МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАПРЯГАЕМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В КЛЕЕВОЙ РУБАШКЕ В ЭЛЕМЕНТАХ МОСТОВ

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАПРЯГАЕМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В КЛЕЕВОЙ РУБАШКЕ В ЭЛЕМЕНТАХ МОСТОВ

Одобрены Минтрансстроем

Москва - 1977

УДК 624.21.093:666.982.24-422:668.31

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАПРЯГАЕМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В КЛЕЕВОЙ РУБАШКЕ В ЭЛЕМЕНТАХ МОСТОВ. Союздорнии. М., 1977.

Изложена методика проектирования и расчета мостовых конструкций с арматурой в клеевой рубашке, разработанная на основании теоретических и экспериментальных исследований.

Рекомендованы способы армирования блоков пролетных строений стержневой арматурой в клеевой рубашке. Приведена конструкция стыка неразрезных пролетных строений.

Перечислены требования по заготовке, транспортировке, монтажу и натяжению стержневой арматуры в клеевой рубашке.

В приложениях к "Методическим рекомендациям" даны расчет электрических параметров установок для нагрева арматуры в клеевой рубашке по заданному режиму и указания по технике безопасности при работе с термореактивными клеями.

Табл.4, рис.6.

© Союздорнии, 1977

УДК 624.21.093:666.982.24-422:668.31

Предисловие

В современных отечественных железобетонных мостовых конструкциях поперечное предварительное напряжение используется редко. Это вызвано тем, что простых и надежных способов натяжения и анкеровки поперечной арматуры до настоящего времени в нашей стране не было. Способы натяжения и анкеровки продольной арматуры не применяются для поперечной арматуры из-за их трудоемкости.

Клеи на основе термореактивных смол позволяют анкеровать стержневую арматуру, натянутую электротермическим способом, непосредственно в бетоне без специальных анкерных устройств (анкеровка арматуры в клеевой рубашке).

Сущность этого способа заключается в том, что перед укладкой в опалубку арматуру покрывают клеем, роль которого меняется на различных этапах изготовления конструкции. Во время бетонирования конструкции клей исключает контакт арматуры с бетоном; при нагреве арматуры клей переходит в вязко-текучее состояние и не препятствует удлинению арматуры в затвердевшем бетоне ; при выдержке контролируемой температуры нагрева клей полимеризуется и обеспечивает сцепление арматуры с бетоном; при остывании арматура обжимает бетон. В период эксплуатации конструкций клей обеспечивает совместную работу арматуры с бетоном и предохраняет ее от коррозии.

Проведенные в Союздорнии исследования показали, что электротермический способ натяжения арматуры с анкеровкой ее в клеевой рубашке с успехом может быть использован при изготовлении и монтаже мостовых конструкций. Результаты исследований легли в основу "Методических рекомендаций по применению напрягаемой стержневой арматуры в клеевой рубашке в элементах мостов".

В "Методических рекомендациях" дана методика проектирования и расчета мостовых конструкций с арматурой в клеевой рубашке, приведены требования к производству работ при изготовлении таких конструкций.

"Методические рекомендации" разработали инженеры А.П.Пономарев и Б.П.Белов под руководством канд. техн.наук И.Н.Серегина.

В "Методических рекомендациях" использованы результаты научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ НИИЖБ и НИИ ГА "Аэропроект", выполненных под руководством С.Г.Фарбера, а также БелИИЖТ по применению в гражданском строительстве стержневой арматуры, напрягаемой электротермическим способом.

Все замечания и предложения просьба направлять по адресу: 143900 Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии.

1. Общие положения

1.1. "Методические рекомендации по применению напрягаемой стержневой арматуры в клеевой рубашке в элементах мостов" распространяются на проектирование и изготовление железобетонных мостовых конструкций, армированных стержневой горячекатаной и термически упрочненной арматурой периодического профиля, напрягаемой электротермическим способом и анкеруемой в клеевой рубашке.

1.2. Стержневую арматуру в клеевой рубашке рекомендуется применять в качестве поперечной арматуры балок и продольной (рабочей) арматуры плитных мостов, а также для объединения сборных элементов в неразрезные и рамные системы.

2. Особенности проектирования и расчета

Материалы

2.1. В качестве напрягаемой арматуры в клеевой рубашке можно применять все марки стержневой горячекатаной классов А-1У, А-У и термически упрочненной арматуры периодического профиля классов Ат-1У, Ат-У и Ат-У1. Основные механические свойства стержневой арматуры из стали перечисленных классов и область применения этой арматуры (в зависимости от условий эксплуатации железобетонных конструкций) должны соответствовать СНиП II-В.1-62* "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования".

2.2. Для анкеровки арматуры рекомендуется использовать клей на основе термореактивной фенолоанилинофор-мальдегидной смолы СФ-342"А" по ГОСТ 18694-73. Состав клея в весовых частях: смола СФ-342"А"-4, кварцевая мука (молотый кварцевый песок)-4,8, асбестовая мелочь - 1,2.

Все компоненты, входящие в клей, должны быть измельчены так, чтобы частицы их проходили через сито, имеющее 3600 отверстий на 1 $см^2$.

Данные для проектирования и расчета

2.3. Проектирование и расчет элементов предварительно напряженных железобетонных конструкций со стержневой арматурой в клеевой рубашке следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП II-Д.7-62* и дополнительными требованиями, изложенными в пп.2.4-2.15 настоящих "Методических рекомендаций".

2.4. Предварительное напряжение арматуры σ_0 (без учета потерь и коэффициента перегрузки), принимаемое в расчетах, должно быть $\sigma_0 \leq 0{,}9 R_a^н$ (в соответствии с требованиями СНиП II-Д.7-62*), где $R_a^н$ - нормативное сопротивление напрягаемой арматуры.

2.5. Величину наибольшего напряжения σ_0 при электротермическом способе натяжения арматуры принимают с учетом предельно допустимых отклонений P, исходя из того, что $\sigma_0 + P \leq R_a^н$.

Значения допустимых предельных отклонений предварительного напряжения P от заданного для изделий различной длины рекомендуется определять по формуле

$$P = 300 + \frac{3600}{l}, \text{ кгс/см}^2, \qquad (1)$$

где l - длина натягиваемого стержня, м.

2.6. Коэффициент точности предварительного напряжения арматуры в клеевой рубашке следует принимать в соответствии со СНиП II-Д.7-62*.

2.7. Продолжительность полимеризации клея на основе термореактивной смолы СФ-342"А" зависит от температуры нагрева стержня (рис.1).

Рекомендуемая температура нагрева стержневой арматуры 280–320°С. Повышение температуры ведет к деструкции смолы, понижение – к продолжительности нагрева арматуры и, как следствие, к увеличению температурных напряжений в бетоне. Заданную температуру нагрева следует выдерживать 2–3 мин.

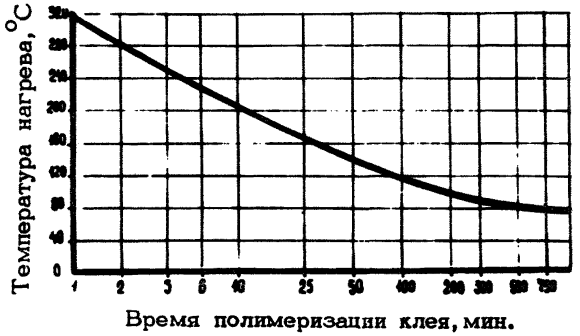


Рис.1. Зависимость времени полимеризации клея от температуры нагрева стержня

2.8. Чтобы уменьшить величину температурных напряжений в бетоне при нагреве арматуры, время нагрева до заданной температуры необходимо сократить до минимального. Рекомендуемое время нагрева – 1–3мин.

2.9. Величину предварительного напряжения в арматуре σ_0 при нагреве стержней до заданной температуры можно определить по формуле

$$\sigma_0 = \frac{(t_p - t_0)\alpha \cdot E_{нач}}{K}, \qquad (2)$$

где $t_р$ - заданная температура нагрева, °С;

$t_о$ - температура окружающей среды, °С;

α - коэффициент линейного расширения[x], принимаемый 13,2х10-6 для стали классов А-IУ и А-У и 12,5х10-6 для классов Ат-IУ, Ат-У, Ат-У1;

$E_{нач}$ - начальный модуль упругости стержневой арматуры, кгс/см^2;

K - коэффициент, учитывающий упругопластичные свойства стали и определяемый по табл.1.

Таблица 1

σ_0, кгс/см^2	"К" для арматуры из стали классов			
	А-IУ и Ат-IУ марки		А-У и Ат-У	Ат-У1
	80С	20ХГ2Ц 20ХГСТ		
3000	1,00	1,00	1,00	1,00
4000	1,00	1,05	1,00	1,00
5000	1,05	1,10	1,05	1,00
6000	1,15	1,20	1,05	1,05
7000	-	-	1,10	1,05
8000	-	-	1,15	1,10
9000	-	-	-	1,20

2.10. При расчете предварительно напряженных конструкций и назначении для них контролируемого напряжения следует учитывать потери предварительного напряжения арматуры от усадки и ползучести бетона, релаксации стали и изменения температуры бетона с момента передачи усилия на бетон (с момента выключения тока в цепи нагреваемого стержня) до окончания обжатия бетона.

---

[x] Величины коэффициентов взяты из "Руководства по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций". М., Стройиздат, 1975.

Величины потерь предварительного напряжения арматуры от усадки и ползучести бетона и релаксации стали следует принимать в соответствии с СН 365-67, приложение 4, так же как при натяжении арматуры на бетон.

Величина потерь предварительного напряжения арматуры $\sigma^{a}_{потерь}$ от изменения температуры бетона определяется по формуле

$$\sigma^{a}_{потерь} = \sigma^{t}_{б} \cdot n, \qquad (3)$$

где $\sigma^{t}_{б}$ – напряжение в бетоне на уровне напрягаемой электротермическим способом арматуры, возникающее от температурной силы N_{xt}, определяемой по формуле (4).

2.11. Железобетонные конструкции с арматурой в клеевой рубашке можно подвергать термовлажностной обработке до полимеризации клея. Время обработки не должно превышать 12 и 7ч при температуре изотермического прогрева соответственно 60 и 80°С, при этом прочность бетона конструкции достигает 70–80% марочной.

Расчет на действие температурных сил

2.12. При электронагреве арматуры, покрытой термореактивным клеем, в бетоне конструкции возникает нестационарное температурное поле, которое вызывает температурные напряжения, сжимающие на поверхности канала (вблизи арматуры) и растягивающие на периферии.

Железобетонные конструкции с арматурой в клеевой рубашке должны быть рассчитаны на действие температурных сил, возникающих в бетоне на стадии натяже-

ния арматуры. Расчет производят для двух сече н и й: сечение, нормальное к оси стержня (действует температурная сила N_{zt}), и сечение, проходящее ч е р е з ось стержня по линии наименьшего сопротивления (действует сила $N_{\theta t}$). Расчет выполняют исходя из выбранного режима полимеризации клея.

2.13. Температурную силу N_{zt} (рис.2), возникаю-

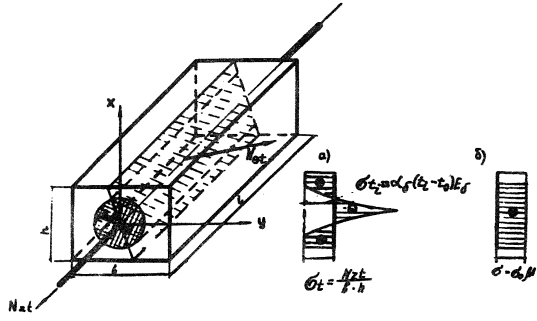


Рис.2. Схема действия температурных сил и эпюры напряжений в нормальных (к оси стержня) сечениях:
а – в период натяжения стержня (от температурной силы N_{zt} и стесненных температурных деформаций), где t_i – температура бетона на некотором удалении от оси стержня; б – после натяжения стержня (установившиеся)

щую в бетоне вдоль нагреваемого стержня, рекомендуется определять по формуле

$$N_{zt} = \frac{\alpha_\delta \cdot E_\delta (t_{нк} - t_0)}{2l} \cdot R_{нз}^2 \left(l + \frac{\gamma}{4}\right), \qquad (4)$$

где $\alpha_б$ – коэффициент линейного расширения бетона, равный $12{,}4 \times 10^{-6}$;

$E_б$ – модуль упругости бетона, кгс/см^2;

$t_{в.к}$ – температура нагрева поверхности бетонного канала, равная $0{,}5\, t_р$, °С;

$R_{н.б}$ – глубина нагретой зоны бетона, принимаемая по табл.2 (отсчитывается от поверхности цилиндрического канала), см;

Δ – относительная глубина нагретой зоны бетона,

$$\Delta = \frac{R_{н.б}}{r_к};$$

$r_к$ – радиус канала, см.

Таблица 2

Диаметр арматуры, мм	Глубина нагретой зоны бетона $R_{н.б}$, см
12	3,6
16	4,0
18	4,5
20	5,2
25	7,3
28	9,0
32	11,2

Радиус канала принимают равным 0,6 диаметра арматуры.

2.14. Температурную силу $N_{\theta t}$ (см. рис.2), действующую перпендикулярно нагреваемому стержню, рекомендуется определять по формуле

$$N_{\theta t} = \frac{N_{zt}\, l}{1{,}57 \cdot R_{н.б}}, \qquad (5)$$

где l – длина нагреваемого стержня в бетоне.

2.15. Температурные силы N_{zt} и $N_{\theta t}$ можно рассматривать как внешние силы, действующие на элемент

конструкции. Напряжения в бетоне элемента конструкции от сил N_{zt} и $N_{\theta t}$ определяют обычным методом, применяемым в строительной механике.

3. Конструирование

Общие требования

3.1. Арматура в клеевой рубашке размещается в элементах мостов так же, как и напрягаемая стержневая арматура соответствующего класса согласно СНиП II-Д.7-62*.

Расположение арматуры в клеевой рубашке должно обеспечивать наименьшее количество соприкосновений ее с прочей арматурой.

3.2. Напрягаемую стержневую арматуру следует заказывать и применять преимущественно в виде целых стержней мерной длины (без сварных стыков на всю длину элемента), а термически упрочненную сталь классов Ат-1У и Ат-У1 – только в виде стержней мерной длины.

3.3. При применении арматуры криволинейного очертания с несколькими углами перегиба угол наклона стержней рекомендуется принимать не более 30°, а радиус закругления для стержней арматуры диаметром до 25 мм – не менее 15 м; диаметром от 28 до 32мм-не менее 20 м.

При применении арматуры с одним углом перегиба угол наклона отгибов может достичь 90°. Радиус закругления стержней должен быть не менее 15 диаметров напрягаемой арматуры.

3.4. Длину зоны анкеровки l_{an} напрягаемой стержневой арматуры в клеевой рубашке можно принимать равной 35 диаметрам арматуры независимо от марки бетона.

3.5. При применении арматуры диаметром 25 мм и

более необходимо предусматривать в пределах длины зоны анкеровки установку дополнительной поперечной (косвенной) арматуры в виде спиралей. Допускаемый шаг поперечных стержней спиралей – не более 30 мм (по длине стержня), диаметр – не менее 5 мм. Диаметр спиралей должен быть равен 3 диаметрам напрягаемой арматуры или больше.

3.6. Для подключения токоподводящих проводов к напрягаемой арматуре необходимо, чтобы стержни выходили за пределы элементов на 8–10 см или в бетоне устраивались ниши, размеры которых обусловлены конструкцией применяемых контактов.

3.7. В случае применения арматуры в клеевой рубашке в качестве монтажной напрягаемой арматуры необходимо обеспечивать надежную связь бетона омоноличивания с бетоном элементов как в направлении вдоль стержня, так и в нормальном к оси стержня во избежание выкалывания бетона омоноличивания при натяжении арматуры от действия температурных сил.

3.8. Допускается применять арматуру, часть длины которой покрыта клеем, располагая участок арматуры с клеевой рубашкой в бетоне, а участок, свободный от клея, в открытом или закрытом канале.

Конструкция коробчатых блоков с арматурой в клеевой рубашке

3.9. Армирование блоков рекомендуется производить напрягаемой арматурой, расположенной в соответствии с напряженным состоянием бетона, соблюдая требования п.3.3 настоящих "Методических рекомендаций" (рис.3).

3.10. Стенки блоков рекомендуется армировать напрягаемыми хомутами U -образного очертания, расположенными по оси или симметрично оси стенки блока.

3.11. Рекомендуемый диаметр напрягаемой арматуры - не более 25 мм для армирования плиты блоков и 18 мм для хомутов.

3.12. Конструктивное армирование блоков напряга-

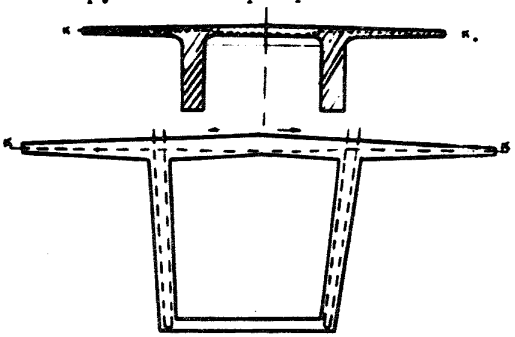


Рис.3. Схемы армирования плитно-ребристых и коробчатых блоков арматурой в клеевой рубашке

емой арматурой выполняется в соответствии с требованиями СНиП II-Д.7-62*.

Конструкция стыка неразрезных пролетных строений с арматурой в клеевой рубашке

3.13. Разрезные пролетные строения, выполненные из типовых пустотных плит, рекомендуется объединять в неразрезные с помощью стержневой напрягаемой арматуры в клеевой рубашке.

Стыки целесообразно располагать в зоне нулевых моментов от постоянных нагрузок.

Оптимальный диаметр напрягаемой арматуры 22 - 32 мм.

3.14. Арматурные стержни могут перекрывать по длине моста один или два стыка, симметричных относительно опоры (рис.4). Последний вариант целесообра -

зен лишь в случае, когда необходимо увеличить количество напрягаемой арматуры в надопорном сечении неразрезного пролетного строения. При этом участок стержня, расположенный в надопорном блоке, рекомендуется не покрывать клеем (п.3.8).

3.15. Арматурные стержни допускается располагать в прорезях либо в пазах, выполненных в бетоне блоков, и в продольных швах между плитами.

Анкеровка стержней осуществляется в бетоне омоноличивания. Чтобы обеспечить совместную работу бетона омоноличивания с бетоном плит под действием нормальных сил, прорези в плитах на длине зоны анкеровки арматуры рекомендуется устраивать зубчатыми.

Косвенное армирование в зоне анкеровки должно соответствовать п.3.5 настоящих "Методических рекомендаций".

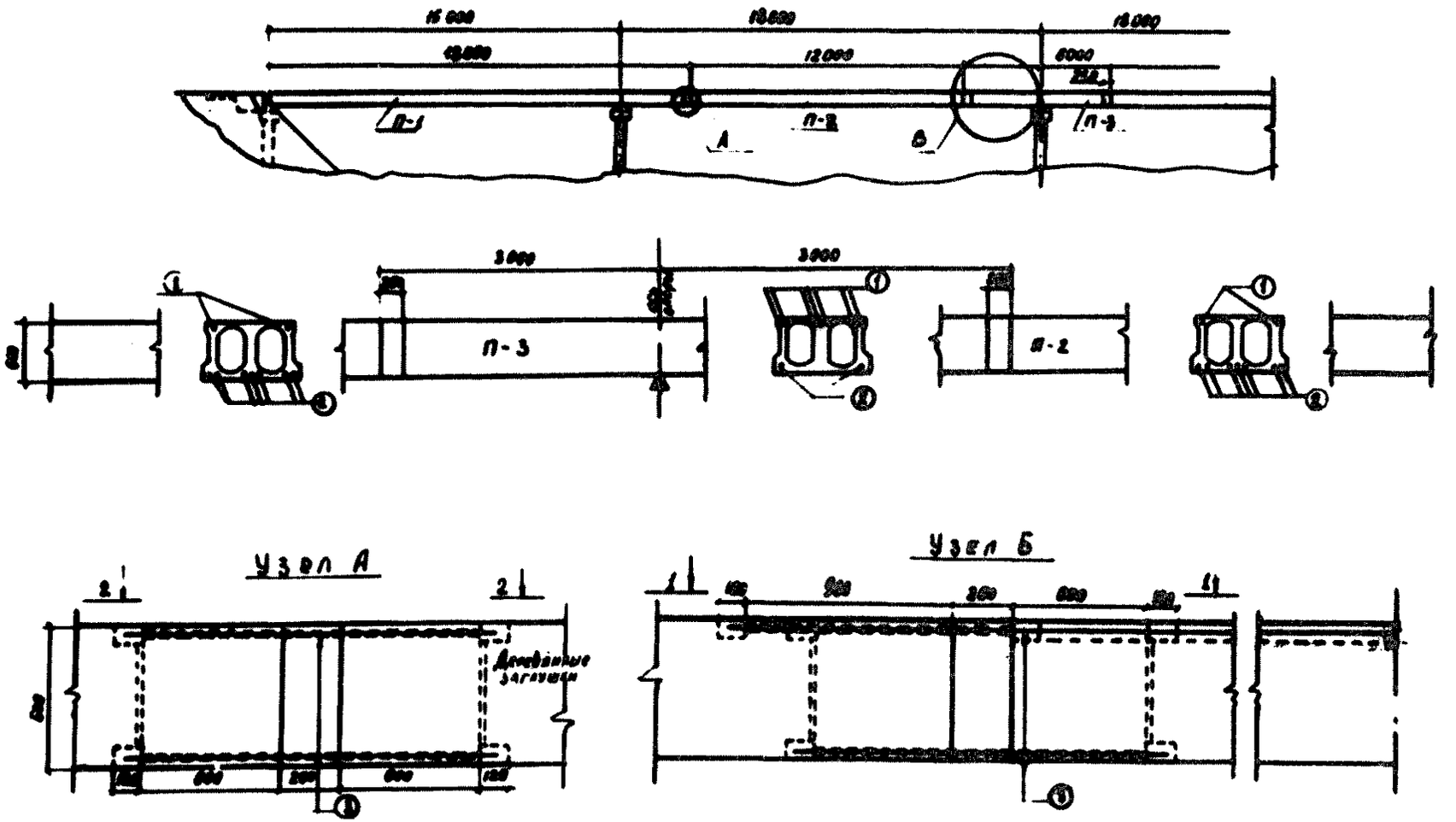
3.16. В районе стыка плиты должны быть объединены между собой в поперечном направлении с помощью армированной диафрагмы.

4. Требования к производству работ

Заготовка, транспортировка и монтаж арматуры в клеевой рубашке

4.1. Арматурные стержни перед нанесением клея выправляют и очищают от грязи, пыли и ржавчины. Стержни арматуры классов А-1У и А-У в случае необходимости могут быть соединены контактной стыковой сваркой согласно ГОСТ 14098-68. Диаметр арматуры в месте соединения не должен превышать максимального диаметра арматуры по выступам.

4.2. При приготовлении клея компоненты отвешиваются, измельчаются и тщательно перемешиваются в пропорциях, указанных в п.2.2.


П-1
П-2
П-3
А
Б
3000
3000
П-3
П-2
Узел А
Узел Б

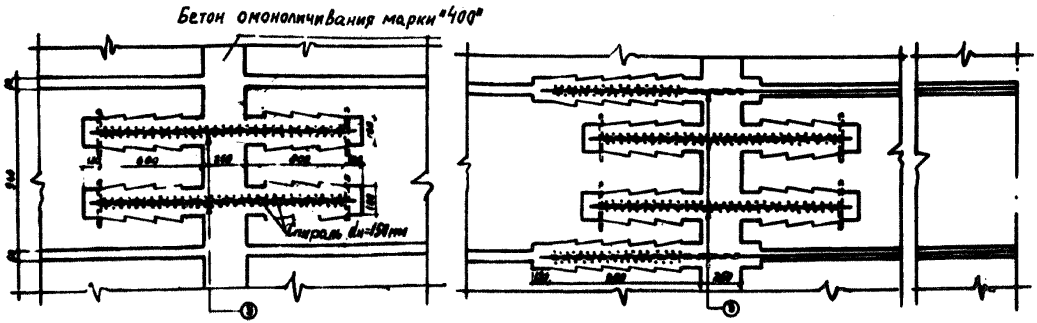


Рис.4. Схемы армирования стыков плитных неразрезных пролетных строений арматурой в клеевой рубашке:

1 –напрягаемые стержни верхней зоны плиты;
2 –напрягаемые стержни нижней зоны плиты;
3 –стержни в клеевой рубашке для предварительного напряжения стыка.

Компоненты клея измельчаются до заданной крупности и перемешиваются при совместном их помоле в вибромельнице.

Смолу и асбестовую мелочь загружают в вибромельницу в последнюю очередь. При совместном помоле компонентов клея температура нагрева мелющих тел вибромельницы не должна превышать 80°С.

Приготовленный клей хранят в любой таре в сухих помещениях. Срок хранения – 3 года.

4.3. Клей на арматуру наносят в специальной установке. Толщина пленки клея – 1,5–2 мм над выступами арматуры. На поверхность клея с помощью роликов наносят рифления волнообразного очертания с высотой волны 2–2,5 мм и шагом 6–8 мм. Эту операцию производят или непосредственно на выходе из установки для нанесения клея, где клей размягчен, или перед укладкой арматуры в опалубку, предварительно подогрев арматуру вместе с клеем до температуры 100–120°С.

Хранение приготовленных стержней допускается в местах, защищенных от попадания прямых солнечных лучей и влаги. Срок хранения – 3 года.

4.4. Перевозка приготовленных стержней допускается любым видом транспорта в упаковке, предохраняющей от ударов и трения друг о друга или о другие поверхности.

Если при транспортировке или гнутье арматуры пленка клея повреждается, то ее восстанавливают расплавленным при температуре 100–120°С или растворенным в ацетоне клеем.

4.5. После установки арматуры в опалубку места возможного соприкосновения ее друг с другом и прочей арматурой следует изолировать способами, применяемыми в цепях низкого напряжения.

Натяжение арматуры

4.6. Натяжение стержневой арматуры осуществляют электротермическим способом с использованием сварочных трансформаторов, тип и количество которых подбирают по необходимым величинам силы тока, напряжения и мощности.

Расчет силы тока, напряжения и мощности установок для нагрева арматурных стержней в клеевой рубашке по заданному режиму приведен в приложении 1. Там же указаны основные характеристики сварочных трансформаторов, используемых для нагрева арматуры.

Примеры расчетов приведены в приложении 2.

4.7. Технология натяжения стержней заключается в следующем: стержни подключают в цепь нагревательной установки; включают ток и в течение 1–3 мин нагревают стержни до заданной температуры (280–320°С); поддерживают заданную температуру в стержнях в течение 2–3 мин до полимеризации клея; выключают ток в нагревательной установке.

При выдержке температуры нагрева требуемая величина силы тока значительно (в 2–3 раза) меньше, чем при нагреве стержней. Уменьшить силу тока при переходе от нагрева стержней к выдержке температуры можно путем включения в электрическую цепь реактивной катушки (дросселя) или сварочных трансформаторов СТЭ-24 или СТЭ-34 с закороченными реактивными обмотками, используемыми как дроссель.

Электрическая схема установки для нагрева арматуры и поддержания в ней постоянной температуры в течение определенного времени показана на рис.5.

4.8. Если арматура расположена по длине конструкции частично в бетоне (участок I) и частично на воздухе (участок II), то каждый участок следует нагревать отдельным трансформатором в такой последовательности:

нагревают участок I до температуры ≈ 120°С за 0,5–1 мин;

нагревают участок II до заданного удлинения и поддерживают на участке I температуру 100–120°С в течение всего времени нагрева;

нагревают участок I до температуры 280–320°С за 1–2 мин и поддерживают заданное удлинение на участке II;

выдерживают заданные удлинение и температуру на участках в течение 2–3 мин;

отключают ток от участка I и поддерживают на участке II заданное удлинение в течение 5 мин;

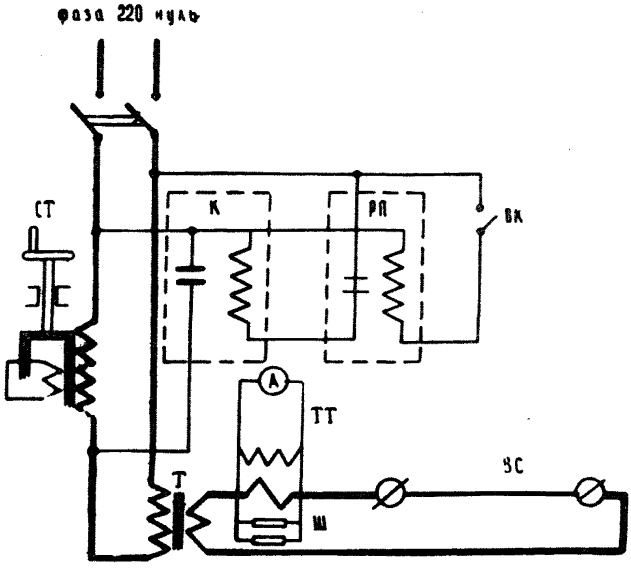


Рис.5. Электросхема установки для нагрева арматуры

отключают ток от участка II и снимают токоподводящие провода.

4.9. Стержни в цепь нагревательной установки подключают лишь с помощью специальных прижимных контактов, надежно соединенных с токоподводящими проводами. Токоподводящую часть контакта (длиной не менее 2 d) выполняют из металла, обладающего высо-

кой электропроводностью (медь, латунь), а прижимающую часть – из обычной стали. Усилие прижатия контакта к нагреваемому стержню – не менее 100 кгс.

4.10. Напряжения в арматуре контролируют по силе тока, протекающего по стержню, используя зависимость между удлинением при заданной температуре и омическим сопротивлением стержня. Одновременно контролируют величину удлинения стержня.

Операции при контроле напряжений в арматуре по силе тока выполняют в такой последовательности:

в цепи нагреваемого стержня устанавливают трансформатор тока, подключенный к образцовому амперметру;

производят тарировку стержней (минимум трех шт.), аналогичных заложенным в бетон, устанавливая величину коэффициента K_1 :

$$K_1 = \frac{J_0}{J_t} ,$$

где J_0 – сила тока в цепи в начале нагрева стержня;

J_t – сила тока в цепи при удлинении стержня, соответствующем заданному напряжению в арматуре σ_0 .

Удлинение определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E_{нач}} K ,$$

где $E_{нач}$ – начальный модуль упругости стержневой арматуры, кгс/см²;

K – коэффициент, учитывающий упругопластичные свойства стали;

стержни, заложенные в бетон, нагревают до тех пор, пока сила тока в цепи не достигнет величины J_{ti}, определенной из зависимости $J_{ti} = K_1 J_{0i}$;

при выдержке заданной температуры нагрева периодически включают в цепь нагреваемого стержня реактивную катушку (дроссель), следя за постоянством силы тока в цепи J_{ti} .

Удлинение арматуры при натяжении измеряют штангенциркулем между бетоном конструкции и риской, нанесенной на каждом из контактов. Точность измерения $\pm 0{,}1$ мм. Эти данные необходимы для контроля, особенно на первых этапах работы с арматурой в клеевой рубашке.

4.11. При работе с арматурой в клеевой рубашке необходимо составлять акт производства скрытых работ, в котором следует отмечать качество клеевого покрытия арматуры, установленной в опалубку, наличие электроизоляции мест возможного соприкосновения ее с прочей арматурой, положение зафиксированной арматуры, полное удлинение арматуры в момент натяжения и после остывания; величину тока, протекающего по стержню в начальный и конечный моменты нагрева.

При натяжении арматуры следует руководствоваться указаниями по технике безопасности, которые приведены в приложении 3.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Расчет электрических параметров установок для нагрева арматуры в клеевой рубашке по заданному режиму

Силу тока, необходимую для нагрева арматуры в клеевой рубашке до заданной температуры, определяют по формуле

$$J = \sqrt{\frac{70 \cdot Q_{полн} \cdot K_2^2}{R\,t}}\ , \quad A\ , \qquad (6)$$

где $Q_{полн}$ – полное количество тепла, ккал, расходуемого на нагрев 1 м стержня до контролируемой температуры;

K_2 – коэффициент, учитывающий схему включения стержней в цепь питания; при последовательном включении он равен 1, при параллельном – числу одновременно нагреваемых стержней;

R – активное сопротивление 1 м стержня при контролируемой температуре нагрева, Ом, принимаемое по табл.1 данного приложения;

t – время нагрева стержней в бетоне, мин.

Полное количество тепла

$$Q_{полн} = Q_н + Q_п^{бет} \cdot t\ , \qquad (7)$$

где $Q_н$ – количество тепла, ккал, расходуемого на нагрев 1 м стержня до контролируемой температуры без учета потерь, принимаемое по табл.1 данного приложения;

Таблица 1

Диаметр арматуры, мм	Площадь поперечного сечения арматуры, мм^2	Омическое сопротивление R, Ом·10^{-4}	Расход тепла, ккал, при нагреве за 1 мин 1 м стержня от 0°С до температуры, °С				Активное сопротивление 1 м стержня R, Ом·10^{-4}, при нагреве его от 0°С до температуры, °С		Полное сопротивление 1 м стержня Z, Ом·10^{-4}, при нагреве его от 0°С до температуры, °С	
			300		350					
			$Q_н$	$Q_п^{возд}$	$Q_н$	$Q_п^{возд}$	300	350	300	350
10	78	16,7	21,9	3,33	26,3	4,26	51,4	58,5	58,0	63,3
12	113	11,5	31,4	3,98	37,7	5,09	40,0	43,8	47,0	51,3
14	154	8,45	42,7	4,71	51,3	6,02	33,2	36,7	38,4	41,8
16	201	6,45	55,8	5,28	67,0	6,75	28,5	31,2	33,2	36,2
18	254	5,12	70,6	5,92	84,8	7,58	25,2	27,6	29,4	32,1
20	314	4,15	87,2	6,66	104,7	8,52	22,6	24,8	26,4	28,8
22	380	3,42	104,3	7,47	126,3	9,56	20,7	22,7	24,4	26,6
25	491	2,65	136,0	8,37	163,0	10,70	18,0	19,7	21,2	23,1
28	616	2,11	170,5	9,25	204,5	11,82	16,2	17,7	18,9	20,7
32	804	1,62	223,0	10,62	268,0	13,60	14,2	15,5	16,7	18,2
36	1018	1,28	282,0	11,82	332,0	15,25	12,6	13,8	14,9	16,2

$Q_n^{бет} \cdot t$ – потери тепла, ккал, с 1 м стержня на нагрев окружающего бетона, на испарение влаги, содержащейся в бетоне, и на полимеризацию клея в течение всего времени нагрева.

Установлено, что время нагрева одного и того же стержня в бетоне в среднем в два раза больше, чем на воздухе, при одинаковых силе тока и напряжении в цепи. Следовательно, потери тепла с 1 м стержня в бетоне, выраженные через потери тепла с 1 м на воздухе, могут быть определены по формуле

$$Q_n^{бет} \cdot t = Q_н + Q_n^{изл} \cdot t, \qquad (8)$$

где $Q_n^{изл}$ – потери тепла с одного метра стержня теплоизлучением и конвенцией в течение 1 мин, принимаемые по табл.1 данного приложения.

Требуемое напряжение определяют по формуле

$$U = \frac{I \cdot z \cdot l_н \cdot m}{K_2}, \ В, \qquad (9)$$

где z – полное сопротивление 1 м стержня при нагреве до расчетной температуры, Ом, принимаемое по табл.1 данного приложения.

$l_н$ – длина нагреваемого участка стержня, м;

m – коэффициент, который при последовательном включении стержней в цепь питания равен их числу, а при параллельном соединении-1.

Требуемую мощность преобразователя тока определяют по формуле

$$P = \frac{I \cdot U}{1000}, \ кВА. \qquad (10)$$

Таблица 2

Основные характеристики сварочных трансформаторов	Трансформатор									
	двухкорпусной		однокорпусной							
	СТЭ-24	СТЭ-34	СТАН-0	СТАН-I	СТН-350	СТН-500	СТН-700	ТСД-500	ТСД-1000	ТСД-2000
Первичное напряжение, В	220 или 380		220/110 или 380	220или 380	220	220 или 380				
Вторичное напряжение при холостом ходе, В	65	60	63-85	60-70	70	60		80	69и78	72и84
Нормальный режим работы, ПВ% или ПР%	65		65		50	65	60			50
Номинальная полезная мощность, потребляемая, кВА	22,75 24	30 34	8,7 -	22 24	24,5 -	30 32	42 43,8	40 42	69 76	144 160
Номинальный первичный ток при первичном напряжении 220/380 В,А	110/65	155/90	-	110/63	114/-	145/84	198/114	185/108	345/220	680/475
Номинальный вторичный ток,А	350	500	140	350		500	700	500	1000	2000
Номинальное вторичное напряжение при нагрузке, В	30		30				35	40	42	-
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
Кпд	0,83	0,85	0,83	0,63	-	0,85		0,87	0,9	-
Коэффициент мощности	0,52		0,51	0,52	-	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		240/185
Площадь сечения проводов сварочной цепи, мм²	220или 2х50	185или 2х70	-	120или 2х50	120или 2х50	185или 2х70	240или 2х95	185или 2х70	2х150	4х150

На основании полученных данных по табл.2 данного приложения подбирают трансформаторы, обеспечивающие необходимые силу тока и напряжение.

Номинальная мощность трансформаторов должна быть больше расчетной.

Примеры расчетов при электротермическом способе натяжения стержневой арматуры в клеевой рубашке

Рассмотрим армирование плиты проезжей части (см.рисунок) арматурой в клеевой рубашке. Температура нагрева стержня 320°С, время нагрева 1 мин, время выдержки 2 мин. Температура конструкции 20°С. Бетон марки "500".

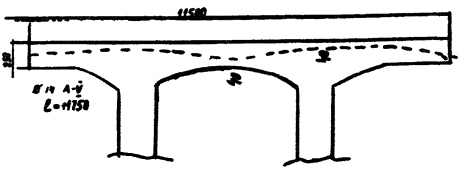


Схема армирования арматурой в клеевой рубашке плиты проезжей части блоков пролетных строений

1. Величину предварительного напряжения в арматуре вычисляем по формуле (2):

$$\sigma_0 = \frac{(320-20)\cdot 13{,}2\cdot 10^{-6}\cdot 1{,}9\cdot 10^{6}}{1{,}1} = 6840 \text{ кгс/см}^2.$$

Предельно допустимое отклонение предварительного напряжения в арматуре определяем по формуле (1):

$$P = 300 + \frac{3600}{11{,}75} \approx 606 \text{ кгс/см}^2.$$

Проверяем величину наибольшего напряжения в арматуре: 6840+606 = 7446 кгс/см^2 < 8000 кгс/см^2.

2. Потери напряжения в арматуре от изменения температуры бетона определяем по формуле (3):

$$\sigma^{a}_{потерь} = \sigma^{t}_{б} \frac{1{,}9 \cdot 10^{6}}{0{,}38 \cdot 10^{6}} = 5\sigma^{t}_{б} .$$

Максимальное напряжение в бетоне на уровне напрягаемой арматуры от температурной силы N_{zt} определяем по формуле

$$\sigma^{t}_{б} = \frac{N_{zt}}{F_{б}} + \frac{N_{zt} \cdot e_{max}}{J_{б}} \cdot y_{a},$$

где $F_{б}, J_{б}$ – соответственно площадь сечения и момент инерции бетонного сечения;

e, y_{a} – соответственно эксцентриситет и ордината арматуры относительно центра тяжести бетонного сечения.

Температурную силу определим по формуле (4):

$$N_{zt} = \frac{3{,}14 \cdot 12{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}38 \cdot 10^{6} (0{,}5 \cdot 320 - 20)}{21} \times$$

$$\times\ 3{,}8^{2} \left(1 + \frac{7}{3{,}8} 0{,}6 \cdot 1{,}4\right) = 3617 \text{ кгс/см}^{2}.$$

При расположении арматуры через 20 см и последовательном натяжении стержней получим:

$$\sigma^{t}_{б} = \frac{3617}{20 \cdot 25} + \frac{3617 \cdot 8{,}5}{20 \cdot 25^{3}} \cdot 8{,}5 \cdot 12 = 17 \text{ кгс/см}^{2},$$

$$\sigma^{a}_{потерь} = 5 \cdot 17 = 85 \text{ кгс/см}^{2}.$$

3. Температурные напряжения, возникающие в бетоне при электропрогреве арматуры, определяем в двух сечениях:

а) в сечении, нормальном к оси стержня,

$$\sigma_{zt} = \frac{N_{zt}}{F_б} + \frac{N_{zt}\, e_{max}}{W_б} \leq 1{,}1\, R_{pn},$$

$$\sigma_{zt} = \frac{3617}{20 \cdot 25} + \frac{3617 \cdot 8{,}5}{20 \cdot 25^2} \cdot 6 = 22 \text{ кгс/см}^2 > 20 \text{ кгс/см}^2;$$

б) в сечении, проходящем через стержень и параллельном оси блока,

$$\sigma_{et} = \frac{N_{et}}{F_б} + \frac{N_{et}\, e_{max}}{W_б};$$

по формуле (5)

$$N_{et} = \frac{3617 \cdot 1175}{1{,}57 \cdot 3{,}8} = 712 \cdot 10^3 \text{ кгс/см}^2.$$

$$\sigma_{et} = \frac{712 \cdot 10^3}{1150 \cdot 25} + \frac{712 \cdot 10^3 \cdot 8{,}5}{1150 \cdot 25^2} \cdot 6 = 75 \text{ кгс/см}^2 > 20 \text{ кгс/см}^2.$$

Чтобы обеспечить трещиностойкость бетона при действии температурной силы N_{et}, рекомендуется натягивать арматуру после монтажа блоков пролетных строений и обжатия бетона плиты проезжей части напряжением не менее 55 кгс/см^2.

4. При подборе установки для нагрева одного стержня требуемую силу тока определяем по формулам (6)–(8) и табл.1 приложения 1:

$$\mathcal{J} = \sqrt{\frac{70(42,7+42,7+4,71\cdot 1)\cdot 1}{33,2\cdot 10^{-4}\cdot 1}} = 1380 \text{ А}.$$

Необходимое напряжение устанавливаем по формуле (9) и табл.1 приложения 1:

$$u = \frac{1380\cdot 38,4\cdot 10^{-4}\cdot 11,75\cdot 1}{1} = 62 \text{ В}.$$

Требуемую мощность трансформатора вычисляем по формуле (10):

$$P = \frac{1380 \cdot 62}{1000} = 86 \text{ кВт}.$$

По табл.2 приложения 1 подбираем трансформатор ТСД-2000, который может обеспечить нужный режим нагрева. Можно также применить батарею из трех соединенных последовательно трансформаторов типа ТСД-500.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Указания по технике безопасности

1. Правила техники безопасности при приготовлении клея, нанесении его на арматуру, хранении клея и арматуры в клеевой рубашке

1. Все производственные процессы при приготовлении клея и нанесении его на арматуру должны производиться в изолированных помещениях с принудительной вентиляцией.

2. Для естественного проветривания в летнее время все оконные проемы производственных помещений должны иметь открывающиеся рамы и фрамуги с простейшим механизмом для их открывания.

3. В помещениях для работы с пластмассами должны быть установлены раковины с подводкой холодной и горячей воды.

4. Рабочие столы для приготовления клеевой смеси следует накрывать прочной белой бумагой, которую после работы убирают.

5. Для сбора загрязненной бумаги и обтирочного материала в помещении устанавливают металлические емкости с плотно закрывающимися крышками. В конце рабочего дня или смены эти емкости очищают, а содержимое сжигают в специально отведенном месте.

6. Тару из-под пластмасс моют механизированным способом в специальном, хорошо вентилируемом помещении.

7. Для предупреждения контакта кожи рук с пластмассами все работающие должны быть обеспечены полиэтиленовыми на бязевой подкладке или тонкими резиновыми перчатками.

8. Лица, работающие с пластмассами, должны быть обеспечены защитной одеждой, состоящей из

хлопчатобумажного халата, застегивающегося сзади, хлопчатобумажной шапочки или косынки.

9. Выносить спецодежду с предприятий и стирать на дому запрещается.

10. Стирать спецодежду на производстве необходимо механическим способом и отдельно от другого белья.

11. Менять спецодежду на производстве необходимо не реже одного раза в неделю.

12. Хранение и прием пищи, а также курение на рабочих местах запрещается.

13. В помещение, где производится помол компонентов клея, не разрешается входить до тех пор, пока пыль, образовавшаяся при помоле, не будет удалена.

14. Клей на арматуру следует наносить механизмом, оборудованным местным отсосом.

15. Клей и смолы должны храниться в плотно закрытой таре, а арматура в клеевой рубашке – в штабелях (с зазорами между стержнями не менее 1 см) в специально оборудованном проветриваемом помещении.

2. Правила техники безопасности при напряжении арматуры электротермическим способом

16. Натяжение арматуры следует производить на открытом воздухе в сухую погоду.

17. К работе на установках для нагрева арматуры допускаются только лица, прошедшие обучение по программе технической эксплуатации электросиловых установок промышленных предприятий.

18. Лица, работающие на установках, обеспечиваются спецодеждой и индивидуальными защитными приспособлениями, соответствующими выполняемой работе.

19. Все соединения электропроводки нужно тщательно изолировать.

20. Установки для нагрева арматуры должны иметь сигнальную лампу, автоматически включающуюся во время нагрева стержня.

21. На рабочих местах должны быть уложены резиновые коврики.

22. Установки и все комплектующее их силовое оборудование надежно заземляются.

23. Электросиловое оборудование и приборы, входящие в комплект установки, должны быть вмонтированы в металлические шкафы, доступ к которым разрешается только дежурному электромонтеру.

Кроме того, следует соблюдать "Правила техники безопасности и промышленной санитарии при работе с эпоксидными смолами и материалами на их основе" (М., Изд.НИИАТ, 1962), "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности (М., Атомиздат, 1973), "Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах" (М., Машгиз, 1960).

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	5
2. Особенности проектирования и расчета	5
3. Конструирование	12
4. Требования к производству работ	15
Приложения	23

Ответственный за выпуск Л.В.Королева

Редактор Н.В.Теплоухова
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректоры Т.М.Лебедева, И.А.Рубцова

Подписано к печати 2/П 1977г. Формат 60x84/16
Л 114291
Заказ 62-7 Тираж 500 1,5 уч.-изд.л. Цена 23 коп.
2,3 печ.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru