

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

Р У К О В О Д С Т В О

ПО УСИЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ
МЕТОДОМ НАКЛЁЙКИ ПОВЕРХНОСТНОЙ АРМАТУРЫ

Москва 1987

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
1. Общие положения	4
2. Производство работ по усилению	5
3. Последовательность расчета усилиемых конструкций	II
4. Расчет элементов усиления	19
Приложение I. Техника безопасности при работе с полимерами	27
Приложение 2. Технологическая схема уси- ления балки длиной 8,66 м	29
Приложение 3. Пример расчета усиления балки	36

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

РУКОВОДСТВО
по усилению железобетонных мостов методом
наклейки поверхностной арматуры

Утверждено
Минавтодором РСФСР
" 3 " сентября 1987 г.

Москва 1987

Руководство по усилению железобетонных мостов методом наклейки поверхностной арматуры разработано сотрудниками Казанского инженерно-строительного института кандидатами технических наук В.П.Еремеевым, А.А.Джумадилем и инженером Р.А.Самитовым (расчетная часть и приложение № 3) и инженерами треста "Росдорогтехстрой" Минавтодора РСФСР В.В.Мусохровым и В.В.Щетининым (технологическая часть, приложения № 1 и № 2). В составлении Руководства принял участие заведующий отделом ремонта и содержания искусственных сооружений ГипродорНИИ к.т.н. Шестериков В.И.

Настоящее Руководство предназначено для инженерно-технических работников автодоров и автомобильных дорог Минавтодора РСФСР, а также для ПК и ПСБ в тех случаях, когда требуется выполнить расчёт и проектирование. При этом техническая документация должна быть выдана в соответствии с действующими указаниями по разработке и утверждению проектно-сметной документации на капитальный ремонт автомобильных дорог (ВСН 13-83).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Инструкция по усилению железобетонных мостов методом наклейки поверхностной арматуры содержит требования к технологии усиления, а также к конструкции и расчету главных балок ребристых пролетных строений с каркасной арматурой типовых проектов виц. 4, 10-II, 17-18, 19-20, 56, 56д, 87 ГПИ Созэдорпроекта, их типовых и индивидуальных аналогов. I)

I.2. Усилиением пролетного строения является целенаправленное изменение его конструкции с целью повышения грузоподъёмности. Усиление может производиться в случаях:

- недостаточной фактической грузоподъёмности пролетного строения;
- необходимости пропуска по мосту сверхнормативных нагрузок.

I.3. Представленный в Инструкции метод усиления железобетонных балок наклейкой поверхностной арматуры дает возможность увеличить их несущую способность по изгибающему моменту до 50%, а в некоторых случаях и больше, с одновременным ремонтом рёбер балок.

I.4. При усилении пролетных строений учитывается индивидуальное состояние каждой балки: её фактические размеры, дефекты (трещины, сколы бетона, другие ослабления), состояние бетона и арматуры.

I.5. Допускается применение метода усиления мостовых балок с помощью наклейки арматуры без ограничения климатической зоны с учетом использования материалов в соответствии со СНиП 2.05.03.84 "Мосты и трубы".

1) Конструкция усиления разработана на основе изобретения а.с. № 1090784

2. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ

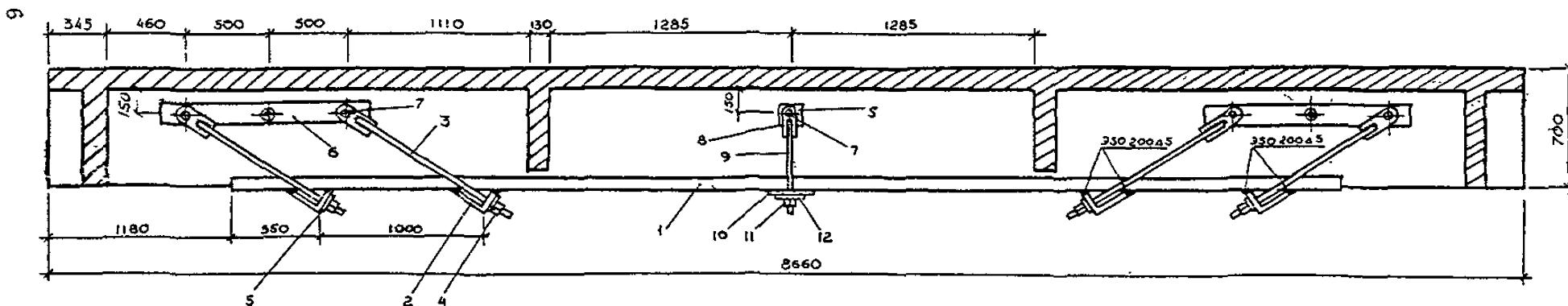
2.1. Работы по усилению пролетных строений мостов методом наклейки арматуры должны производиться, как правило, при положительной температуре. В экстренных случаях работы могут выполняться и зимой, но при этом возникает необходимость размещения усиляемой конструкции в теплице или использование специальных полимерных композиций (см. п. 2.16).

2.2. Для принятия решения об усилении моста требуется обследование или испытание его мостоиспытательной станцией. Заключение о грузоподъёмности усиленного моста делается на основании его испытания.

2.3. К подготовительным работам по усилению относятся: организация и обустройство строительной площадки у моста, заготовка необходимых материалов, оборудования, инструментов, механизмов, устройство подмостей и др.

2.4. По размерам, снятым с балок конкретного пролётного строения моста, осуществляют привязку типовых чертежей, готовят элементы усиления (болты, гайки, арматура усиления и т.д.), сечение которых назначается по аналогии с ранее запроектированными конструкциями или по расчету. Затем элементы усиления маркируют и доставляют на строительную площадку. Общие виды усиления балок длиной 8,66; II,36; I4,06 и I6,76 м показаны на рис. I, 2, 3 и 4.

2.5. На подлежащих усилению балках по шаблонам производят разметку отверстий под болты крепления наклонных и вертикальных тяг усиления. В соответствии с разметкой в рёбрах балок сверлят отверстия бурильной машиной с алмасной коронкой или перфоратором. Применение для этих целей отбойных молотков запрещается. Отверстия под болты должны обеспечивать плотное их размещение по всей лиине ребра, поэтому возможна зачистка отверстия или ремонт полимерраствором сколов. При устройстве отверстий необходимо принять меры к сохранности арматуры в рёбрах.



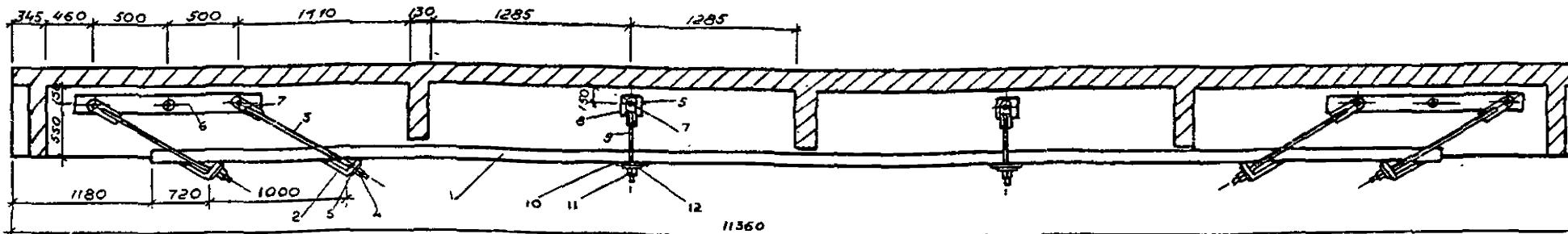
Спецификация элементов усиления на балку длиной 8,66 м

нн	наименование элементов	хар-ка эл-та нн	длина мм	количество шт	вес (кг)	
					штук	на балку
1.	ШВЕЛЛЕР (ГОСТ 8240-82)	М20а	6300	1	123,5	123,5
2.	Упор (ГОСТ 8510-88)	L 18/11	320	4	8,5	34,0
3.	ТАГА НАКЛОННАЯ	Ø 30	1250	8	7,2	57,6
4.	ГАЙКА (ГОСТ 5915-70)	M 30	-	15	0,25	3,75
5.	ШАЙБА (ГОСТ 11371-78)	M 30 δ=5	-	22	0,14	3,08
6.	ПОДСА (ГОСТ 380-71)	1160×120 δ=5	-	4	10,9	43,6
7.	БОЛТ (ГОСТ 7798-70)	M-30	340	7	2,1	14,7
8.	НАКЛАДКА ПОД БОЛТ М30 (ГОСТ 380-71)	120×120 δ=10	-	2	1,1	2,2
9.	ТАГА ВЕРТИКАЛЬНАЯ	Ø 20	700	2	1,725	3,450
10.	ШИРЬНАЯ ПАНКА	320×200 δ=10	-	1	5,0	5,0
11.	ГАЙКА (ГОСТ 5915-70)	M 20	-	2	0,08	0,16
12.	ШАЙБА (ГОСТ 11371-78)	M 20 δ=5	-	2	0,04	0,08
	ИТОГО:					261,12

расход составляющих полимеррассвора

нн	наименование	расход на одну балку, кг
1.	ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА - ЭД-20 ЭД-22 (ГОСТ 10587-84)	13,75
2.	ОТВЕРСТИТЕЛЬ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИМЕРНЫЙ ПА (ГУМНИХП 6-02-584-70)	1,375
3.	ПЛАСТИФИКАТОР - АБУТИЛФТАЛАТ (ГОСТ 8728-77б)	2,75
4.	ЗАПОЛНИТЕЛЬ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ М-300 (ГОСТ 10178-85б)	25,0

Рис. 1



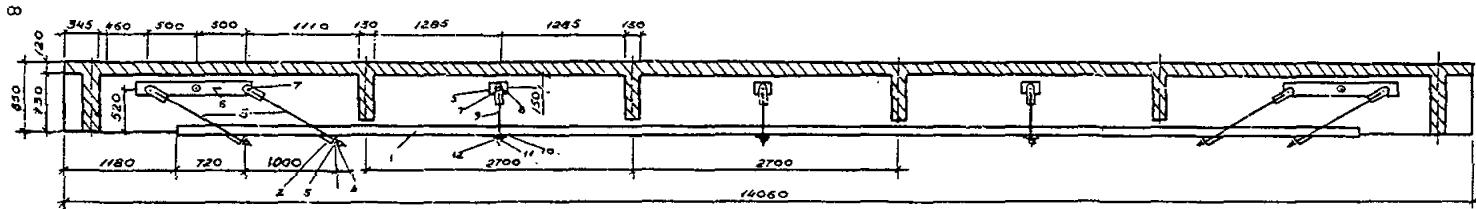
СПЕЦИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ НА БАЛКУ ДЛИНОЙ 11,36 М

НН	Наименование элементов	ХАР-КА ЗА-ТА ММ	Длина мм	Кол-во шт	ВЕС (КГ)	
					шт	на балку
1.	ШВЕЙЦЕР (ГОСТ 8240-82)	M20x	9000	1	176.4	176.4
2.	Упор (ГОСТ 8510-86)	L 18/11	320	4	8.5	34.0
3.	ТЯГА НАКЛОНАЯ	Ø30	1430	8	8.4	67.2
4.	ГАЙКА (ГОСТ 5913-70)	M30	-	16	0.25	3.75
5.	ШАЙБА (ГОСТ 11371-78)	M30 δ=5	-	24	0.14	3.36
6.	ПОЛОСА (ГОСТ 380-71)	1160x120	-	4	10.9	43.6
7.	БОЛТ (ГОСТ 7798-70)	M-30	340	8	2.1	16.2
8.	НАКЛАДКА (ГОСТ 380-71)	120x120 δ=10	-	4	1.1	4.4
9.	ТЯГА ВЕРТИКАЛЬНАЯ	Ø20	800	4	20	8.0
10.	УПОРНАЯ ПЛАНКА	320x200 δ=10	-	2	5.0	10.0
11.	ГАЙКА (ГОСТ 5915-70)	M20	-	4	0.08	0.32
12.	ШАЙБА (ГОСТ 11371-78)	M20 δ=5	-	4	0.04	0.16
ИТОГО:					367.39	

Расход составляющих полимерраствора

НН	Наименование	расход на одну балку, кг
1.	ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА ЭД-20 ЭД-22 (ГОСТ 10587-84)	15.0
2.	ОТВЕРДИТЕЛЬ ПОЛИЭТИЛЕНПОЛИАМИН ПА (ТУМНХП6-02-584-70)	1.5
3.	ПЛАСТИФИКАТОР-ДИБУТИФТАЛАТ (ГОСТ 8728-77Е)	3.0
4.	ЗАПОЛНИТЕЛЬ-ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ М300 (ГОСТ 10178-85а)	30.0

Рис. 2



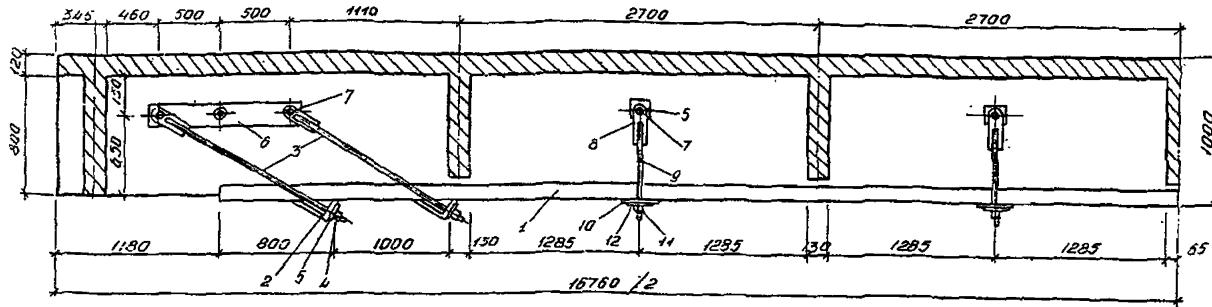
Спецификация элементов усиления на балку длиной 14.06 м

№	Наименование элементов	Хар-ка за-та. мм	Длина мм	Кол-во шт.	Вес, кг шт на балку
1.	Швеллер (ГОСТ 8240-82)	N20a	11700	1	215.2 215.2
2.	Упор (ГОСТ 8510-86) (чурок)	L 12/1	320	4	8.5 34.0
3.	Тяга наклонная	Ø30	1500	8	9.2 73.6
4.	Гайка (ГОСТ 5915-70)	M30	-	17	0.25 4.25
5.	Шайба под M30 (ГОСТ 1371-78)	δ=5	-	25	0.14 3.54
6.	Полоса (ГОСТ 380-71)	1160x120 5x10	-	4	10.9 43.6
7.	Болт (ГОСТ 7798-70)	M30	340	9	2.1 18.9
8.	Накладка (ГОСТ 380-71)	120x120 5x10	-	6	1.1 6.6
9.	Тяга вертикальная	Ø20	840	6	2.4 14.4
10.	Упорная планка	320x200	-	3	5.0 15.0
11.	Гайка (ГОСТ 5915-70)	M20	-	6	0.08 0.48
12.	Шайба под M20 (ГОСТ 1371-78)	δ=5	-	6	0.04 0.24
Итого:					468.16

Расход составляющих полимерного раствора

№ п/п	Наименование	Расход на балку, кг
1.	Эпоксидная смола ЭД-20, ЭД-22 (ГОСТ 10587-84)	20
2.	Отвердитель полиэтиленполиамин ПЭПА (тумихп 6-02-584-70)	2
3.	Пластыфикатор - дибутилфталат (ГОСТ 10178-75)	4
4.	Заполнитель - портландцемент M300 (ГОСТ 10178-85)	40

Рис. 3



Спецификация элементов изделия на балку длиной 16.76 м

№	Наименование элементов	Хар-ка за-та, мм	Длина, мм	Кол-во шт.	Вес, кг. на шт. балку
1.	Швеллер (ГОСТ 8240-82)	M 200	14400	1	282,2 282,2
2.	Бор (ГОСТ 8510-88)	L 18/11	320	4	8,5 34,0
3.	Тяга наклонная	Ø 30	1700	8	9,72 77,76
4.	Гайка (ГОСТ 5915-70)	M 30	-	18	0,25 4,5
5.	Шайба (ГОСТ 11371-78) под M 30	8-5.	-	28	0,14 3,64
6.	Полоса (ГОСТ 380-71)	1160x120 8-5	-	4	10,9 43,6
7.	Болт (ГОСТ 7798-70)	M 30	340	10	2,1 21,0
8.	Накладка под болт M 30 (ГОСТ 380-71)	120x120 8-10	-	8	1,1 8,8
9.	Тяга вертикальная	Ø 20	940	8	2,135 17,1
10.	Борная планка	320x200 8-10	-	4	5,0 20,0
11.	Гайка (ГОСТ 5915-70)	M 20	-	8	0,08 0,64
12.	Шайба (ГОСТ 11371-78)	M 20 8-5	-	8	0,04 0,32
ИТОГО					514,98

Расход составляющих полимера раствора.

№	Наименование	расход на один балку, кг
1.	Эпоксидная смола ЭА-20, ЭА-22 (ГОСТ 10587-84)	250
2.	Отвердитель - полизтиленполиамин ПЗПА (тумник 6-02-384-70)	2,5
3.	Пластификатор - динутрафталат (ГОСТ 8728-77)	2,75
4.	Заполнитель портландцемент M 300 (ГОСТ 10178-85)	25,0

Рис. 4

2.6. Для подготовки поверхности балок к усилению, механическим способом удаляют слабые разрушенные слои бетона. Оголенная рабочая арматура ребра балки очищается от продуктов коррозии до металлического блеска. Склейываемые поверхности бетона и арматуры очищаются от пыли, следов масел, битума и жировых пятен металлическими щетками или пескоструйным аппаратом с последующей продувкой сжатым воздухом. Ржавая арматура смачивается 10%-ным раствором соляной кислоты с обязательной обработкой затем металлическими щетками и промывкой водой под напором.

2.7. Металл усиления тщательно очищают от грязи, масел, окалины, следов коррозии и пыли. Продукты коррозии и окалину следует удалять химическим способом, механическими щетками, пескоструйной обработкой или комбинированным методом, обеспечивающим качественную очистку.

2.8. Отверстия в пластинах верхнего пояса под стягивающие болты просверливают после сверления соответствующих отверстий в ребре балки по размерам снятым на месте.

2.9. С помощью высокопрочных болтов и полимерраствора закрепляют в проектное положение пластины верхнего пояса усиления в припорных участках балок, подвешивают вертикальные и наклонные тяги.

2.10. Перед наклейкой арматуры усиления склеиваемую поверхность бетона прогрунтывают жидкой эпоксидной композицией. Грунтовку наносят с помощью жестких кистей. Составы эпоксидной грунтовки приведены в таблице I.

Таблица I

Название компонентов	Весовые отношения в частях		
	I	2	3
Эпоксидная смола ЭД-20(ЭД-5)	100		10
Эпоксидная смола ЭД-16, ЭД-14 (ЭД-6)		100	
Эпоксидная смола ЗИС-1			100
Пластификатор	20	20	20

Таблица I (продолжение)

Название компонентов	Весовые отношения в частях		
	I	2	3
Отвердитель ^{*)}	8-20	8-20	8-20
Ацетон, толуол	100	100	100

^{*)}Количество отвердителя уточняют с помощью пробных замесов небольших количеств грунтовки.

2.11. Приготовляют полимерраствор и приступают к приkleиванию нижнего пояса усиления, например, швеллера. Швеллер подвешивают на вертикальных тягах и раскладывают по его длине полимерраствор с учетом величины разрушения ребра балки. Затем швеллер плотно прижимают к нижнему поясу ребра балки вертикальными тягами и закрепляют гайками. В упоры нижнего пояса вставляют наклонные тяги и производят их натяжение. После окончательного натяжения гаек на вертикальных и наклонных тягах для того, чтобы исключить их ослабление в процессе эксплуатации, гайки и шайбы фиксируют сваркой. Усиление, с которым натягивают гайки тяжей, назначают из условия обеспечения обжатия швов с учетом консистенции полимерраствора, удельное давление может колебаться в пределах 0,02-0,2 МПа соответственно при низкой и высокой вязкости полимерраствора.

2.12. Удаляют излишки полимерраствора и ремонтируют дефекты балок, а клеевой шов и зазоры между элементами усиления и в ребрах балок заделяют полимерраствором, исключая возможность попадания влаги.

2.13. Металлические элементы усиления для защиты от коррозии тщательно окрашивают не менее чем за два раза: до и после монтажа.

2.14. Полимерраствор можно готовить, как в механических смесителях, так и вручную в металлических или полиэтиленовых ёмкостях. В подготовленную дозу смолы добавляется пластификатор, смесь тщательно перемешивают и одновременно вводят наполнитель - цемент, песок, а затем смесь снова тщательно

перемешивают. Эти работы можно выполнять на ближайшей к мосту базе или в лабораторном помещении и готовую смесь доставлять к месту производства работ. Отвердитель вводят на месте производства работ и после тщательного перемешивания смесь подают к месту укладки. Готовый полимерраствор хранение не подлежит. Жизнеспособность его при температуре воздуха $+20+25^{\circ}\text{C}$ не более 1,5 часов. Поэтому единовременно готовят количество клея, необходимое для данного этапа работ. На усиление I пог.м. ребра балки наклейкой арматуры расходуется 1,5-2 кг полимерраствора.

Качество полимерраствора и его прочностные характеристики подлежат лабораторному контролю. Во время пробных "замесов" в малых дозах определяется жизнеспособность клея при данной температуре и уточняется дозировка.

При приготовлении и укладке полимерраствора требуется соблюдать правила техники безопасности (см. Приложение I).

2.15. Рекомендуемые составы полимеррастворов для работы при положительных температурах приведены в таблице 2.

Таблица 2.

№ смеси	Состав клея в весовых частях	Температура воздуха	Жизнестойкость в часах		
			техно- логи- чес- кая	адге- зия- ная	коге- зион- ная
1.	Эпоксидная смола ЭД-20 ЭД-14, ЭД-16 - 100 в.ч. Пластификатор - фурило- вый спирт или дибутил- фталат - 20 в.ч. Отвердитель: полистилен- полиамин - 8 в.ч. Наполнитель: (цемент, песок) - 200-250 в.ч.	$+25^{\circ}\text{C}$	1,5	3,5	24
2.	Эпоксидная смола - ЭД-20, ЭД-14, ЭД-16 - 100 в.ч. Пластификатор: фуриловый спирт или дибутилфталат - - 20 в.ч.	$+10+20^{\circ}\text{C}$	1,5	3,5	24

Таблица 2 (Продолжение)

№ меси	Состав клея в весовых частях	Температура воздуха	Жизнестойкость в часах		
			техно- логи- чес- кая	атре- зии- ная	ко- гени- зия

Отвердитель: полиэтилен-
полиамин - 15 в.ч.

Наполнитель: (пемент,
песок) - 150-200 в.ч.

2.16. При выполнении работ по усилению пролетных строений методом наклейки движение транспорта по мосту закрывать не требуется; исключение составляет производство работ при отрицательной температуре (см. п.2.17).

2.17. При выполнении работ при отрицательных температурах следует применять рецепты полимеррастворов, разработанные в СоюздорНИИ и указанные в табл. 3.

Таблица 3

№/п	Наименование компонентов полимерраствора	Количество в вес. частях		
		состав 1	состав 2	состав 3
I	2	3	4	5
1.	Эпоксидная смола ЭД-20	100	100	100
2.	Пластификатор: фуриловый спирт	30	30	30
3.	Ускоритель: хлорное железо солянокислый анилин	-	8	-
4.	Отвердитель: полиэтиленполиамин	25	30	30
5.	Наполнитель пемент молотый песок	200-300	-	200-300
		-	200-300	

Состав № 1 рекомендуется применять при температуре 0+(-5°)C.
Составы № 2 и 3 при температурах склеивания (-5°)+(-20°)C.

При выполнении работ при отрицательных температурах следует закрывать движение по мосту. При использовании соответствующих составов при температуре от (-5°) до (-10°)C время твердения полимерраствора - 2 суток, а при температуре от

от (-15⁰) до (-20⁰)С – 6–7 суток.

I.IV. Полимеррастворы следует готовить в отапливаемых помещениях при температуре +(15+25)⁰С в следующей последовательности: смола+пластификатор+ускоритель (только соляно-кислый анилин)+наполнитель. Непосредственно перед склеиванием (укладкой) в охлажденную до температуры +(15+20)⁰С композицию добавляют отвердитель.

Ускоритель – хлорное железо и отвердитель – полиэтилен-полиамин вводят в охлажденную композицию перед склеиванием. Хлорное железо перед введением в состав расплавляют в водяной бане при температуре +30+40⁰С.

В полимеррастворе с хлорным железом нельзя применять в качестве наполнителя цемент, известняк, доломиты; можно применять молотый песок, андезит, диабаз, графит и др. кислотостойкие наполнители, которые перед употреблением просушивают и просеивают через сито № 200.

В приложении 2 в качестве примера дана технологическая схема усиления балки длиной 8,66 м.

В тех случаях, когда конструкция моста, подлежащего усилию наклейкой, не соответствует приведенным примерам, выполняется расчет в соответствии с л.п. 3 и 4 данной инструкции.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА УСИЛЕННЫХ БАЛОК

3.1. Цель расчета - подбор размеров и характеристик несущих и соединительных элементов металлического каркаса усиления из условия повышения несущей способности балок пролетного строения на заданную величину.

3.2. В общем случае расчета последовательно выполняются следующие этапы:

3.2.1. Определение несущей способности железобетонных балок пролетного строения с учетом распределения временной нагрузки; как правило, главные балки ребристых пролётных строений нагружены неравномерно, а армированы одинаково, что позволяет во многих случаях ограничиваться усилением только части наиболее нагруженных балок, например 4-х из 6, 2-х из 6 и т.д.

3.2.2. Определение требуемой в расчетных сечениях несущей способности балок, усиление которых намечено, и выявление избыточных усилий, действующих в этих сечениях.

3.2.3. Вычисление требуемого по расчету количества дополнительной арматуры усиления в расчетных нормальных и наклонных сечениях. Если усиливается только часть балок пролетного строения, производится перерасчет по п. 3.3.1. с учетом неравнократности балок пролетного строения.

3.2.4. Определяется требуемая длина kleевого шва между швеллером I и железобетонной балкой /см. рис. 5 и 6/. Полученное значение сравнивается с реальной возможностью исходя из фактического состояния железобетонной балки и делается вывод о роли kleевого шва: несущий или конструктивный. В последнем случае сдвигающие усилия на концевых участках швеллера I полностью передаются наклонным тягам 5. Трение швеллера I по бетону /в запас прочности/ не учитывается.

3.2.5. Рассчитываются значения сдвигающих и отрывающих усилий по kleевому шву на концах швеллера I. Вектор полученных усилий складывается с избыточной поперечной силой. Определяется окончательная площадь поперечного сечения тяг 5 и угол их нахона α .

16

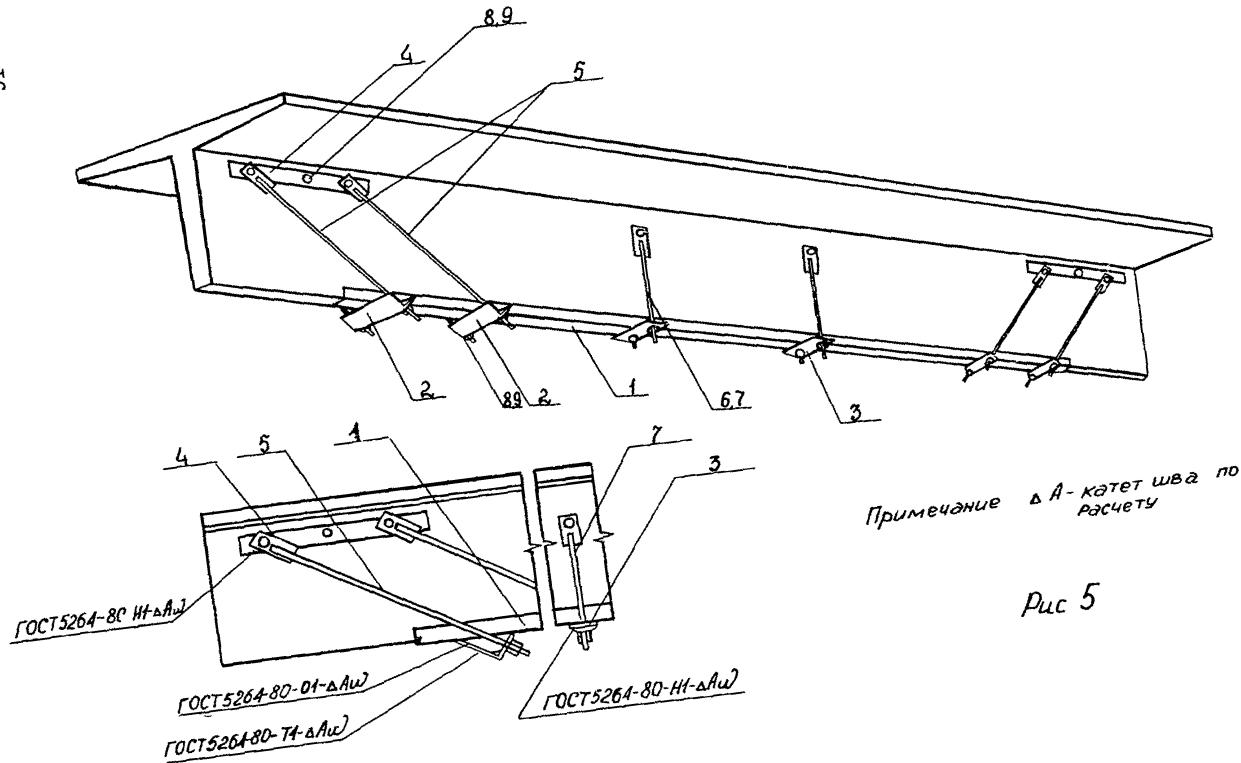


Таблица 1

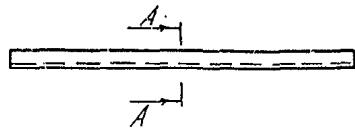
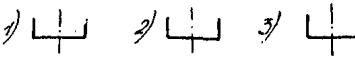
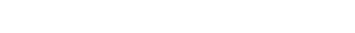
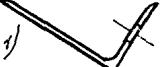
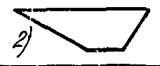
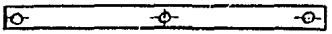
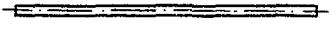
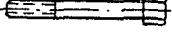
N поз	Наименова- ние	Эскиз	ГОСТ
1	Швеллер	  	1) Швеллер горячекатаный ГОСТ 8240-72 2) Уголок горячекатаный равнополочный ГОСТ 8510-72 ---неравнополочный ГОСТ 8510-72 3) Швеллер равнополочный холодногнутый ГОСТ 8278-83
2	Упор	 	1) Уголок горячекатаный неравнополочный ГОСТ 8510-72 2) Сталь листовая 16Д ГОСТ 6713-75 В ст 3 ГОСТ 380-71
3	Планка		Сталь листовая 16Д ГОСТ 6713-75 В ст 3 ГОСТ 380-71
4	Полоса		Сталь листовая 16Д ГОСТ 6713-75 В ст 3 ГОСТ 380-71
5	Тяж		Сталь арматурная, стержневая горячекатаная гладкая кл А-1 ГОСТ 5781-82 В ст 3 сп 2; ГОСТ 380-71, В ст 3 п 2
6	Тяж		Сталь арматурная стержневая горячекатаная гладкая кл А-1 В ст 3 п 2 ГОСТ 380-71
7	Болт		Болт высокопрочный 14Г2АФД-13 ГОСТ 19282-73
8	Гайка с шайбой		ГОСТ 5915-70 ГОСТ 11371-78
9	фасонка		Сталь листовая 16Д В ст 3 ГОСТ 380-71

Рис. 6

3.2.6. Расчет элементов верхнего пояса усиления производится по рабочей площади наклонных тяг 5. Усилия в тягах 5 при монтаже и эксплуатации будут различными; до отверждения клея наиболее нагруженными являются внутренние ближайшие к середине балки тяги. Полосы 4 при однорядном расположении высокопрочных болтов 8 в расчете на поперечную силу не учитываются. В случаях, когда несущая способность болтов 8 недостаточна, полосы 4 объединяют с ребром железобетонной балки kleевым швом.

Число высокопрочных болтов определяется специальным расчетом, а расстояние между ними – расчетом полос 4 на местный изгиб от максимального усилия, передаваемого тягой 5. Полоса 4 рассматривается как разрезная / по высокопрочным болтам/ свободно опертая балка. Минимальное расстояние между болтами – 500 мм.

3.2.7. Производится расчет и проверка на местный изгиб планок 3, на срез сварных швов между упорами 2 и швельлером I, на срез сварных швов между тягами 5 и полосами 4.

4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ

4.1. Фактическая несущая способность железобетонной балки до усиления определяется предельными изгибающим моментом M_n и поперечной силой Q_n в расчетных сечениях. Их вычисляют согласно указаний п. 3.63 и п. 3.78 СНиП 2.05.03-84.

4.2. Избыточный изгибающий момент M_d в расчетном сечении определяется по формуле

$$M_d = M - M_n, \quad (1)$$

где M — максимальный изгибающий момент в сечении от действия постоянной и временной нагрузок.

4.3. Избыточное значение поперечной силы Q_d в наклонном сечении определяется по формуле $Q_d = Q - Q_n$ (2)

где Q — максимальное значение поперечной силы в наклонном сечении от постоянной и временной нагрузок.

4.4. Необходимая площадь поперечного сечения дополнительной арматуры усиления определяется в зависимости от высоты сжатой зоны до и после усиления:

при (рис. 7) $x < h_f'$ и $x + \Delta x < h_f'$

$$A_{sd} = R_B b_f' [(h_{o2} - x) - \sqrt{(h_{o2} - x)^2 - \frac{2M_d}{R_B b_f'}}] / R_{sd} \quad (3)$$

при $x < h_f'$, но $x + \Delta x > h_f'$ (рис. 7б)

$$A_{sd} = \frac{R_B}{R_{sd}} \left\{ B \left[(h_{o2} - x) - \sqrt{(h_{o2} - x)^2 - \frac{2M_d}{R_B B} + \frac{2b_f' - B}{B} (h_f' - x)(h_{o2} - \frac{h_f' - x}{2})} \right] + (b_f' - B)(h_f' - x) \right\} \quad (4)$$

где x — высота сжатой зоны до усиления определяется по формуле

$$x = \frac{R_s A_s - R_s c A_s'}{R_B \cdot B}$$

при $x > h_f'$ (рис. 2в)

$$A_{sd} = \frac{R_B \cdot B}{R_{sd}} \left[(h_{o2} - x) - \sqrt{(h_{o2} - x)^2 - \frac{2M_d}{R_B \cdot B}} \right]$$

$$x = \frac{R_s A_s - R_s c A_s' - R_B (b_f' - B) \cdot h_f'}{R_B \cdot B} \quad (5)$$

Здесь

R_s, A_s — расчетное сопротивление растяжению ненапрягаемой

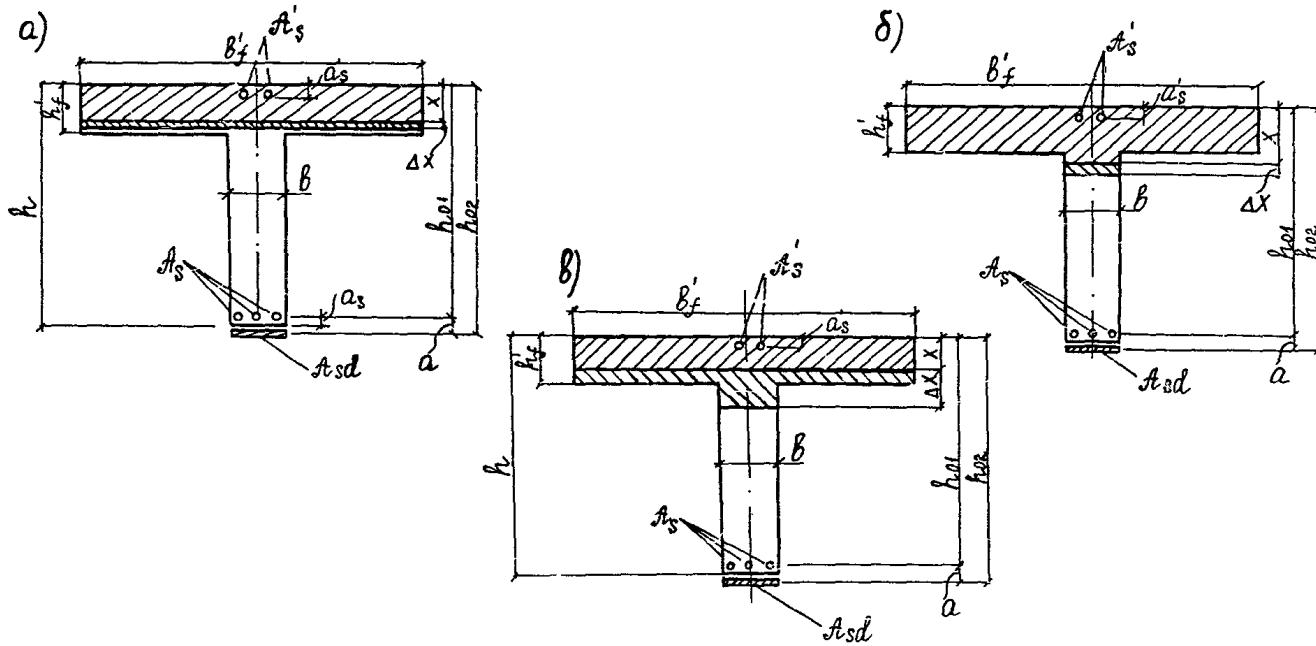


Рис. 7 Поперечное сечение тавровой железобетонной балки:
а-расположение сжатой зоны в плите: б- то-же, в ребре
при $x > h_f'$: в- то-же, в ребре при $x < h_f'$.

арматуры и ее площадь;

Rf_b - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию и ширина верхней полки /плиты проезжей части/ балки;

b - ширина ребра балки;

$R_{sc} A_s'$ - расчетное сопротивление сжатию и площадь сжатой продольной арматуры;

R_{sd} - расчетное сопротивление арматуры усиления;

h_0, h_{02} - рабочая высота сечения железобетонной балки до и после усиления соответственно;

Δx - приращение высоты сжатой зоны за счет усиления балки.

4.5. Требуемая площадь поперечного сечения тяг /рис. 5/, попадающих в расчетное наклонное сечение, определяется по формуле /рис. 8/

$$\Sigma A_{sd} = \frac{Qd}{m_{sd} R_{sd}} ; \quad (6)$$

где

ΣA_{sd} - сумма площадей поперечного сечения тяг 5;

R_{sd} - расчетное сопротивление растяжению стали;

m_{sd} - коэффициент условий работы тяг 5, учитывающий

ослабление их сечения в резьбовых соединениях на упорах;
 $m_{sd} = 0.75$

4.6. Требуемая площадь поперечного сечения тяг 5 в случае, когда требуется обжатие наклонного сечения, например для увеличения трещиностойкости при опорных участков балок, определяется по формуле:

$$\Sigma A_{pd} = \frac{Qd}{m_{pd} R_{pd}} ;$$

где

R_{pd} - расчетное сопротивление напрягаемой арматуры наклонных тяг 5;

m_{pd} - коэффициент условий работы; $m_{pd} = 0.75$

4.7. В расчете усиленных наклонных сечений балки тяги 5 учитываются как обычные или напрягаемые хомуты соответствен но п.4.5 и 4.6.

4.8. При расчете на местное смятие под болтами 8 /обычными/ должна удовлетворяться условие

$$N \leq 0.75 R_f l_{oc} \cdot A_{loc} ; \quad (8)$$

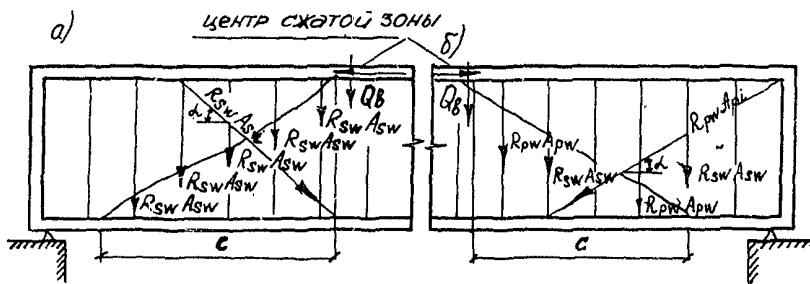


Рис. 8 СХЕМА УСИЛИЙ В СЕЧЕНИИ, НАКЛОННОМ К ПРОДОЛЬНОЙ ОСИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ, ПРИ РАСЧЕТЕ ЕЕ ПО ПРОЧНОСТИ НА ДЕЙСТВИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЫ

а) С НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРОЙ; б)-С НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРОЙ

где N - сжимающая сила от местной нагрузки; A_{loc} - площадь смятия;

R_{blx} - расчетное сопротивление бетона смятию, рассчитываемое по формулам:

$$R_{blx} = 13,5 \varphi_{loc1} \cdot R_{bt} \\ \varphi_{loc1} = \sqrt[3]{\frac{A_d}{A_{loc}}} \leq 1,5 \quad (9)$$

Здесь R_{bt} - расчетное сопротивление бетона растяжению для бетонных конструкций, A_d - расчетная площадь бетона, симметричная по отношению к площади смятия

$$A_d = A_{blx} + 2B^2; \quad (10)$$

где B - толщина стенки балки.

4.9. Требуемое усилие натяжения высокопрочных болтов 8 определяется по формуле

$$N_{bh,n} = \frac{0,5 \cdot S_h \cdot K}{0,85 \cdot f}; \quad (II)$$

где S_h - расчетное сдвигающее усилие на один высокопрочный болт;

K - коэффициент безопасности; $K=1,3$;

f - коэффициент трения при непосредственном контакте железобетона со сталью; $f=0,45$;

$N_{bh,n}$ - контролируемое усилие натяжения болта;

0,85 - учитывает потери натяжения от смятия неровностей под болтами.

4.10. Требуемая длина клеевого шва по концам элемента усиления определяется из условия сцепления арматуры усиления с бетоном балки по формуле

$$a \geq \frac{A_{sd} \cdot R_{sd}}{\gamma_d \cdot R_b \cdot B_1}; \quad (I2)$$

где γ_d - коэффициент надежности клеевого шва принимается равным I при непрерывном по длине балки клеевом шве на расчетном участке, $\gamma_d=0,8$ при наличии дефектов в клеевом шве; R_{sd} ; A_{sd} - расчетное сопротивление и площадь поперечного сечения швеллера I /рис. 5/;

b_1 - ширина kleевого шва между ребром балки и арматурой усиления;

R_b - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию,

a - длина kleевого шва (фактическая длина kleевого шва определяется простукиванием арматуры усиления).

4.II. Усиление натяжения дополнительной арматуры усиления при включении ее в работу на постоянную нагрузку определяется по формуле

$$\frac{N_d}{R_{01} - y_b} = \frac{\pi_s A_{sd} \cdot \delta_{b5n}}{\kappa_{02} \cdot y_b \cdot A_s + \pi_s A_{sd}} ; \quad (I3)$$

где δ_{b5n} - напряжение в основной арматуре железобетонной балки до усиления от постоянной нагрузки

$$\delta_{b5n} = \frac{\pi_s M_I}{J_{sd}} (R_{01} - y_b)$$

y_b - расстояние от верхней грани плиты проезжей части до центра тяжести сечения железобетонной балки;

Здесь π_s - отношение модулей упругости основной арматуры и бетона, M_I - расчетный изгибающий момент от постоянной нагрузки,

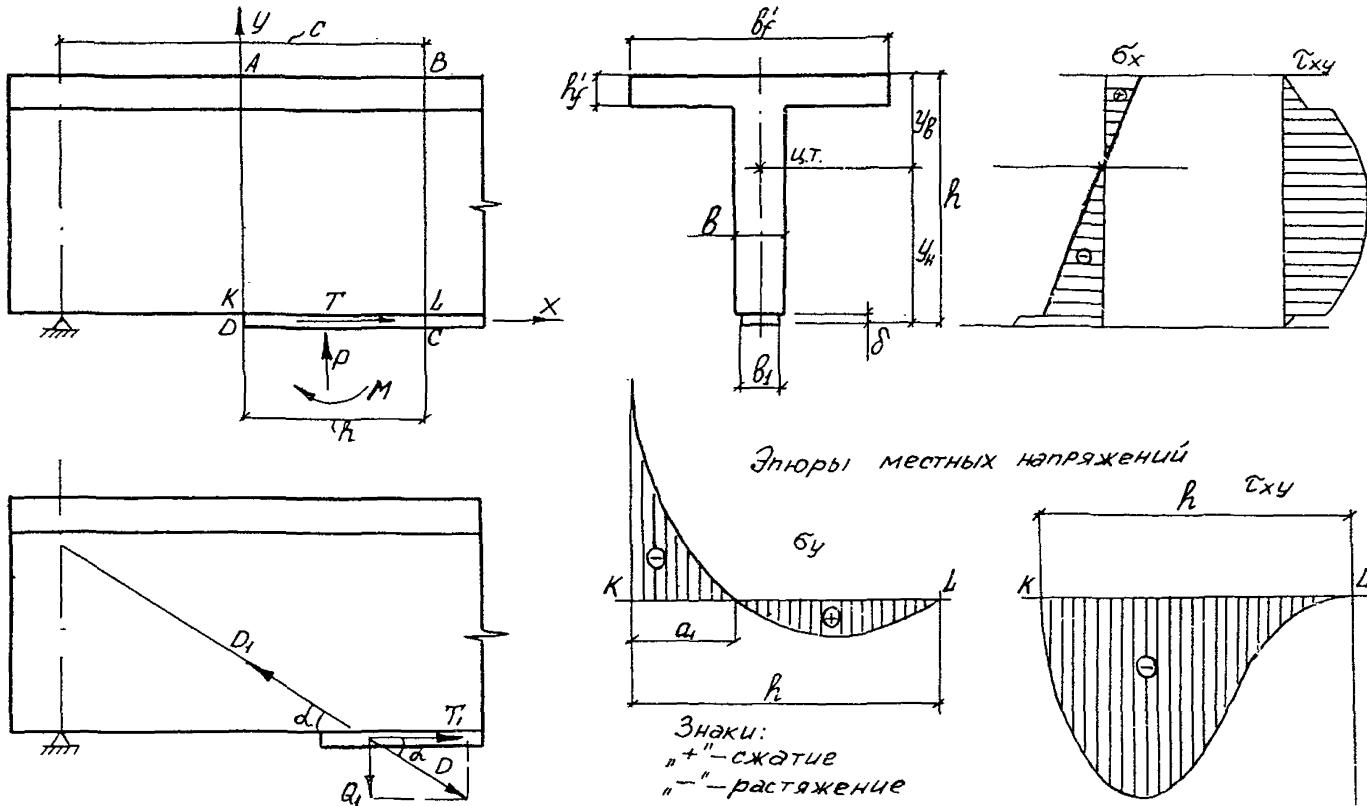
J_{sd} - приведенный момент инерции железобетонной балки до усиления с учетом дефектов согласно действующих норм /ВСН 32-78/;

κ_s - отношение модулей упругости дополнительной и основной арматуры.

4.I2. Местные напряжения σ_y и τ_{xy} на концевых участках kleевого шва определяются по формулам

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \frac{M}{\delta h^2} \cdot K_1 + \frac{P}{\delta h} \cdot K_2 \leq R_b t ; \\ \tau_{xy} &= \frac{T}{\delta h} \cdot K_3 \leq 0,05 R_b ; \end{aligned} \quad (I4)$$

где K_1 , K_2 и K_3 - коэффициенты, зависящие от продольной относительной координаты $\frac{x}{h}$ /рис. 9/, определяются по таблице 4.



25

Рис. 9 Схемы для вычисления местных напряжений в kleевом шве

Таблица 4

$\frac{x}{h}$	K_1	K_2	K_3
0,00	+20,00	-2,00	0,00
0,10	+9,72	0,00	+1,46
0,20	+2,56	+1,28	+2,05
0,25	0,00	+1,69	+2,11
0,30	-1,96	+1,96	+2,06
0,40	-4,32	+2,16	+1,73
0,50	-5,00	+2,00	+1,25
0,60	-4,48	+1,60	+0,77
0,70	-3,24	+1,08	+0,38
0,80	-1,76	+0,56	+0,13
0,90	-0,52	+0,16	+0,02
1,00	0,00	0,00	0,00

M , T , P - соответственно изгибающий момент, касательная и нормальная к оси балки сила;

$$M = \frac{n b_1 \delta^2}{2 J_{red}} \left(y_H - \frac{\delta}{2} \right) \left(M_c + \frac{Q_c h}{2} \right);$$

$$T = - \frac{n M_c b_1 \delta}{J_{red}} \left(y_H - \frac{\delta}{2} \right);$$

$$P = - \frac{n Q_c b_1 \delta^2}{2 J_{red}} \left(y_H - \frac{\delta}{2} \right); \quad (I5)$$

где M_c и Q_c - изгибающий момент и поперечная сила в сечении ВС на расстоянии С от опоры;

$n = E_s / E_b$ - отношение модулей упругости арматуры усиления и бетона балки;

b_1 и δ - ширина и толщина арматуры усиления;

h - высота балки;

y_H - расстояние от центра тяжести сечения усиленной балки до наиболее растянутого волокна;

J_{red} - момент инерции приведенного сечения усиленной балки.

Отрывающее и сдвигдающее усилия Q_I и T_I определяются по формулам

$$Q_I = u_2 \cdot b_1$$

$$T_I = u_2 \cdot b_1 \quad (I6)$$

где u_2 - площадь отрицательной части эпоры δ_y .
 u_2 - площадь эпоры τ_{xy} .

Приложение № I

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПОЛИМЕР-РАСТВОРАМИ.

1. Эпоксидные смолы, отвердители и пластификаторы следует хранить в металлических или стеклянных емкостях с герметически закрывающимися крышками.

2. Складские помещения, где хранятся компоненты полимер-растворов, должны иметь принудительную приточно-вытяжную вентиляцию. Температура в помещениях не должна превышать 20°C.

3. Эпоксидные смолы, отвердители и пластификаторы при попадании на кожу могут вызвать заболевания - экзему, дерматиты, а при действии паров возможны аллергические заболевания.

Отвердевшие эпоксидные клеи и полимеррастворы не оказывают токсического действия на организм человека и окружающую среду (растения, животный мир).

4. Работы по приготовлению полимеррастворов требуют большой аккуратности и выполнять их следует в вытяжных шкафах или на площадках с естественной аэрацией,. При этом рабочим следует располагаться с наветренной стороны по отношению к емкостям, в которых дозируют и готовят полимеррастворы.

5. В случае необходимости подогрев эпоксидной смолы следует выполнять в водяной бане с температурой воды не более 60+70°C.

В зоне приготовления полимеррастворов и его укладки в конструкцию нельзя пользоваться открытым огнем, курить и принимать пищу.

6. Все рабочие должны иметь защитную спецодежду: хлопчатобумажные халаты с застежкой сзади, головные уборы, полиэтиленовые фартуки, нарукавники, резиновые перчатки.

7. В случае попадания полимерраствора или его составляющих на кожу, необходимо протереть загрязненные участки ватным или марлевым тампоном, смоченным в этиловом спирте, после чего промыть теплой водой с мылом.

8. Все работающие в течение дня должны периодически мыть руки теплой водой с мылом. Мыть руки растворителем запрещается, т.к. это может привести к кожным заболеваниям.

Для защиты кожи лица и рук можно применять силиконовый крем.

9. После окончания работ руки и лицо следует вымыть теплой водой с мылом, а затем смазать их мягким кремом (мазью) на основе ланолина.

10. К работе с полимеррастворами допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр и получившие соответствующее разрешение медицинской комиссии.

11. К работе не допускаются лица не прошедшие инструктаж по технике безопасности и личной гигиене.

Приложение № 2

КРАТКАЯ ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ.

1. Технологическая схема, представленная на рис. I; 2; 3 и 4, составлена для размера балок 8,66 м. При её использовании для балок других пролётов по динному выпуску, схема должна корректироваться по следующим позициям:

– изменение разметки под отверстия между средними диаграмами по рабочим чертежам для каждой конкретной длины (II,36; 14,06; 16,76 м);

– увеличение объёмов работ в калькуляции затрат также в связи с изменением длины (по рабочим чертежам);

Контроль качества работ, технология, состав рекомендуемого звена и техника безопасности при производстве работ остаются неизменными.

2. При выполнении работ должен осуществляться по-операционный контроль:

– сверление отверстий мастером контролируется диаметр отверстий;

– приготовление эпоксидной грунтовки и полимерраствора – лаборантом проверяется качество компонентов;

– подготовка ребра балки к наклейке – мастер проверяет чистоту поверхности наклейки;

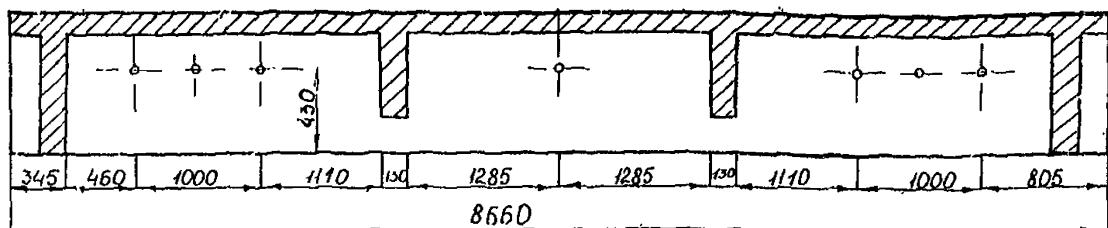
– укладка полимерраствора в швеллер – мастер проверяет сплошность и равномерность слоя;

– прижатие швеллера к ребру – мастер контролирует динамометрическим ключом затяжку гаек;

– окраска ребра балки и элементов усиления – мастер проверяет качество окраски.

3. В связи с разнообразием конкретных условий по сооружению подмостей, изготовлению элементов усиления, типов подъёмных механизмов и приспособлений, а также способов доставки в пролёт элементов усиления, вопрос выбора средств по осуществлению этих работ решается исполнителем на месте самостоятельно или с привлечением ПК и ПСБ.

РАЗМЕТКА И ПРОСВЕРИЛИВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ, ПОДГОТОВКА РЕБРА БАЛКИ К НАКЛЕИВАНИЮ

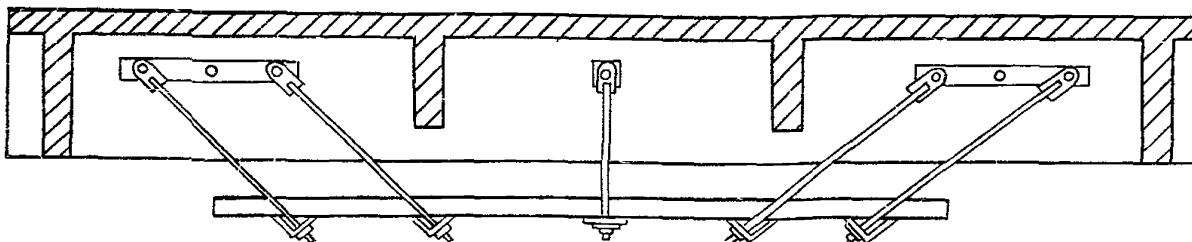


НАИМЕНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЛЬКУЛЯЦИЯ ЗАТРАТ	Источник обоснования норм выработки	Наименование работ в порядке их технологической последовательности	Состав бригады звена	Единица измерения	Норма времени (маш. час) расценка руб.	Объём работ	Pотребное кол-во чех. омен (маш. омен)
							зар. плата руб.
	ЕНиР § 20-1-143А прим. I примен.	Пробивка (бурение) отверстий Ø 30 мм перфоратором, глубиной до 180 мм(сквозное)	каменщик 3 разр.- I	100 отв.	21,6 II-99	0,07	0,14 0-60
	ЕНиР § 20-1-I-120 прим. примен.	Очистка поверхности балки от слабого (в местах разрушения бетона)	штука-тур 2 разр.- I	1 м ²	0,2 0-10.	1,01	0,03 0-10
	ЕНиР § 38-1-I-II т.2 3 примен.	Очистка оголенной арматуры Ø 32 мм от коррозии металлическими щетками	арматурщик 2 разр.- I	1 т	4,44 2-18	0,11	0,06 0-24
	ЕНиР § 4-4-57 примен.	Приготовление полимерной грунтовки	монтажники конструкций 5 р.-I 4 р.-I	100 кг	6,5 4-31	0,10	0,08 0,43
	ЕНиР § 4-4-58 примен.	Прокрашивание поверхности ребер балки грунтовкой	монтажники конструкций 6 р.-I; 5 р.-I; 4 р.-I	1 м ²	0,44 0-30,2	3,99	0,22 1-20

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ
РАБОТ И ТЕХНИКЕ
БЕЗОПАСНОСТИ

По таблицам, составленным согласно рабочим чертежам, на ребре балки пр. строения производится разметка отверстий. Затем сверлит перфоратором или электрическим буром отверстия Ø 30 мм для стягивающих болтов. Применение для этих целей отбойных молотков запрещается. Для подготовки поверхности балок к наклейванию, механическим способом удаляют слабые разрушенные слои бетона. Склепываемые поверхности бетона, арматуры и металла усиления тщательно очищают от грязи, масел, окалины, следов коррозии и пыли. Продукты коррозии и окалину можно удалять химическим способом, пескоострелкой, очисткой, обработкой корундовым камнем. Склепываемые поверхности бетона и металла прогрунтывают жидкой грунтовкой.

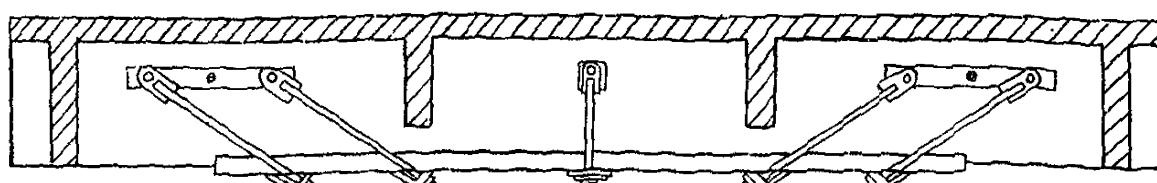
УСТАНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ



НАИМЕНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЛЬКУЛЯЦИЯ ЗАТРАТ	Источник обоснования норм выработки	Наименование работ в порядке их технологической последовательности	Состав бригады звена		Единица измерения	Норма времени чел.час (маш.час) расценка	Объем работ	Потребное кол-во чел-смен (маш.смен)	зарплата руб.
			монтажники конструкций	I т					
		ЕНиР § 5-1-14 б усиления (ролос, накладок, примен. тяг, болтов, швеллера)	монтажники конструкций	I т	20,4 25-25	0,283	0,72 7-15		
			4 разр.-	I					
			3 разр.-	I					
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ		С помощью болтов и полимерраствора закрепляют в проектные положения пластины верхнего пояса усиления в припорочных участках балки, вдоль ребра балки подвешивают вертикальные и наклонные тяги. Нижний пояс усиления - швеллер подвешивают на вертикальных и наклонных тягах.							

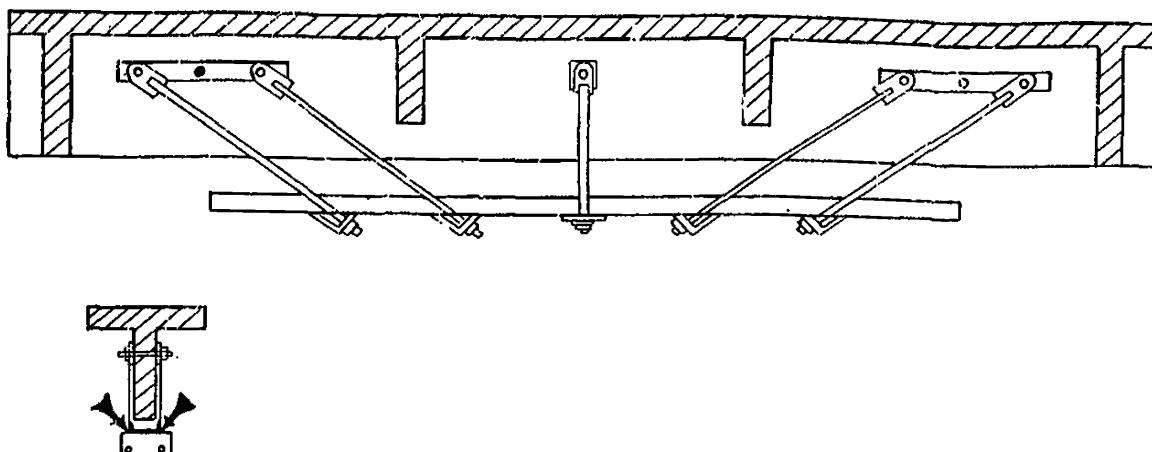
31 Рис.2

ПРИЖАТИЕ ШВЕЛЛЕРА К БАЛКЕ, ЛИКВИДАЦИЯ
ДЕФЕКТОВ, ОКРАСКА



НАИМЕНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЛЬКУЛЯЦИЯ ЗАТРАТ	Источник обоснования норм выработки	Наименование работ в порядке их технологической последовательности	Состав бригады звена	Единица измерения	Норма времени (маш. час) рабоченка руб.	ОБЪЕМ РАБОТ	Pотреб- ное кол-во чел. смен (маш. смен) зар. плата руб.
	ЕНиР 65-4-13 № 16 примен.	Равномерное подтягивание швеллера к балке путем затягивания гаек	монтажники конструкторский 4 разр. - 4	100 болтов	9,8 5,44	0,10	0,12 0-54
	ЕНиР 65-4-13 № 36	Окончательная затяжка всех гаек тарировочным ключом	монтажники конструкторский 4 разр. - 1 3 разр. - 1	100 гаек	3,7 2,16	0,15	0,07 0-33
	ЕНиР 620-1-13 № 1а примен.	Поверхностный ремонт балок (заделка трещин, выбоин, сколов бетона, оголенной арматуры с применением полимерраствора)	бетонщик 2 разр. - 1 2 разр. - 1	1 окол	0,71 0,37,2	6	0,53 2-26
	ЕНиР 620-1-127 № 8 примен.	Окрашивание фасадных граней балки и всех элементов усиления краской.	маляр (строитель) 4 разр. - 1 2 разр. - 1				
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ		Швеллер плотно прижимают к нижнему поясу ребра балки и закрепляют гайками. В упоры нижнего пояса вставляют наклонные тяги и производят натяжение. После окончательного натяжения гаек на вертикальных и наклонных тягах для того, чтобы исключить их ослабление в процессе эксплуатации, гайки и шайбы прихватывают сваркой. Усилие, о котором натягиваются гайки тяжей, назначают из условия обеспечения обжатия швов и в зависимости от консистенции полимерраствора оно может быть в пределах 0,02-0,2 МПа. Излишки полимерраствора удаляют. Все сколы бетона, трещины, выбоины в ребрах балок заделяют жестким полимерраствором. После выполнения работ по усилению и ремонту поверхностных дефектов балки, все элементы усиления тщательно окрашивают водостойкой краской.					

УКЛАДКА ПОЛИМЕРРАСТВОРА



Вис. 4

НАИМЕНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЛЬКУЛЯЦИЯ ЗАТРАТ	Источник обоснования норм выработки	Наименование работ в порядке их технологической последовательности	Состав бригады звена	Единица измерения	Норма времени (маш. час) расценка руб.	Объем работ	Потребное кол-во чел.смен (маш.смен) зарплата руб
	ЕНиР §4-4-57	Приготовление полимерраствора	монтажники конструкций 5 разр.-	100 кг	6,5 4-31	0,53	0,43 2-28
			I				
			4 разр.-				
			I				
	ЕНиР §4-4-58	Равномерное заполнение подвесного швейлера по всей длине цепи полимерраствором с таким условием, чтобы при притяжии швейлера рукой к балке полимерраствор заполнил все пустоты и щели между ребром балки и полками швейлера	монтажники конструкций 6 разр.-	1 м2	0,44 0-30,2	1,01	0,06 0-31
			I				
			5 разр.-				
			I				
			4 разр.-				
			I				
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТ И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ	Полимерраствор готовят в смесителях механическим перемешиванием, так и в металлических или полистиленовых емкостях вручную. В дозированную смолу вводят пластификатор, смесь тщательно перемешивают и вводят наполнитель - цемент или песок, затем смесь снова тщательно перемешивают. Затем добавляют отвердитель и после перемешивания подают на место укладки. Готовый полимерраствор хранению не подлежит. Жизнеспособность его при температуре воздуха +20- (+25)°C не более 1,5 часов. Качество полимерраствора и его прочностные характеристики подлежат лабораторному контролю.						

4. Данная технологическая схема и конкретные решения конструкций усиления составлены для железобетонных балочных пролетных строений, имеющих незначительные объемы сколов и поражение коррозией рабочей арматуры балок до 10% сечения. При значительных объемах сколов, наличии трещин и других дефектов, требующих выполнения работ в больших объемах, а также выполнение ремонтных работ, не связанных с усилением, на данные виды работ необходимо предусматривать дополнительное количество материалов и трудозатрат.

Приложение 3.

ПРИМЕР РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ БАЛКИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

I. Однопролетный автодорожный мост с габаритом проезжей части Г-7+2x0,75 м. Пролетные строения моста - балочные железобетонные по типовому проекту вып.56 ППИ Союздорпроект. Расчетный пролет II, I м, полная длина II,36 м. Расстояние между осями балок поперек моста I,4 м. Материал пролетных строений - бетон М250, рабочая арматура главных балок периодического профиля /ГОСТ 5781-52/. Поперечное сечение балки показано на рис. Ia.

Расчетные нагрузки: автомобильная Н-13, толпа на тротуарах- 400 кгс/м², гусеничная НГ-60.

Обследованием пролетного строения установлено:

- прочность бетона на сжатие соответствует классу В25;
- размеры и армирование балки соответствуют типовому проекту;
- бетон ребра балки в нижней части имеет трещины на длине 3,7 м в средней части пролёта;)
- два нижних ряда рабочей арматуры крайней балки значительно корродированы, диаметр стержней составил 27 мм, второго ряда - 28 мм.

Требуется: определить размеры элементов каркаса усиления /рис. I/.

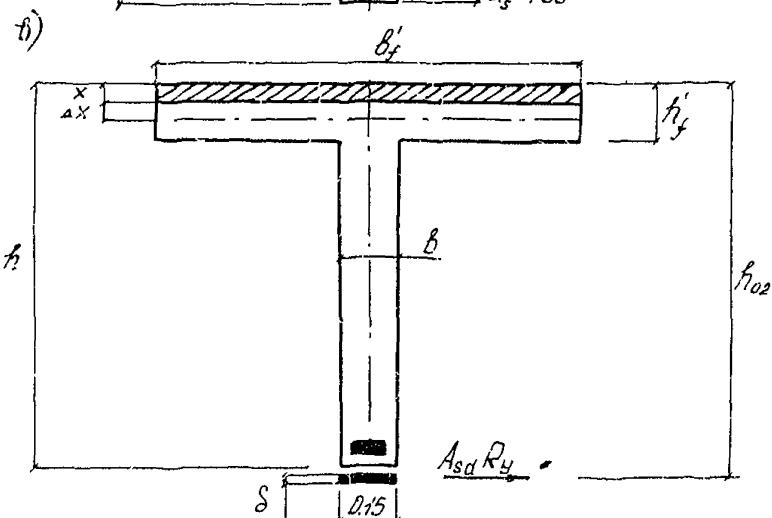
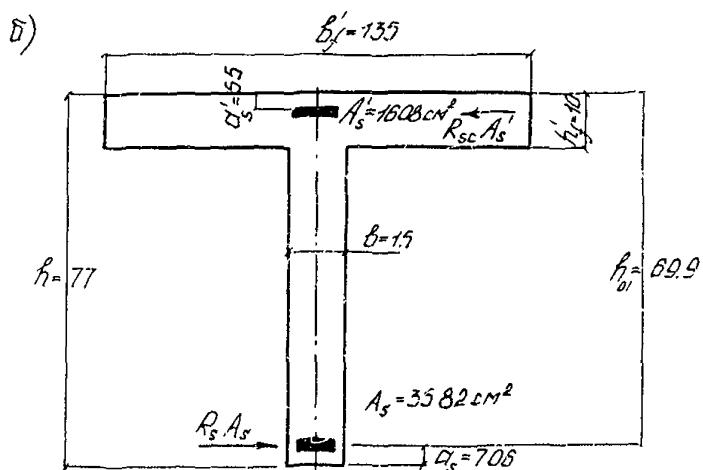
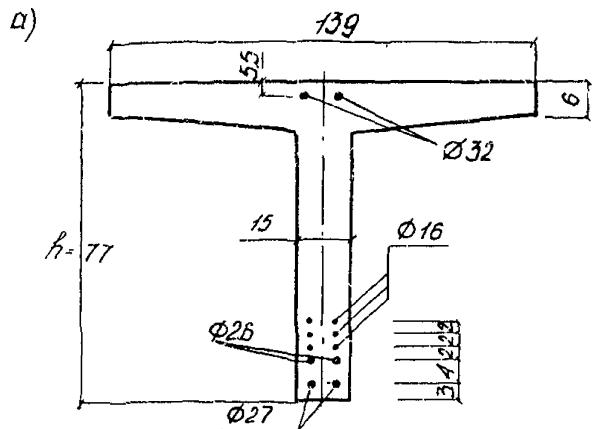
5.I. Исходные данные для расчета:

Высота балки $h = 0,77$ м, площадь верхней сжатой арматуры $A_s^I = 16,08 \text{ см}^2$, а нижней растянутой - $A_s = 35,82 \text{ см}^2$;
 $a_s = 7,06 \text{ см} = 7,06 \times 10^{-2} \text{ м}$; $h_f = 0,1 \text{ м}$; $b_f = 1,35 \text{ м}$;
 $h_{01} = 0,699 \text{ м}$; $a_s' = 5,5 \times 10^{-2} \text{ м}$.

Расчетное сопротивление бетона сжатию $R_b = 13 \text{ МПа}$, расчетное сопротивление растяжению арматуры $R_s = R_{sc} = 240 \text{ МПа}$.

2. Усилия от постоянных нагрузок вычисляются по формуле

$$S = (\gamma_q q_k + \gamma_{f_n} f_{n_k} + \gamma_{f_d} f_{d_k}) u$$



где S - изгибающий момент или поперечная сила;

γ_{f_n} , γ_{f_p} и γ_{f_b} - коэффициенты надежности со-ответственно для веса покрытия, выравнивающего, гидроизоляционного и защитного слоев и остальной постоянной нагрузки;

γ_n , γ_p , γ_b - нагрузка на I пог.м балки соответственно от веса покрытия, выравнивающего, гидроизоляционного и защитного слоев и остальной постоянной нагрузки;

w - площадь линии влияния усилий в расчетном сечении.

3. Расчетные усилия от временной нагрузки /вторая схема загружения/

$$S_{bp} = \gamma_f K_f (1+\mu) w + \gamma_{fp} K_p \rho (1+\mu) (y_1 + y_2)$$

где S_{bp} - изгибающий момент M_{bp} или поперечная сила Q_{bp} ;

$\gamma = 1078$ кН/м - равномерно распределенная нагрузка;

$\rho = 107,91$ кН - осевая нагрузка тележки;

$1+\mu = 1,25$ - динамический коэффициент; $\gamma_f = 1,2$; $\gamma_{fp} = 1,2$; K_f и K_p - коэффициенты поперечной установки для полосовой нагрузки и тележки определяются с учетом коэффициента полосности S_1 . Результаты расчетов по п. 2 и 3 сведены в таблицу I.

4. Определение предельного изгибающего момента в расчетном сечении.

Положение нейтральной оси определяется из предположения $x \cdot h_f'$

$$x = \frac{A_s R_s}{R_b b_f'} = \frac{240 \cdot 10^3 \cdot 35,82 \cdot 10^{-4}}{13 \cdot 10^3 \cdot 1,35} = 0,05 \text{ м};$$

поскольку $0,05 < d_s'$ окатая арматура в расчете не учитывается.

Предельный изгибающий момент

$$M = R_b b_f' x (h_{o1} - \frac{x}{2}) = 13 \cdot 10^3 \cdot 1,35 \cdot 0,05 \cdot (0,699 - \frac{0,05}{2}) = 591,44 \text{ кН·м}$$

Сечение перегружено

$$Md = M_{max} - M = 793,88 - 591,44 = 202,4 \text{ кН·м.}$$

Дополнительная арматура усиления принимается в расчете в виде плоского стального листа /сталь марки 16II/ с расчетным сопротивлением $R_{sd} = 215$ МПа и толщиной 10 мм /предварительно/.

$h_{o2} = 0,77 - 0,01 + 0,005 = 0,765$ м /0,01-толщина отсекаемого слоя слабопрочного бетона.

5. Приращение высоты сжатой зоны бетона

$$\Delta x = \frac{Asd Rsd}{R_b \cdot b_f'} = \frac{15 \cdot 10^{-4} \cdot 215 \cdot 10^3}{13 \cdot 10^3 \cdot 1,35} = 0,018 \text{ м.}$$

$$x + \Delta x = 0,05 + 0,018 = 0,068 \text{ м.}$$

Требуемая площадь поперечного сечения арматуры усиления

$$\begin{aligned} Asd &= \frac{Rb B_f}{Rsd} [(h_{02} - x) - \sqrt{(h_{02} - x)^2 - \frac{2M_d}{Rb B_f}}] = \\ &\approx \frac{13 \cdot 10^3 \cdot 135}{215 \cdot 10^3} \left[(0,765 - 0,05) - \sqrt{0,715 - \frac{2 \cdot 202}{13 \cdot 10^3 \cdot 135}} \right] = 13 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

6. Минимальная длина клеевого шва на концах швеллера арматуры усиления определяется по формуле /12/

$$a = \frac{215 \times 10^3 \times 13 \times 10^{-4}}{13 \times 10^3 \times 0,24} = 1,79 \text{ м.}$$

где $Rsd = 215 \text{ МНа}$, $Asd = 13 \times 10^{-4} \text{ м}^2$, $Rb = 13 \times 10^3 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$; $\beta_1 = 0,24 \text{ м}$

при толщине клеевого шва на нижней грани ребра балки 10 мм и на боковых – 5 мм.

В качестве арматуры усиления принят равнополочный холодногнутый швеллер с высотой стенки 0,16 м и шириной полок 0,05 м.

Таблица I

Сечение	расчетные усилия					
	$M_1(\text{кН}\cdot\text{м})$	$Q_1(\text{кН})$	$M_{bp}(\text{кН}\cdot\text{м})$	$Q_{bp}(\text{кН})$	$M_{max}(\text{кН}\cdot\text{м})$	$Q_{max}(\text{кН})$
опорное	–	108	–	188,4	–	296,4
четверть пролета	224,57	60,04	385,29	132,18	609,86	192,22
середина пролета	299,68	7	494,2	79,88	793,88	79,88

7. Отрывающее и сдвигающее усилия на концевых участках (16) клеевого шва $P = -0,471 \text{ кН}$, $T = 131,95 \text{ кН}$.

Напряжения в сечении приведены в таблице и на эпюрах рис. 2

Таблица 2

x/h	$\sigma_y(\text{кН}/\text{м}^2)$	x/h	$\tau_{xy}(\text{кН}/\text{м}^2)$
0	-238,05	0	0
0,1	-119,63	0,1	-1659
0,2	-36,70	0,2	-2330
0,3	-16,17	0,3	-2341
0,4	44,41	0,4	-1966
0,5	53,43	0,6	-875

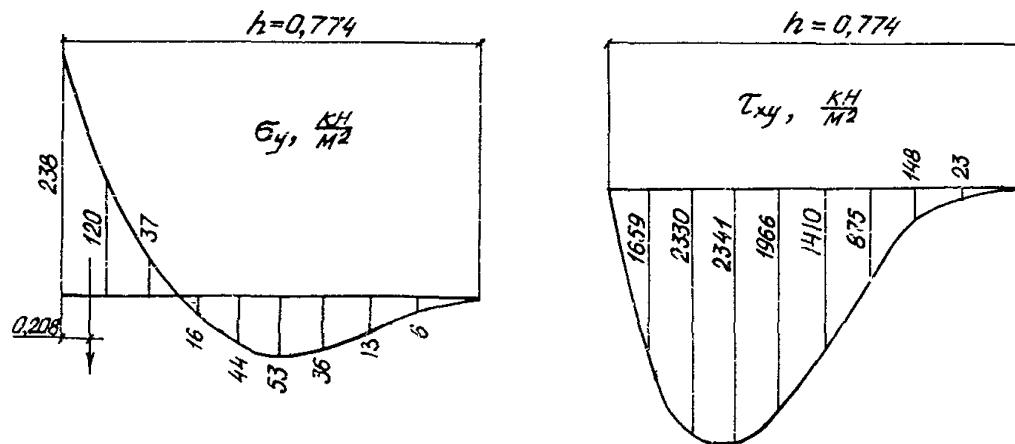
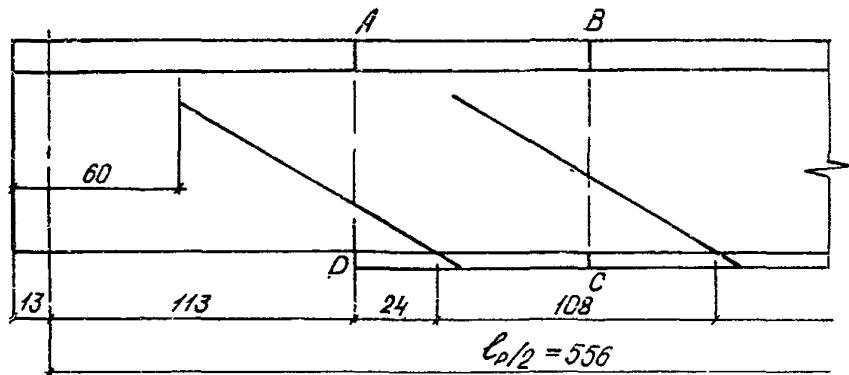


Рис. 2 Эпюры местных напряжений

Продолжение таблицы 2

χ/h	$\tilde{\sigma}_y (\text{кН}/\text{м}^2)$	χ/h	$\tilde{\tau}_{xy} (\text{кН}/\text{м}^2)$
0,7	35,50	0,8	-148
0,9	5,75	0,9	- 23

Результирующие усилия (16):

отрывающее - $Q_1 = 31,3 \text{ кН}$; сдвигающее - $T_I = 132 \text{ кН}$; равнодействующая $D = 135,66 \text{ кН}$.

Минимальный диаметр наклонных тяг $d = 0,02 \text{ м} / 20 \text{ мм} /$.

Контролируемое усилие натяжения крайнего от торца высокопрочного болта определяется по формуле /II/. Оно равно

$$M_{b,n} = 252 \text{ кН}$$

По значению $M_{b,n}$ подбирается диаметр высокопрочного болта.

8. Усилие предварительного натяжения дополнительной арматуры (13)

$$N_d = 43 \text{ кН}$$

С учетом наклона тяг под углом 30° минимальный диаметр крайней от середины пролета пары тяг должен быть (18) не менее 16 мм.

Заключение: полученные расчетные значения сечений элементов каркаса усиления используются при конструировании. При этом отклонения в сторону увеличения площади сечений не должны превышать 20% и 10% - в сторону уменьшения; расчеты соединений каких либо особенностей не имеют.

Подписано в печать 09.09.87. Формат 60x84 1/16.
Печать плоская. Уч.-изд.л. 2,2. Печ.л. 2,5. Тираж 1010.
Изд.№ 4844. Зак.№ 215

Ротапринт ЦБНТИ Минавтодора РСФСР: Москва, Зелено-
дольская, 3