		450		500	
	Диаметр проволоки, мм													
	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5	2,5—3	4—5
6 000	0,4	0,7	0,3	0,6	0,3	0,45	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3
7 000	0,5	0,8	0,4	0,7	0,35	0,6	0,3	0,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3
8 000	0,6	1	0,5	0,8	0,4	0,7	0,3	0,6	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
9 000	0,7	1,2	0,6	1	0,5	0,9	0,4	0,7	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4
10 000	0,8	1,4	0,7	1,1	0,6	1	0,5	0,8	0,4	0,6	0,3	0,5	0,3	0,5
11 000	0,9	1,6	0,8	1,4	0,7	1,2	0,5	0,9	0,4	0,7	0,4	0,6	0,3	0,6

Примечание. В случае применения гладкой проволоки (ГОСТ 7348—63) табличные значения увеличивают на 25%.

Таблица 47

Допускаемые величины втягивания пряди при отпуске натяжения арматуры

Усилие натяжения в арматуре перед отпуском P_0, тс	Допускаемые величины втягивания семипроволочной пряди диаметром 15 мм при кубиковой прочности бетона, кгс/см²			
	250	300	350	400
10—12	2,35	1,75	1,25	1,05

Таблица 48

Допускаемые величины втягивания стержневой арматуры периодического профиля при отпуске натяжения

Вид арматуры	Допускаемые величины втягивания (мм) при кубиковой прочности бетона, кгс/см²				
	140	200	300	400	450
Горячекатаная арматура периодического профиля классов А-IIIв, А-IV диаметром от 10 до 36 мм	0,90	0,85	0,65	0,35	0,30

За опытную величину втягивания следует принимать среднее не менее чем из трех измерений, проведенных с одного торца изделия на трех прядях. Если опытная величина втягивания превысит контрольную, то надежность заанкеривания прядей в этом изделии должна быть выяснена испытанием конструкции.

При массовом изготовлении изделий контрольную величину втягивания следует принимать с учетом конкретных условий (состава бетонной смеси, режима тепловлажностной обработки, величины косвенного армирования).

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ (ОПЫТНЫХ ПЕРЕВОЗОК)

Динамические воздействия на железобетонные конструкции, с достаточной для практических целей точностью, можно определить умножением значений вертикальных статических нагрузок на коэффициент динамичности $K_д$. Коэффициент $K_д$ устанавливается путем натурных испытаний (пробных перевозок) конструкций. При проведении дорожных испытаний осуществляется:

выбор дорог по виду и состоянию покрытия, соответствующих типичным условиям эксплуатации специализированных автопоездов, осуществляющих доставку крупноразмерных железобетонных изделий заводского изготовления (визуальное изучение дорожного покрытия, обмер неровностей и микропрофиля);

выбор участков с наиболее неблагоприятными условиями для испытываемой конструкции изделия и полуприцепа,

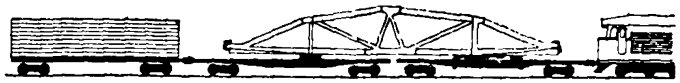


Рис. 71. Перевозка ферм пролетом 24 м с турникетами конструкции ЦНИИОМТП

проведение испытаний конструкций с проездом на дорожных участках с расчетными режимами движения (не менее двух циклов) с осмотром изделий;

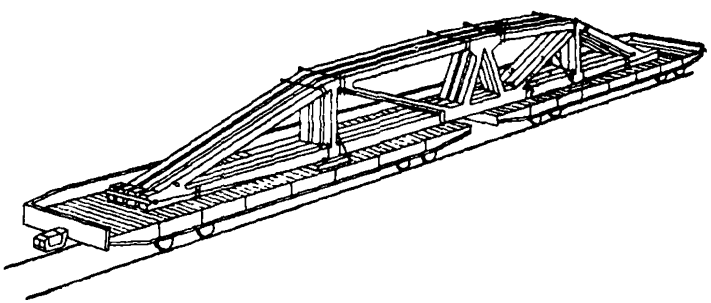


Рис. 72. Перевозка ферм в специальном поворотно-скользящем турникете конструкции ЦНИИОМТП Госстроя СССР

обработка осциллограмм или осмотра основных элементов конструкций, определение коэффициента $K_д$ и т. д.

Турникеты для перевозки ферм по железной дороге приведены на рис. 71 и 72.

Турникет имеет неподвижную и подвижную опоры, между которыми равномерно распределяются вертикальные и поперечные нагрузки от перевозимых конструкций.

После установки на турникеты пакета (ферм) на верхние рамы укладывают специальные упорные балки, прикрепляемые к торцам ферм винтовыми стяжками и воспринимающие продольные усилия.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Таблица 49

Расход цемента при различной продолжительности пропаривания в передвижных формах при температуре изотермического прогрева 80—85°С

Тепловая обработка, ч	Марка цемента	Расход цемента (кг/м³) при марке бетона			
		200	300	400	500
Портландцемент					
15	300	300	390	—	—
	400	265	340	420	—
	500	240	310	365	500
13	300	315	400	—	—
	400	275	350	440	—
	500	240	310	380	500
10	300	360	440	—	—
	400	310	380	500	—
	500	265	330	415	525
8	400	340	430	—	—
	500	290	365	465	—
6	400	400	520	—	—
	500	330	420	550	—
Шлакопортландцемент рядовой, с добавкой шлака 50—70%					
15—16 (стандарт)	300	390	495	—	—
	400	350	435	—	—
13	300	335	410	—	—
	400	290	360	455	—
10	300	435	490	—	—
	400	365	420	580	—
8	400	450	520	—	—
6	400	570	—	—	—
Высокопрочный портландцемент марки 550—600					
13	—	220	280	350	415
10	—	225	290	360	415
8	—	235	300	390	490
6	—	255	325	420	570
4	—	280	360	460	—

Примечание. Ориентировочный расход БТЦ и быстротвердеющего шлакопортландцемента принимается как для портландцемента марки 500.

Таблица 50

Трудоемкость и себестоимость заготовки стержневой, проволочной и прядевой напрягаемой арматуры

Вид арматуры	Диаметр, мм	Количество одновременно заготавливаемых элементов	Длина, м	Показатели на 1 т массы арматуры	
				трудоемкость, чел.-ч	себестоимость, руб.
Стержни мерной длины с пристыковкой анкерных коротышей или высаженных головок	14	1	6	11,4	18,8
			12	7,3	11
			24	5,6	9,9
	18	1	6	8,3	13,8
			12	4,9	8,3
			24	3,8	6,7
	22	1	6	6,2	10,2
			12	3,7	6,3
			24	2,9	5,1
	25	1	6	5,0	8,2
			12	3,0	5
			24	2,3	4,1
Проволока мерной длины	5	27	75	4,8	13,2
			24	7,1	14,1
			75	9,7	25,7
		5	24	12,4	23,8
Проволока мерной длины на станке-автомате с высадкой анкерных головок	5	1	24	13,5	22,8
			12	19,7	30,3
			6	28,7	42,1
Прядь мерной длины	15	2	75	5,6	14.3
			24	9	15,6
Прядь мерной длины с заготовкой на установке НИИЖБ	15	1	24	4	5,9
			12	6	7,9

Таблица 51

Трудоемкость и себестоимость укладки и натяжения элементов арматуры на стендах и в силовых формах

Вид арматуры и способ натяжения	Диаметр, мм	Количество одновременно натягиваемых элементов	Длина, м	Показатели на 1 т массы арматуры	
				трудоемкость, чел.-ч	себестоимость, руб.
Стержневая, электротермическое	14	1	6	9,5	16,5
			12	6,5	13
	18	1	6	7,1	12,7
			12	4,6	9,8
			24	6,4	12
	22	1	6	5,7	10,0
			12	3,6	7,8
			24	5,0	9,7
	25	1	6	4,9	8,9
			12	3,1	6,8
			24	4,3	8,5
Стержневая, групповое механическое	18	6—8	12	3,3	4,6
			24	3,1	4,2
	22	6—8	12	2,4	3,5
			24	2,2	3,1
	25	6—8	12	1,9	2,8
			24	1,8	2,6
Проволока, механическое	5	12	75	12,3	17,3
			24	18,8	26,2
Прядь, механическое на упоры стенда	15	6—8	75	10,	15,9
			24	17,5	23,2
Прядь, механическое на упоры силовых форм	15	6—8	24	16,6	20,9
			12	19,2	24
Канаты, механическое	20	1	75	12,9	19,9
			24	27,3	36,6
	30	1	75	7,4	11,4
			24	15,7	21,1
Проволока, непрерывная намотка машиной ДН-7	5	1	6	14,8	24,7
			12	11,5	20
			24	7,9	15
	6	1	6	10,3	17,2
			12	8	13,9
			24	5,4	10,2
Прядь, непрерывная намотка машиной ДН-7	6	1	6	15,3	25,2
			12	11,9	20,3
			24	8,1	15

Таблица 52

Коэффициенты увеличения себестоимости заготовки и натяжения арматуры при неполной загрузке оборудования

Наименование работ	Коэффициент при загрузке оборудования, %					
	100	80	60	50	40	30
Заготовка стержней	1	1,05	1,11	1,19	1,27	1,43
Заготовка прядей для стендов:						
длинных	1	1,08	1,22	1,33	1,48	1,75
коротких	1	1,01	1,04	1,06	1,10	1,15
Заготовка проволоки для стендов:						
длинных	1	1,10	1,25	1,38	1,57	1,82
коротких	1	1,06	1,15	1,22	1,33	1,52
Натяжение стержневой арматуры электротермическое или механическое	1	1,01	1,05	1,07	1,12	1,18
Натяжение проволочной арматуры на стендах:						
длинных	1	1,06	1,16	1,24	1,37	1,56
коротких	1	1,01	1,05	1,07	1,11	1,17
Натяжение прядей на стендах:						
длинных	1	1,07	1,12	1,16	1,23	1,35
коротких	1	1,02	1,06	1,09	1,14	1,19

Примечание. Полная загрузка оборудования рассчитана при непрерывной работе в течение двух смен в сутки по 8 ч.

Таблица 53

Стоимость (руб.) и трудоемкость (чел.-ч) изготовления 1 т арматурных сеток и плоских каркасов

Масса отдельного изделия, кг, до	Сетки		Каркасы	
	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость
0,5	520	420	580	470
1	280	226	370	297
2	177	137	236	190
3	108	86	145	118
4	91	74	122	100
6	70	57	99	80
8	58	46	84	68
10	50	40	71	57
12	45	36	61	49
16	36	30	46	38
20	29	23	35	27
25	22	21	26	21
30	16	15	20	17
35	15	13	18	15
40 и более	14	11	17	15

Примечания: 1. К плоским сварным сеткам относятся арматурные изделия, состоящие не менее чем из 5 продольных стержней и из неограниченного количества пересекающихся с ними в одной плоскости поперечных стержней, соединенных с продольными в местах пересечений контактной сваркой.

Если же арматурные изделия состоят из 4 и менее продольных стержней с неограниченным количеством поперечных, то их следует относить к каркасам.

2. Стоимость и трудоемкость изготовления гнутых сеток и каркасов определяются по нормативам настоящей таблицы с добавлением на каждый загиб.

Таблица 53а

При наибольшем диаметре сгибаемых стержней сетки или каркаса	Величина добавки на 1 загиб сетки и каркаса	
	к стоимости, руб.	к трудоемкости, чел. ч
До 14 мм	0,01	0,008
До 20 мм	0,02	0,016
Более 20 мм	0,03	0,024

Таблица 54

Стоимость (руб.) и трудоемкость (чел.-ч) изготовления 1 т ненапрягаемых отдельных стержней

Масса стержней и петель, кг	Прямые				Гнутые			
	диаметром				с количеством отгибов			
	до 10 мм		более 10 мм		до 3		более 3	
	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость
0,5	13	11	5	4	92	74	134	108
1	13	11	5	4	32	25	71	57
2	13	11	5	4	12	11	28	23
3	13	11	5	4	7	6	14	11
4 и более	13	11	5	4	6	4,5	7	5

Стоимость технологического оборудования, руб/т

Установка для электронагрева стержней	1170
Установка для упрочнения стержней длиной 6 и 12 м	900—1200
Установка для высадки анкеров на стержнях длиной 6 и 12 м	1400—2030
Установка для сварки стержней в плети	1000
Станок для изготовления пучков из проволоки	800
Машина для высадки головок на высокопрочной проволоке	1410
Линия заготовки проволочных пакетов длиной от 12,5 до 30,5 м	2030—2350
Линия заготовки пакетов из 15 мм прядей длиной:	
12 м	1360
75 м	1030
100 м	980
Оснастка стенда для напрягаемой арматуры	1200
Навивочная машина типа ДН-7 для непрерывного армирования	1000
Виброплощадка от 8 до 24 т	850—1000
Бетоноукладчики и раздатчики	1200—1540
Установки для натяжения арматуры гидродомкрат универсальный 60 т за 1 шт.	2370
то же, 100 т	1840
Сварочные трансформаторы за 1 шт.	185— 360
Краны мостовые	350— 400

Стоимость металлических форм, руб.	
Силовые для плит перекрытий . . .	540
Одноветвевые колонны, сваи, многопустотные панели, плоские поддоны, съемная бортовая оснастка	470
Ригели, подкрановые балки, двухветвевые колонны, стеновые панели . . .	540
Несиловые для балок длиной до 18 м, подстропильных ферм, для плит покрытий, перекрытий, силовые для балок длиной до 12 м	600
Силовые для плит перекрытий и покрытий длиной до 6 м, для ферм и балок длиной до 18 м	640
Силовые для плит перекрытий и покрытий длиной более 6 м; ферм длиной более 18 м, оболочек двоякой кривизны, лотков	675

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

ОСНОВНЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РУКОВОДСТВА ПО ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. ГОСТ 5781—61 * (взамен ГОСТ 5781—58 и ГОСТ 7314—55).

2. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования. ГОСТ 380—71 * (взамен ГОСТ 380—60).

3. Сталь низколегированная конструкционная. Марки и общие технические требования. ГОСТ 5058—65 * (взамен ГОСТ 5058—57).

4. Сталь стержневая арматурная термически упроченная периодического профиля. Технические требования. ГОСТ 10884—71 (взамен ГОСТ 10884—64).

5. Высокопрочная арматурная сталь периодического профиля класса А-V для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. ЧМТУ 1-177-67 (утверждены Минчерметом СССР в 1967 г.).

6. Сталь арматурная горячекатаная периодического профиля класса А-II марки 10ГТ. ЧМТУ 1-89-67 (утверждены Минчерметом УССР в 1967 г.).

7. Сталь горячекатаная специального периодического профиля для армирования железобетонных конструкций. ЧМТУ-1-944-70 (утверждены Минчерметом СССР в 1970 г.).

8. Проволока стальная низкоуглеродистая холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. ГОСТ 6727—53 *.

9. Проволока стальная круглая для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. ГОСТ 7348—63 (взамен ГОСТ 7348—55).

10. Проволока стальная периодического профиля для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. ГОСТ 8480—63 (взамен ГОСТ 8480—57).

11. Проволока стальная низкоуглеродистая периодического профиля для армирования железобетонных конструкций (обыкновенная арматурная проволока периодического профиля). ТУ 14-4-9-71 (утверждены Минчерметом СССР в 1971 г. взамен ЧМТУ 4-333-70).

12. Канаты стальные арматурные 1×7 (семипроволочные арматурные пряди). ГОСТ 13840—68.

13. Канаты стальные арматурные 1×19 (девятнадцатипроволочные арматурные пряди). ТУ 14-4-22-74 (утверждены Главметизом Минчермета СССР в 1974 г.).

14. Канаты (тросы) для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. ЧМТУ 4-200-69 (утверждены Главметизом Минчермета СССР в 1969 г.).

15. Трехпрядные канаты для предварительно напряженного железобетона. ВТУ 2-350-67 (утверждены Главметизом Минчермета СССР в 1967 г.).

16. Сетки сварные для армирования железобетонных конструкций. Сортамент и технические требования. ГОСТ 8478—66 (взамен ГОСТ 8478—57).

17. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. СНиП II.21.74.

18. Защита строительных конструкций от коррозии. СНиП II-28-73.

19. Канаты двухпрядные для предварительно напряженных железобетонных конструкций. ТУ 14-173-9-72 (утверждены Главметизом Минчермета СССР в 1972 г.).

20. Сталь полуспокойная марки 18Гпс для сварных конструкций. ЧМТУ 1-47-67 (утверждены Минчерметом СССР в 1966 г.).

21. Руководство по применению арматурных прядей и канатов в предварительно напряженных железобетонных конструкциях НИИЖБ. М., Стройиздат, 1966.

22. Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение ГОСТ 12004—66.

23. Канаты стальные арматурные 1×7 (семипроволочные арматурные пряди). Методы испытаний на растяжение. ГОСТ 16874—71.

24. Указания по сварке соединений арматуры и закладных деталей железобетонных конструкций. СН 393-69 (утверждены Госстроем СССР в 1969 г.).

25. Руководство по расчету и проектированию стальных форм. М., Стройиздат, 1970.

26. Руководство по эксплуатации стальных форм при изготовлении железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1972.

27. Формы стальные для изготовления железобетонных и бетонных изделий. Общие технические требования. ГОСТ 18886—73.

28. Указания по применению в железобетонных конструкциях стержневой арматуры. СН 390-69 (утверждены Госстроем СССР в 1969 г.).

29. Портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности. ГОСТ 10178—62* (взамен ГОСТ 970—61 и ГОСТ 3909—62).

30. Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования. ГОСТ 10268—70 (взамен ГОСТ 10268—62).

31. Щебень из естественного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытания ГОСТ 8269—64 (взамен ГОСТ 8269—56).

32. Песок для строительных работ. Методы испытания. ГОСТ 8735—65 (взамен ГОСТ 8735—58).

33. Рекомендации по выбору крупных пористых заполнителей для конструктивных легких бетонов марок 150—500. М., Стройиздат, 1972.

34. Руководство по применению химических добавок к бетону. М., Стройиздат, 1975.

35. Справочник проектировщика. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства. М., Стройиздат, 1974.

36. Технико-эксплуатационные требования к оборудованию для формования и уплотнения сборных железобетонных элементов. НИИЖБ, М., 1971.

37. Рекомендации по технологии формования крупноразмерных сборных железобетонных конструкций для промышленного строительства. М., Стройиздат, 1970.

38. Руководство по поверхностному виброформованию железобетонных изделий. НИИЖБ. М., 1971.

39. Рекомендации по изготовлению железобетонных изделий в заводских условиях с применением электроразогрева бетонной смеси в заводских условиях. М., Стройиздат, 1972.

40. Руководство по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1974.

41. Временные указания по контролю и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных изделий и конструкций неразрушающими методами. СН 417-70 (утверждены Госстроем СССР в 1970 г.)

42. Бетоны тяжелые и легкие. Ультразвуковой метод определения прочности. ГОСТ 17624—72.

43. Конструкции и изделия железобетонные. Методы определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры просвечиванием ионизирующими излучениями. ГОСТ 17625—72.

44. Изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. ГОСТ 8829—66 (взамен ГОСТ 8829—58).

45. Изделия железобетонные и бетонные. Общие технические требования. ГОСТ 13015—67 * (взамен ТУ СН 1-61).

46. Руководство по перевозке железнодорожным транспортом сборных крупноразмерных железобетонных конструкций промышленного и жилищного строительства. ЦНИИОМТП. М., Стройиздат, 1967.

47. Руководство по технико-экономической оценке способов формования бетонных и железобетонных изделий. М, Стройиздат, 1971.

48. Единые правила техники безопасности и производственной санитарии для предприятий промышленности строительных материалов. Часть II, раздел XII. Правила техники безопасности и производственной санитарии на заводах и заводских полигонах железобетонных изделий. Минпромстройматериалов СССР. М., Стройиздат, 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
1. Область применения и основные положения 5
2. Арматурные стали 8
3. Формы 16
4. Заготовка арматуры 22
5. Механический способ натяжения арматуры 39
6. Натяжение арматуры электротермическим способом . . 44
7. Контроль величины предварительного натяжения арматуры 57
8. Бетоны и материалы для его изготовления 63
9. Особенности формования предварительно напряженных конструкций 66
10. Тепловая обработка преднапряженных конструкций . . 73
11. Передача усилий обжатия на бетон 84
12. Контроль качества предварительно напряженных конструкций 88
13. Требования к складированию и отгрузке предварительно напряженных конструкций 94
14. Техника безопасности 101
15. Технико-экономическая оценка способов производства преднапряженных конструкций 106
Приложение 1. Типовые технологические линии в унифицированных пролетах УТП-1, разработанные институтом Гипростроммаш 116
Приложение 2. Указания по упрочнению горячекатаной стержневой арматурной стали класса А-III вытяжкой 118
Приложение 3. Расчетные и нормативные сопротивления арматурной стали 121
Приложение 4. Требования к механическим свойствам ненапрягаемой арматуры 123
Приложение 5. Примеры расчета деформаций арматуры с учетом неупругих свойств стали . . . 125
Приложение 6. Технологические линии заготовки проволочной, прядевой и стержневой арматуры . . 126
Приложение 7. Приспособления для закрепления напрягаемой арматуры и ее стыковки 131
Приложение 8. Стыковые соединения проволоки и прядей . 137
Приложение 9. Рекомендации по приварке коротышей к арматуре классов Ат-IV—Ат-VI 138
Приложение 10. Оборудование для механического натяжения арматуры 139

Приложение 11. Определение потерь натяжения последовательно натягиваемых арматурных стержней на форму от ее деформаций 143
Приложение 12. Оборудование для электротермического натяжения арматуры 145
Приложение 13. Расчет электрических параметров установок для нагрева арматуры 150
Приложение 14. Примеры расчетов при электротермическом натяжении арматуры 155
Приложение 15. Тарировка приборов для контроля натяжения арматуры 159
Приложение 16. Выбор приборов и обработка результатов контроля натяжения арматуры 161
Приложение 17. Изготовление преднапряженных многопустотных настилов из горячих бетонных смесей (пароразогрев) 164
Приложение 18. Электротермообработка предварительно напряженных железобетонных опор ЛЭП в электромагнитном поле тока промышленной частоты 169
Приложение 19. Тепловая обработка плит перекрытия в электротермоформах 171
Приложение 20. Рекомендуемые способы отпуска натяжения арматуры и контроль надежности ее заанкеривания в бетоне 172
Приложение 21. Рекомендации по проведению испытаний (опытных перевозок) 181
Приложение 22. Ориентировочные технико-экономические показатели для экономической оценки технологических схем или отдельных процессов производства преднапряженных конструкций 183
Приложение 23. Основные государственные стандарты, технические условия и руководства по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций 188

НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *А. С. Левзнер*
Редактор *Л. Н. Кузьмина*
Мл. редактор *Н. В. Лосева*
Технический редактор *Т. В. Кузнецова*
Корректоры *В. М. Залевская, Н. О. Родионова*

Сдано в набор 8/XII 1974 г. Подп. к печ. 12/V 1975 г. Т-08827
Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 3 10,08 усл. печ. л., (уч.-изд. 11,02 л.). Тир. 23.000 экз. Изд. № XII-5163. Зак. 632. Цена 55 коп.

Стройиздат
Москва, Каляевская д. 23а

gost.e-ecolog.ru

Калужская типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли облисполкома, пл Ленина, 5.