ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ

СЕРИЯ 1.420.2-27

УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

ВЫПУСК 0

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

gost.e-ecolog.ru

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГОССТРОЯ СССР

Москва А-445 Смольная ул 22

Сдано в печать 11 1970 года

Заказ № 3260 Тираж 4550

ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ

СЕРИЯ 1.420.2-27

УСИЛЕНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

ВЫПУСК 0

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Разработаны
институтом „Укрниипроектстальконструкция"

Директор института — В.Н. Шимановский
Главный инженер института — В.Н. Гордеев
Начальник отдела — В.Л. Гейфман
Главный инженер проекта — В.Л. Гейфман

Утверждены
письмом Главного Управления
организации проектирования Госстроя СССР
от 07.02.89г. N4/6-183
Введены в действие с 1 марта 1990 г
Приказ института „Укрниипроектсталь-конструкция" от 7 сентября 1989г. N5

Обозначение документа	Наименование	стр
1.420.2-27.0-2	1. Основные положения	3
	2. Основные положения по проекти-	4
	рованию усиления эксплуати-	
	руемых стальных конструкций	
	3. Материалы, используемые	7
	для усиления	
	4. Конструктивные требования	7
	5. Рекомендации по технологии	15
	выполнения работ по усилению	
	конструкций	
	6. Указания по применению	18
	7. Научно-техническая литера-	19
	тура	

Нач.отд.	Гейфман		1.420.2-27.0-1	
Н.контр.	Мушинин		Содержание	Стадия: Р; Лист; Листов
Гл.конст.	Мушинин			Укрниипроектсталь конструкция
Гл.инж.	Гейфман			
Рук.груп.	Гейфман			
Проверил	Мушинин			
Исполнил	Гейфман			

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

24160-01 3

1 Основные положения

1.1. Настоящая серия содержит материалы для проектирования усиления стальных конструкций производственных зданий. Решения, приведенные в выпусках серии, предназначены для применения при разработке проектов реконструкции и технического перевооружения предприятий, а также могут быть использованы для разработки проектов усиления эксплуатируемых стальных конструкций, имеющих существенный физический износ, дефекты и повреждения, когда требуется обеспечить условия для дальнейшей нормальной эксплуатации.

1.2 Серия разработана институтами Всесоюзного Объединения „Союзметаллостройниипроект" Госстроя СССР и Мимонтажспецстроя УССР в составе пяти выпусков:

выпуск 0 – „Общие указания" („Укрниипроектстальконструкция");

выпуск 1 – „Каркасы одноэтажных зданий. Материалы для проектирования" („Ленпроектстальконструкция"),

выпуск 2 – „Колонны. Материалы для проектирования" („Днепрпроектстальконструкция")

выпуск 3 – „Подкрановые балки и пути подвесного транспорта. Материалы для проектирования" („Ленпроектстальконструкция"),

выпуск 4 – „Фермы и прогоны покрытий. Материалы для проектирования" („Сибпроектстальконструкция").

При разработке настоящей серии использованы материалы и опыт проектирования, накопленные всеми подразделениями В/О „Союзметаллостройниипроект" (в т.ч. института „ЦНИИпроектстальконструкция" и Липецкого комплексного отдела) и института „Укрниипроектстальконструкция" и результаты научно-исследовательских работ, выполненных в рамках отраслевой программы 0.55.04.121 Госстроя СССР

1.3. Разработке проекта реконструкции или усиления должны предшествовать работы по обследованию и оценке технического состояния эксплуатируемых конструкций, включающие

- подготовительные работы, изучение сохранившейся проектной документации, выявление и уточнение цели обследования;
- натурное освидетельствование конструкций;
- оценка качества стали;
- определение фактических и прогнозирование будущих нагрузок, воздействий и условий эксплуатации;
- оценка технического состояния конструкций,
- проверочный расчет конструкций, с учетом выявленных при обследовании отклонений, дефектов и повреждений, качества материалов и соединений

1.4 При натурном освидетельствовании конструкций и выполнении подготовительных работ должны быть проанализированы причины и факторы влияющие на появление имеющихся дефектов, повреждений и отказов конструкций. Проектом усиления должны предусматриваться мероприятия по устранению в дальнейшем этих причин, либо должны быть запроектированы новые конструкции, нечувствительные к влиянию этих факторов.

1.5. По результатам освидетельствования, проверочного расчета конструкций оценивается их техническое состояние, которое можно отнести к одному из шести типов:

Исправное – все нормируемые свойства конструкций соответствуют требованиям норм

Работоспособное – конструкции отвечают всем требованиям обеспечения технологического процесса, несмотря на имеющиеся отдельные отступления от норм, стандартов и технической документации.

Нач. отд.	Гейфман		1420.2-270-2	
Н. контр.	Мущинин			
Гл. констр.	Мущинин			
Нач. сект.	Гейфман		Общие указания	Стадия: Р; Лист: 1; Листов: 20
Рук. груп.	Гейфман			
Проверил	Мущинин			Укрниипроектстальконструкция
Исполнил	Гейфман			

Неработоспособное — конструкция не отвечает требованиям обеспечения технологического процесса

Частично работоспособное — конструкция отвечает лишь части заданных функций и может функционировать при ограничении нагрузок или режимов эксплуатации

Аварийное — конструкция находится в неработоспособном или частично работоспособном состоянии, при котором сохраняется несущая способность или устойчивость вследствие того, что расчетное сочетание нагрузок и воздействий ни разу не реализовывалось при данном техническом состоянии конструкции.

Неремонтопригодное — конструкция находится в таком неработоспособном состоянии, при котором приведение ее в работоспособное состояние невозможно или экономически нецелесообразно.

Конструкции, находящиеся в неработоспособном и аварийном состоянии, должны быть усилены или заменены.

2. Основные положения по проектированию усиления эксплуатируемых стальных конструкций

2.1. При разработке проектов реконструкции или усиления стальных конструкций следует:

- предусматривать требования по обеспечению надежности и долговечности зданий и сооружений,
- предусматривать конструктивные решения и методы производства работ, реализуемые, как правило, без остановки производства в эксплуатируемых зданиях и сооружениях или совмещаемые по времени с технологическими остановками производства,
- учитывать перспективы развития производства, возможность его повторных реконструкций и технического перевооружения;
- принимать проектные решения, обеспечивающие экономное расходование материалов, экономию топливных и энергетических ресурсов, снижение стоимости и трудоемкости работ по реконструкции и усилению, уменьшение эксплуатационных затрат

Основные технические решения, принимаемые при разработке проектов реконструкции и усиления стальных конструкций, следует обосновывать путем сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов с учетом экономических последствий от стеснения или приостановки основного производственного процесса во время проведения работ по усилению

2.2 Проектной документацией на усиление должны охватываться несколько стадий работы конструкций с учетом изменения параметров и свойств конструкций, а также режимов эксплуатации:

- стадия „А", предшествующая началу работ по усилению, во время которой требуется проверить, с учетом фактического состояния, возможность эксплуатации конструкций до их усиления или замены и разработать, в необходимых случаях, временные мероприятия по содержанию конструкций и ограничению режимов эксплуатации
- стадия „Б", соответствующая периоду выполнения работ по усилению, с определением необходимых мероприятий по обеспечению работоспособности конструкций по временной схеме,
- стадия „В", соответствующая режиму эксплуатации конструкций после усиления с обеспечением работы в изменившихся условиях.

В необходимых случаях, с целью выявления фактического положения конструкций, возможного роста деформаций и изменения напряженного состояния, проектом должно быть предусмотрено проведение инструментальных наблюдений за состоянием конструкций на стадиях „А" и „Б", а также на стадии „В" с использованием приборов и специальных контрольно-сигнальных устройств.

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

2.3. При расчете усиления стальных конструкций необходимо:
- выполнение расчетов по нескольким вариантам расчетных схем для оценки возможного неблагоприятного влияния обычно не учитываемых факторов (податливость фундаментов, появление эффекта неразрезности, влияние жесткости ограждающих конструкций и т.д.)
- учитывать уровень фактической нагруженности усиливаемых под нагрузкой конструкций в процессе выполнения работ по усилению и влияние существующих во время усиления напряжений на несущую способность конструкции;
- учитывать влияние последовательности технологии выполнения работ по усилению конструкции на ее поведение в процессе ремонта;
- комплексное решение вопросов конструирования вместе с выбором способа реализации усиления, с обязательным отражением этих вопросов в проектной документации.

2.4 Проверочные расчеты должны выполняться по фактическим расчетным схемам сооружений (конструкций, элементов) и фактическим сечениям с учетом влияния обнаруженных дефектов и повреждений, по уточненным значениям расчетных сопротивлений материала конструкций и соединений, действующих нагрузок и их сочетаний. Расчеты должны выполняться в объеме, обеспечивающем достоверный вывод о возможности продолжения эксплуатации сохраняемых конструкций или обоснованные рекомендации об их усилении (замене) для всех стадий работы конструкций, указанных в п 2.2.

2.5. С целью сокращения объемов работ по усилению, либо отказа от усиления, необходимо выявлять и использовать резервы несущей способности сохраняемых конструкций путем:
- уточнения усилий, действующих в перенапряженных элементах за счет учета пространственной работы каркаса, фактических условий соединения и закрепления, учета фактических значений нагрузок, воздействий и их сочетаний;
- уточнения прочностных характеристик материала конструкций и соединений, фактических размеров сечений и габаритов элементов;
- включения в работу ограждающих конструкций и других вспомогательных элементов зданий и сооружений.

Одновременно рекомендуется проведение мероприятий по улучшению условий работы несущих конструкций путем:
- уменьшения нагрузок, действующих на каркас или его отдельные элементы (ограничения грузоподъемности кранов, степени их сближения при сдвоенной работе, изменение схемы расположения кранов путем установки крана малой грузоподъемности между двумя кранами большей грузоподъемности, изменение конфигурации кровли и ликвидация перепадов между соседними пролетами для уменьшения снеговых мешков и т.д.);
- уменьшения нагрузок от массы ограждающих конструкций путем их замены более легкими (например, железобетонных кровельных панелей с керамзитобетонным утеплителем на кровли со стальным оцинкованным настилом и легким эффективным утеплителем).

Все мероприятия по уменьшению крановых и других технологических нагрузок не должны ухудшать технологический процесс производства.

Мероприятия по ограничению грузоподъемности, степени сближения мостовых кранов или ограничение хода крановых тележек должны предусматривать методы контроля за их выполнением (контроль за уровнем нагрузок).

2.6. Основными способами усиления конструкций являются:
- увеличение площади сечений отдельных элементов;
- изменение конструктивной схемы каркаса или его отдельных элементов с изменением расчетной схемы,
- регулирование напряжений.

Способы эти могут применяться самостоятельно или в комбинации.

2.7 При усилении конструкций способом увеличения площади сечений необходимо:

— обеспечить надежную совместную работу элементов усиления и усиливаемых элементов,
— избегать резких концентраторов напряжений в местах обрыва элементов усиления,
— предусматривать решения способствующие проведению антикоррозионных мероприятий;
— учитывать наличие ребер, прокладок, а также возможность увеличения габаритов конструкций (особенно габаритов приближений к кранам и др движущемуся оборудованию, габаритов проходов и т д),
— учитывать технологию проведения работ по усилению — доступность сварки, возможности сверления отверстий под болты, использования монтажных инструментов и т д.

2.8 При усилении конструкций с изменением конструктивной схемы необходимо

— учитывать перераспределение усилий в конструкциях, элементах, узлах, а также в опорах, включая изменение нагрузок на фундаменты;
— учитывать возможность появления температурных воздействий на конструкции, элементы, узлы, связанных с температурными режимами при замыкании статически — неопределимых систем и при эксплуатации.

2.9 Способ усиления конструкций регулированием напряжений позволяет уменьшить усилия, действующие в конструкции Следует учитывать при этом возможность увеличения нагрузок в ряде других конструкций или их элементах Усиление этим способом можно производить, как правило, без разгрузки конструкций и без остановки технологического процесса.

2.10 Соединения деталей усиления с существующими конструкциями выполняются на сварке, болтах (класса точности А и В) или высокопрочных болтах. Допускается также применение дюбелей и самонарезающих винтов

Если существующие конструкции выполнены без применения сварки и отсутствуют данные о свариваемости стали, то при их усилении сварку можно применять только после оценки ее свариваемости (см. раздел 3).

2.11 Оценку качества материала эксплуатируемых конструкций и соединений, определение нагрузок и воздействий, а также указания по расчету даны в „Пособии по проектированию усиления стальных конструкций (к разделу 20 главы СНиП II-23-81)" („Укрниипроектстальконструкция" и МИСИ им В В Куйбышева, г Киев, 1988г), а также в „Рекомендациях по обследованию стальных конструкций производственных зданий" (ЦНИИпроектстальконструкция", г Москва, 1988г) и „Рекомендациях по расчету усиления стальных конструкций реконструируемых предприятий" (ЦНИИпроектстальконструкция", г Москва, 1987г) Указания по расчету усиления отдельных элементов стальных каркасов даны в соответствующих выпусках настоящей серии.

2.12 При расчете усиления конструкций на прочность и деформативность коэффициенты надежности по назначению и условий работы принимаются в соответствии с действующими нормативными документами на проектирование конструкций для нового строительства. В расчетах на устойчивость элементов, усиленных методом увеличения сечений, значение коэффициента условий работ следует принимать не более 0,9.

3. Материалы, используемые для усиления

3.1 Применяемая для элементов усиления сталь не должна уступать по качеству металлу усиливаемых конструкций (по механическим свойствам, вязкости и свариваемости). Оценку качества стали существующих конструкций следует проводить в соответствии с указаниями пп 20.2–20.4 СНиП II-23-81*, используя справочные сведения, приведенные в табл 1.

3.2. Марку стали элементов усиления следует назначать по табл 50* и 51* СНиП II-23-81* с учетом качества стали усиливаемой конструкции и ее свариваемости. Коррозионная стойкость металла элементов усиления должна быть не ниже стойкости металла усиливаемой конструкции.

3.3 Для ручной дуговой сварки следует применять электроды по ГОСТ 9467-75 с учетом рекомендаций, приведенных в табл 2. Виды заводских и монтажных соединений, применявшихся в период с 1923г. по 1981г., даны в таблице 3.

3.4 Для соединений на болтах класса точности А и Б следует применять болты и гайки, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1759.0-87, ГОСТ 1759.4-87, ГОСТ 1759.5-87 с дополнительными видами испытаний, в зависимости от принятого в проекте класса прочности и климатических условий эксплуатации.

Болты должны соответствовать ГОСТ 15589-70*, ГОСТ 15591-70*, ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7798-70*, гайки следует применять по ГОСТ 5915-70* класса прочности 4 для болтов классов прочности 4.6, 4.8, 5.6, 5.8 и класса прочности 6 для болтов класса прочности 6.6

Применение болтов и гаек из автоматной стали не допускается.

3.5 Высокопрочные болты следует применять по ГОСТ 22353-77*, ГОСТ 22356-77* и ТУ 14-4-1345-85 типов 110 110С и 135 из стали марки 40Х „селект" по ГОСТ 4543-71* (для болтов типов 110 и 110С) и из сталей марок 38ХС и 40ХФА „селект" по ГОСТ 4543-71* (для болтов типа 135).

Гайки и шайбы для высокопрочных болтов по ГОСТ 22354-77* и ГОСТ 22355-77*.

4. Конструктивные требования

4.1 Элементы и детали усиления необходимо проектировать, как правило, ориентируясь на их изготовление в заводских условиях. В особых случаях допускается изготовление деталей усиления с припуском и последующей обработкой на монтаже по месту установки.

Такие случаи должны оговариваться в рабочих чертежах с указанием размеров припуска.

4.2 Дефекты и повреждения элементов в виде трещин в основном металле или сварных швах устраняются путем:

заварки трещин

замены дефектных мест;

усиления конструктивного элемента.

Марки стали, профили, методика расчета, допускаемые напряжения и расчетные сопротивления (с 1923 по 1987 г.г.)

Таблица I

Год издания документа	Марка стали	Основной вид проката	Методика расчета	Допускаемые напряжения или расчетные сопротивления кг/см²
1	2	3	4	5
1923	Литое железо	Лист до 38 мм Уголок до 100×18 Балка до №30	на доп. напряжениям	650-800
1925	Ст2, Ст3	Лист до 42 мм Уголок до 150×18 Балка до №45 Швеллер до №30 (1926г.)	То же	1200
1928 1931	Ст3, углеродистая, сталь повышенной прочности. Кремнистая сталь	То же	"	1200 1500 1800
1934	Ст3 пониженная Ст3 нормальная Ст3 повышенная	Лист до 42 мм Уголок до 200×14 Балка до №60	"	1200 1400 1600
1942	Ст0 Ст2 Ст3	Лист до 50 мм Уголок до 220×28 Балка до №60 Швеллер до №40 (1939г.)	"	1400 1400 1600

Продолжение таблицы I

1	2	3	4	5
1954	Ст2, Ст3, Ст4, Ст5 НЛ-1, НЛ-2	То же, плюс трубы катанные и сварные до Д-1420мм	По предельным состояниям	2000-2400 2500-2900
1965	Ст0, Ст2, Ст4, Ст5 НЛ-1 НЛ-2	То же	То же	1700-2400 2500 2900
1962	ВСт3кп, ВСт3пс, ВСт3сп, 14Г2	Лист до 160мм Уголок до 250×30 Балка до №70 Швеллер до №40	"	2100 2800-2900
1969	15ХСНД 10ХСНД	Трубы сварные и катанные Профили гнутые открытые		3400
1972	ВСтпс, ВСтпс, ВСт3сп, 14Г2 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Г2АФ, 16Г2АФ 12Г2СМФ, 14Г2МФР	То же плюс закрытые сварные	"	2100-5300
1982	По СНиП II-23-81 (приложение I, таблицы 50 и 51)	То же	"	1800-5250

Рекомендации по применению электродов

Таблица 2

Тип электрода	Марка завода	Рекомендации по применению	Допустимое пространственное расположение швов	Вид и полярность тока
1	2	3	4	5
Э42	СМ-5	Для сварки металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 430 МПа	Во всех пространственных положениях	Постоянный прямой полярности и переменный
	ЯНО-5 ЯНО-17			Переменный, а также постоянный прямой полярности
Э42А	УОНИ-13/45	Для сварки особо ответственных металлоконструкций из низкоуглеродистой и низколегированных сталей, когда к металлу сварных швов предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости рекомендуется, в частности, для сварки конструкций, работающих в условиях пониженных температур	Во всех пространственных положениях	Постоянный обратной полярности
	СМ-11			Постоянный обратной полярности, а также переменный

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Э46	ОЗС-4	Для сварки металлоконструкций из низкоуглеродистой и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа Для сварки рядовых и ответственных металлоконструкций из низкоуглеродистых марок сталей	Во всех пространственных положениях	Переменный, а также постоянный обратной полярности
	ЯНО-4			Переменный, а также постоянный прямой полярности
Э46А	ОЗС-2ФР	Для сварки металлоконструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей типа 09Г2, 10ХСНД	Во всех пространственных положениях	Постоянный обратной полярности
Э50А	УОНИ-13/55	Для сварки особо ответственных металлоконструкций из низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных сталей, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках	Во всех пространственных положениях	Постоянный обратной полярности
	ДСК-50 ЯНО-11			Постоянный обратной полярности, а также переменный
	ОЗС-18	Для сварки ответственных металлоконструкций из низколегированных сталей и антикоррозионной стойкой стали толщиной до 15 мм		Постоянный обратной полярности

Виды заводских и монтажных соединений стальных конструкций (с 1923 по 1981 г.) Таблица 3

Год издания документа	Сварка	Заклепки	Болты
1	2	3	4
1923	нет	1/4...1" Сталь литая. Заклепки кованые	1/4...2" Сталь литая Болты кованые
1925	Ремонтные работы и вспомогательные конструкции. Меловые электроды Правила НКПС №010 ТУ25	Ст 2	Ст 3
1928-1931	То же	Ст 2	Ст 3 Неточеные Точеные
1934	Меловые электроды Меловые электроды со стабилизирующим покрытием	Ст 3 пон; Ст 3 норм; Ст 2 норм.	Ст 3 пониж. Ст 3 норм. Ст 2 норм.
1942	Меловые электроды Электроды с толстой обмазкой	Ст 2, Ст 3	Ст 2, Ст 3 Черные, чистые
1946	То же, плюс автоматическая сварка под флюсом	Ст 2 закл. Ст 3 закл.	То же
1954	Электроды типа 334, 342, 342А, 350, 350А Автоматическая под флюсом	Ст 2 закл; Ст 3 закл, НЛ-1 горячие и холодные	Ст 0, Ст 3, НЛ-1 черные, чистые. Рифленые

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
1962 1969	Электроды типа 334, 342, 350, 355 Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом	ВСт 2 закл; ВСт 3 закл; 09Г2	ВСт 3, ВСт 5, 09Г2, 14Г2, 15ХСНД. Нормальной точности. Повышенной точности. Высокопрочные Ст 35 и 40Х.
1972	Электроды типа 342, 342А, 346А, 350А, 360А, 370. Автоматическая сварка под флюсом Полуавтоматическая в CO_2	Ст 2, 09Г2	4.6; 5.6; 8.8 Грубой точности нормальной точности. Высокопрочные Ст 35, 40Х, 40ХФА, 38ХС
1981	Электроды типа 342; 342А, 346; 346А, 350; 350А, 360; 370, 385 Автоматическая сварка под флюсом. Полуавтоматическая $ВСО_2$		4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 8.8. Грубой точности Нормальной точности Повышенной точности. Высокопрочные 40Х; 38ХС; 40ХФА; 30Х3ФМ; 30Х2НМФА

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

Во всех случаях должны быть приняты меры препятствующие дальнейшему распространению обнаруженных трещин. Следует иметь в виду, что заварка трещин не препятствует образованию новых хрупких или усталостных трещин, если не устранена причина их появления. Методы заварки трещин даны в разделе 5.

4.3. Дефектные места в стенках балок и колонн удаляются путем вырезки в них прямоугольной (с закругленными углами), трапецевидного или круглого отверстий по высоте и ширине на 100мм больше в каждую сторону размеров дефектного участка (рис.1)
Кромки металла по линии реза после ручной кислородной или воздушно-дуговой резки подлежат механической обработке абразивным инструментом.

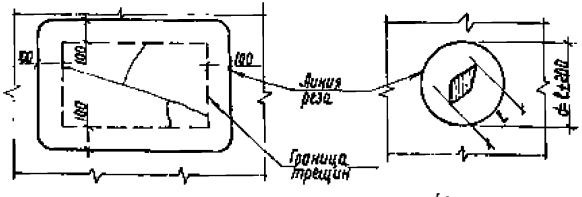

Рис.1 Вырезка дефектных участков

4.4. При необходимости усиления конструкций группы 1 (по таблице 50* СНиП II-23-81*) с помощью дополнительных накладных листов следует стремиться к обеспечению плавного изменения сечения накладок при переходе к основному сечению (рис.2), при толщине накладного листа равном или более 12мм рекомендуется обработка скоса листа (рис.2г).

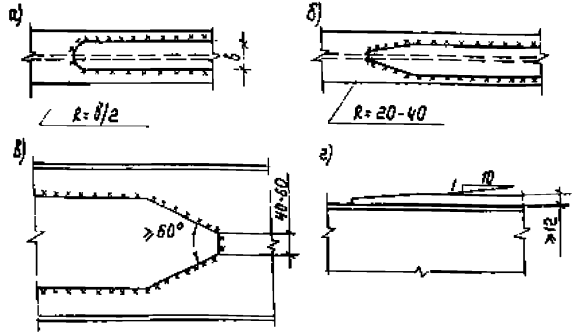

Рис.2. Форма накладных листов присоединяемых на сварке

4.5. Соединение деталей усиления с существующими конструкциями рекомендуется, как правило, выполнять ручной электродуговой сваркой, а при значительной концентрации объемов сварки с помощью механизированной сварки в среде углекислого газа. В случае опасности возникновения хрупкого или усталостного разрушения за счет низкого качества стали существующих конструкций присоединение элементов усиления рекомендуется осуществлять с помощью высокопрочных болтов.

4.6. С целью сокращения объема работ по сварке и уменьшения сварочных напряжений и деформаций следует стремиться к выбору схем допускающих наложение минимального количества швов их минимальной толщины. При проектировании сварных соединений следует руководствоваться указаниями п. 2014 СНиП II-23-81*

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

47. Новые сварные швы на существующих конструкциях следует, по возможности, располагать в наименее напряженных сечениях, возможно дальше от мест изменения сечения, вырезов, креплений ребер и других элементов. Швы следует располагать симметрично относительно главных осей с минимальным удалением от центра тяжести конструкции.

Следует избегать сближенного расположения сварных швов, их пересечений под острыми углами, а также близкого расположения параллельных стыковых и угловых швов, руководствуясь при этом следующими требованиями (см рис 3):

Расстояние между параллельными стыковыми швами должно быть не менее 200 мм, а параллельным стыковым и угловым швом не менее 75 мм,

угол между двумя стыковыми швами должен быть не менее 60°,

расстояние между новыми стыковыми швами и существующими сварными креплениями элементов (ребра, фасонки, стыковые накладки и т п) должно быть не менее 100 мм;

расстояние между швами в остальных случаях должно быть не менее 4, 5 t (t - толщина элемента, к которому привариваются деталь),

при сварке стыков нижнего пояса балок в местах пересечения этих швов со стенкой необходимо предусматривать в ней вырез радиусом 50 мм, обеспечивающий качественное выполнение шва

в местах пересечения сварных швов следует выполнять отверстия диаметром 20 мм

В усиливаемых под нагрузкой растянутых элементах конструкций следует избегать сварных швов, расположенных поперек действующих усилий

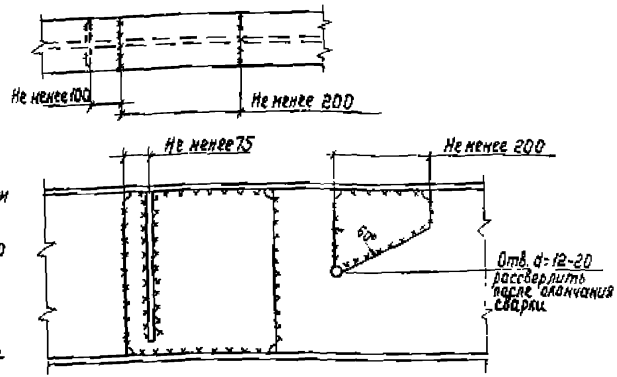

Рис. 3. Конструктивные требования к взаимному расположению сварных швов

48. При усилении элементов конструкций в местах местных повреждений (вырывов, локальных погибей, смалковки, размалковки уголков и т д), рекомендуются конструктивные решения, исключающие работы по подгонке деталей усиления путем их выгиба или фигурной резки (рис. 4).

4.2 Для уменьшения опасности хрупкого разрушения сварных соединений при пониженных температурах следует применять конструктивные приемы с целью повышения их хладостойкости (см. табл. 4).

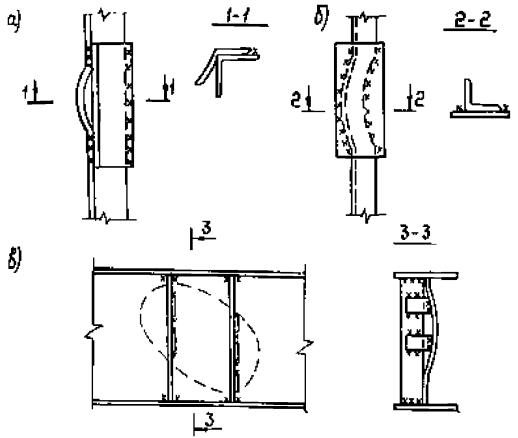

Рис 4. Устранение дефектов в местах локальных прогибов

При выполнении приемов „б" и „д" выкружки следует выполнять таким образом, чтобы на рабочий элемент они выходили по касательной, зачищая начало выкружки наплавкой с плавностью рабочего элемента в приемах усиления б18 и б3а. привариваемые листовые детали с выкружками должны быть одинаковой толщины с фасонкой и иметь разделку кромок

Кроме применения вышеперечисленных конструктивных приемов, в числе мероприятий по предупреждению хрупкого разрушения конструкций следует предусматривать (в необходимых случаях):

изменение схемы работы элементов (устройство шпренгелей, дополнительных элементов, перераспределяющих усилия),

изменение режима эксплуатации конструкции (устранение возможности охлаждения конструкций до отрицательных температур, демпфирование динамических нагрузок и т.д.);

установление регулярного надзора за конструкциями, изготовленными (с отступлением от требований действующих СНиП) из кипящей стали, в которых были обнаружены недопустимые дефекты. Надзору должны подвергаться все места конструкций, в которых были обнаружены дефекты и проводились работы по ремонту и замене элементов, а также места потенциально опасные с точки зрения возникновения хрупких трещин но где при первичном обследовании они не были обнаружены. Надзор должен проводиться в течение всего времени эксплуатации сооружения. После выполнения мероприятий по усилению освидетельствование указанных выше конструкций должно быть проведено через 3-6 месяцев, а последующие - устанавливаются на основании данных предыдущего.

Если конструкция эксплуатируется при температурах ниже -5°С, освидетельствование ее в этот период необходимо осуществлять в два раза чаще чем указано выше.

Если конструкция некоторое время находилась в условиях отрицательных температур ниже температур ее эксплуатации, она может в дальнейшем эксплуатироваться только после осмотра и в условиях, предусмотренных при ее проектировании. На все вновь обна-

Таблица 4

Приемы усиления элементов конструкций для повышения их хладостойкости

Тип	Схема конструкций		Приемы усиления	
1	2	3	4	5
А	1	Непровар	а	t=10 Высверлить
	2	Непровар	а	на глубину непровара „h" t=10h снять шлифмашинкой
Б	1	Стыковой шов	а	Вырезать газом и зачистить
			б	Дет.А t=50 вырезать газом и шлифовать
			в	t=50 Разделка кромок Дет.А
	2		а	t=25 вырезать газом и зачистить
	3		а	t=25 вырезать газом и зачистить
			б	Дет.А t=50 вырезать газом и шлифовать
			в	t=50 Разделка кромок
В	1	t Непровар	а	на глубину непровара „h" t=10 (2÷4 вырезать газом или шлифмашинкой
Д	1		а	t=50 вырезать газом и зачистить
	2	δ	а	швы вырубить и зачистить
Е	1	газовая резка	а	механическая обработка до 3мм
Ж	1	круглая дыра	а	рассверловка
И	1		а	t>10
		Деталь „А" зачистить шлифмашинкой t=50		

В узлах 2а, в, 1а ослабление сечений в растянутых элементах не должно превышать 10% (5% на сторону).

руженные дефекты должны быть выданы решения для их немедленного устранения.

4.10 При замене заклепок высокопрочными болтами допускается не рассверливать отверстия, подбирая наружный диаметр болта на 1-3мм меньшим, чем диаметр отверстия заклепки в соединениях с прокатными профилями, имеющими непараллельные плоскости полок, необходимо применять клиновидные прокладки, обеспечивающие плотное прилегание опорных поверхностей головки болта и гайки к поверхности стягиваемого пакета. В стесненных условиях допускается применение скошенных шайб (не более 0,1 величины наружного диаметра шайбы).

Не рекомендуется создавать клепано-болтовые соединения с болтами, расположенными только по одну сторону продольной оси прикрепляемого элемента. В связи с этим при замене дефектных заклепок может потребоваться замена и бездефектных симметрично расположенных относительно плоскости действия сил заклепок (рис.5).

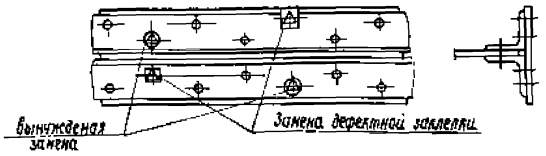

Рис.5. Замена заклепок высокопрочными болтами

4.11. Учитывая влияние на напряженное состояние усиливаемых конструкций оказываемое технологией производства работ по усилению, а также важную роль тех напряжений, которые имеются в усиливаемой под нагрузкой конструкции, при разработке проекта усиления необходимо выбрать и обязательно отразить в рабочих чертежах

последовательность выполнения работ по усилению конструкции в целом и ее отдельных элементов;

способы, последовательность и режимы наложения сварных швов,

мероприятия по разгрузке конструкций на время выполнения работ по усилению

При этом следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в разделе 5 настоящего выпуска.

5. Рекомендации по технологии выполнения работ по усилению конструкций

5.1. Все работы должны выполняться в соответствии со специально разработанным проектом производства работ (ППР), согласованному со службой эксплуатации и проектной организацией (автором проекта).

Проект производства работ должен содержать последовательность и график выполнения работ, потребность в рабочей силе, материальных ресурсах, механизмах, инструментах и приспособлениях; мероприятия по технике безопасности согласно СНиП III-4-80; технологические карты на выполнение сварки и установки высокопрочных болтов

Работы по усилению конструкции рекомендуется совмещать с плановыми ремонтами технологического оборудования.

5.2. При выполнении работ по усилению конструкции должен быть обеспечен контроль за выполнением требований технической документации проектом производства работ, а в необходимых случаях, правил Госгортехнадзора. Контроль осуществляется инженерно-техническими работниками организации, выполняющей работы, представителями авторского надзора и специалистами службы эксплуатации зданий и сооружений

53. Перед началом работ по устранению дефектов, повреждений и усилению стальных конструкций следует выполнить очистку конструкций в зоне работ от пыли, грязи, жиромасляных отложений, ржавчины и краски. Очистка производится в соответствии с требованиями ГОСТ 9.402-80.

54. Правка искривленных частей конструкции производится при температуре не ниже минус 10°С. Не допускается правка с нагревом конструкций, изготовленных из низколегированных сталей, подвергавшихся термической обработке в состоянии поставки;

правка клепаных конструкций, имеющей общий изгиб;

правка конструкций в районе расположения трещин, недоваренных или дефектных швов.

Правка может вестись холодным методом, методом нагрева и комбинированным методом. Температура нагрева деталей при правке конструкций из малоуглеродистых сталей должна быть в пределах от 650°С до 1000°С, для низколегированной стали - от 750°С до 950°С. Температуру рекомендуется контролировать термокарандашами или контактными термометрами. Механические воздействия при правке осуществляются специальными приспособлениями (домкраты, клинья и т. п.), установленными до нагрева, удары кувалдой наносятся непосредственно после нагрева обязательно через „гладилку". После проведения правки конструкции необходимо тщательно осмотреть с целью обнаружения возможных дефектов в сварных швах и заклепках, возникших в процессе правки. Дефектные заклепки должны быть заменены. При нагреве элементов и их правке должно быть обеспечено несущая способность конструкции.

55. При сварке рекомендуется применять преимущественно источники питания постоянного тока. Диаметр электродов для стыковых и угловых швов, выполняемых в положениях отличных от нижнего, не должен превышать 4мм. При сварке в нижнем положении возможно применение электродов ф 5мм.

При наложении швов следует стремиться к уменьшению остаточных напряжений и деформаций. С этой целью следует избегать форсированных режимов сварки с использованием больших тепловых затрат. Силу сварочного тока следует назначать исходя из марки электрода, его диаметра и пространственного положения шва, согласно рекомендациям, приведенным на наклейках - этикетках каждой пачки электродов, нормативным документам и справочной литературе. Качество применяемых электродов должно быть подтверждено сертификатом завода-изготовителя для каждой партии. Наклейки на пачках сертификатом не являются.

Выполнение сварочных работ при усилении и ремонте металлоконструкций должно поручаться лицам, прошедшим обучение основным положениям выполнения этого вида работ и имеющим удостоверение на право выполнения сварки ответственных металлоконструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех пространственных положениях. Если срок действия удостоверения истек, сварщик может быть допущен к работам только после проведения квалификационных испытаний.

56. При многослойной сварке стыковых швов с разделками их заполнение осуществляется обратноступенчатым методом (рис 6), швы длиной более двух метров варят в направлении от середины к краям.

Вварка деталей в существующий жесткий контур (рис 7) выполняется участками - длина участка равняется примерно длине шва, выполненного одним электродом; наплавка последующего прохода должна начинаться после остывания предыдущего до 150-200°С; сварку следует начинать с участка имеющего максимальный зазор.

Незамкнутые стыковые швы необходимо выводить на выводные планки, удаляемые после окончания сварки с помощью газовой резки или вырубки, места установки планок следует тщательно зачистить от остатков шва абразивным кругом (шлифмашинкой).

57. Устранение трещин рекомендуется выполнять в следующем порядке:

зачистка зоны трещины до чистого металла (не менее чем на 80мм в каждую сторону от трещины) и выявление ее концов, водным раствором азотнокислого аммония, 10-20% водного (или спиртового) раствора азотной кислоты, цветной или магнитной дефектоскопии, керосиновой пробы,

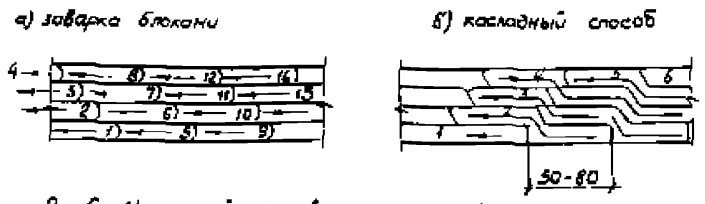

Рис 6 Многослойная сварка стыков обратноступенчатым методом

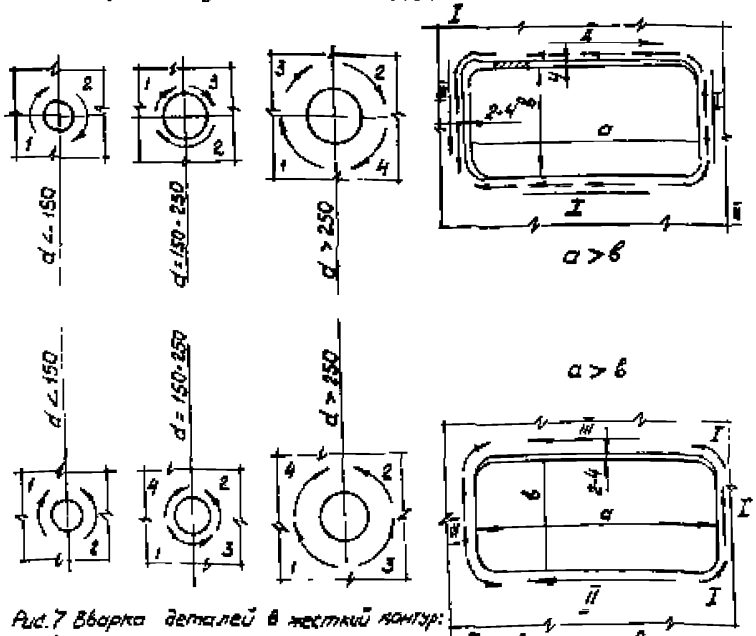

Рис.7 Сварка деталей в жесткий контур: а - сварка на горизонтальной плоскости, б - сварка на вертикальной плоскости, 1,2,3 - очередность сварки каждого прохода I-IV - участки сварки на полное сечение.

снятия зубилом стружки или осмотром с помощью лупы;

сверловка в концах трещины на расстоянии 15-20 мм по ходу ее распространения отверстий-ловителей диаметром 20 мм (рис 8); разделка кромок трещины под сварку механическим или огневым способом (в последнем случае необходимо после разделки снять поверхностный слой);

подогрев концевых участков трещины пламенем газовой горелки до температуры 100-150°С. Эту температуру рекомендуется поддерживать в течение всего времени заварки трещины (контроль термокарандашами);

заварка шва обратноступенчатым методом на проход (при длине трещины более 300мм сварку следует вести обратноступенчатым методом от концов к середине) с одновременной проковкой каждого прохода, кроме первого и последнего, пневмозубилом с радиусом закругления его ударной части 2-4 мм (рис. 9);

обработка заваренной поверхности шлифмашинкой для снятия усиления шва до высоты 2мм над поверхностью основного металла и рассверловка отверстий - ловителей на диаметр 20-25 мм; сплошной контроль швов заваренной трещины физическими методами.

5.8. При усилении конструкций под нагрузкой способом увеличения сечений последовательность операций должна обеспечить быстрое включение в работу деталей усиления при минимальном ослаблении сечений усиливаемого элемента монтажными отверстиями, разогревом при сварке и т.п. Рекомендуется следующий порядок выполнения усиления:

сборка элементов усиления по всей длине с ремонтируемыми элементами конструкций с помощью струбцин, стяжек и т.п.;

фиксация элементов усиления с помощью сварочных прихваток длиной 40-50 мм, расположенных в местах предстоящей укладки несущих

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

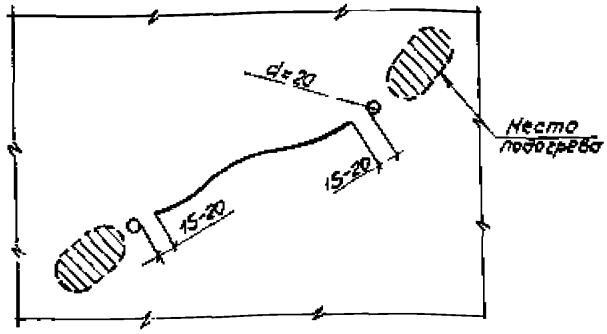

Рис 8. Подготовка к заварке трещины.

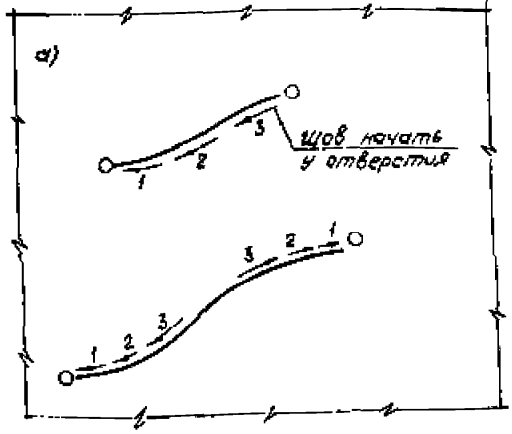

Рис. 9. Заварка трещины обратноступенчатым методом:
а - при длине трещины до 300 мм;
б - для трещин длиной более 300 мм

швов с шагом 20t-30t в направлении от концов к середине, где t - толщина свариваемого металла;

сварка концевых участков соединений;

выполнение основных швов участками небольшой протяженности (50-70 мм) с интервалом, обеспечивающим их охлаждение до 50-100°; парные симметричные относительно плоскости действия сил швы накладываются параллельно попеременной сваркой парных участков.

При присоединении деталей усиления с помощью болтов вначале прикрепляются с помощью одного-двух болтов концы деталей усиления, а затем по направлению от концов к середине устанавливаются остальные болты. При этом сверление каждого следующего отверстия начинается после установки болта в предыдущее. Завершается присоединение окончательным прикреплением концов усиливающего элемента.

5.9. Усиление конструкций из стали спокойных или полуспокойных плавок допускается производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15°С для толщины металла до 30 мм и не ниже 0°С более 30 мм. Для конструкций из стали кипящих плавок минимальная допустимая температура воздуха при усилении не должна быть ниже минус 5°С.

5.10. Усиление сварных соединений увеличением длины или толщины сварных швов может выполняться под нагрузкой, при которых напряжения в имеющихся швах не превышает 1500 кгс/см² (для электродов Э42 и Э42А), при этом прочность сварных соединений после усиления возрастает пропорционально увеличению длины и толщины швов.

6. Указания по применению.

6.1. Приведенные в выпуске серии технические решения требуют привязки к конкретным условиям проектируемого объекта. Привязка заключается в выполнении следующих действий

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

установление необходимости устранения обнаруженных дефектов и повреждений и необходимости усиления конструкций и узлов с учетов фактических условий эксплуатации и фактических свойств материала в соответствии с требованиями пп 20.8, 20 10 20. 11 и 20. 18 СНиП II-23-81*; выбора метода и принципиальной схемы усиления в соответствии с рекомендациями соответствующих выпусков настоящей серии;

подборка сечений элементов усиления и конструирование узлов соединений этих элементов с существующими конструкциями с определением всех необходимых параметров и размеров, не оговоренных в чертежах технических решений настоящей серии.

6.2. При выборе метода усиления конструкций следует иметь в виду что наиболее радикальным методом усиления особенно когда возникает необходимость увеличения несущей способности является изменение конструктивной схемы каркаса или его отдельных элементов с изменением расчетной схемы и регулирование напряжений. Поэтому при выявлении необходимости усиления значительного количества элементов следует отдавать предпочтение этим методам усиления, которые даются во всех выпусках настоящей серии.

7. Научно - техническая литература

Приводимый ниже перечень включает документы и литературные источники которыми необходимо (общесоюзные и ведомственные нормы), рекомендуется (пособия, руководства, рекомендации) или допускается (научно-технические публикации) пользоваться при разработке проектов усиления и привязки технических решений настоящей серии к конкретным условиям.

7.1 Нормативные документы:

1. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции СНиП II-23-81*

2. Строительные нормы и правила защита строительных конструкций от коррозии. СНиП 2.03 11-85

3. Строительные нормы и правила. Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве СНиП III-4-80.

4. Строительные нормы и правила. Правила производства и приемки работ. Металлические конструкции. СНиП III-18-75.

5. Строительные нормы и правила несущие и ограждающие конструкции. СНиП 3.03.01-87.

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

6 Строительные нормы и правила Нагрузки и воздействия СНиП 2.01.07-85

7 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов / Госгортехнадзор СССР. - М, Металлургия, 1983 г /

8 Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений / Госстрой СССР - М, Стройиздат, 1974 /

9 О5 определении понятий нового строительства, расширения, реконструкций и технического перевооружения действующих предприятий / Госплан СССР, Госстрой СССР, Стройбанк СССР ЦСУ СССР

НБ-36-Д, 23-Д, 144, 6-14. - М, 1984 /

7.2. Государственные стандарты.

10 ГОСТ 380-71* Сталь углеродистая общего назначения. Марки и технические требования

11 ГОСТ 1050-74** Сталь углеродистая качественная конструкционная Технические условия

12 ГОСТ 1497-84* Металлы. Методы испытания на растяжение.

13 ГОСТ 1759.1-82* (СТ СЭВ 2651-80) Болты, винты, шпильки, гайки и шурупы. Допуски. Методы контроля размеров и отклонений от формы и расположения поверхностей

14 ГОСТ 2246-70*. Проволока стальная сварочная. Технические условия.

15 ГОСТ 3242-79. Соединения сварочные Методы контроля качества

16 ГОСТ 4543-71* Сталь легированная конструкционная. Технические условия

17 ГОСТ 5639-82* (СТ СЭВ 1959-79). Стали и сплавы Методы выявления и определения величины зерна

18. ГОСТ 5915-70* (СТ СЭВ 3683-82). Гайки шестигранные класса точности В. Конструкции и размеры

19 ГОСТ 6996-66* (СТ СЭВ 3521-82 - СТ СЭВ 3524-82). Сварные соединения Методы определения механических свойств

20 ГОСТ 7122-81 Швы сварные и металл наплавленный Методы отбора проб для определения химического состава

21 ГОСТ 7268-82* (СТ СЭВ 1957-79) Сталь Методы определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб.

22 ГОСТ 7564-73* (СТ СЭВ 2859-81) Сталь Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний.

23 ГОСТ 7565-81* (СТ СЭВ 466-77) Чугун, сталь и сплавы Метод отбора проб для химического состава

24 ГОСТ 7798-70* Болты с шестигранной уменьшенной головкой (нормальной точности) Конструкция и размеры

25 ГОСТ 7798-70* (СТ СЭВ 4728-84). Болты с шестигранной головкой (нормальной точности). Конструкция и размеры

26 ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленые Технические условия

27 ГОСТ 9454-78* (СТ СЭВ 472-77, СТ СЭВ 473-77) Металлы Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах

28 ГОСТ 9467-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей Типы.

29. ГОСТ 10243-75* (СТ СЭВ 2837-81) Сталь Метод испытаний и оценки макроструктуры

30 ГОСТ 10702-78* Сталь качественная конструкционная углеродистая и легированная для холодного выдавливания и высадки Технические условия

31 ГОСТ 15589-70* (СТ СЭВ 4729-84 Болты с шестигранной головкой (грубой точности). Конструкция и размеры

32 ГОСТ 15591-70* Болты с шестигранной уменьшенной головкой (грубой точности) Конструкция и размеры

33 ГОСТ 19281-73* Сталь низколегированная сортовая и фасонная

34 ГОСТ 19282-73* Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная.

35 ГОСТ 22353-77* Болты высокопрочные (нормальной точности). Конструкция и размеры

36. ГОСТ 22354-77* Гайки высокопрочные (нормальной точности). Конструкция и размеры.

37 ГОСТ 22355-77* Шайбы к высокопрочным болтам (нормальной точности) Конструкция и размеры

38 ГОСТ 22356-77* Болты и гайки высокопрочные и шайбы Общие технические требования.

7.3 Пособия, руководства, рекомендации

39 ЦНИИпромзданий Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. - М, Стройиздат 1986 /

40 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендации по обследованию стальных конструкций производственных зданий. -М., 1988 г.

41 Укрниипроектстальконструкция. МИСИ. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций. Киев 1988 г

42 НИИЖБ. Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций. -М, Стройиздат, 1981

43. ЦНИИпроектстальконструкция, ВНИИСТ, ВНИИмонтажспецстрой, ИЭС им. Патона Руководство по методам контроля качества сварных соединений металлических конструкций и трубопроводов, выполняемых в строительстве. -М., 1980.

44 ЦНИИпроектстальконструкция. Руководство и нормативы по технологии постановки высокопрочных болтов в монтажных соединениях металлоконструкций -М, 1982

45 НИИСП Методические рекомендации по реконструкции одноэтажных промышленных зданий (монтаж и демонтаж строительных конструкций) - Киев, 1982

46 НИИСК Руководство по применению стальных канатов и анкерных устройств в конструкциях зданий и сооружений. -М, Стройиздат, 1978

47 ЦНИИпроектстальконструкция Руководство по усилению элементов конструкций с применением сварки. -М. 1979

48 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендация по проектированию бистальных балок -М, 1985

49 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендации по проектированию усиления стальных конструкций реконструируемых предприятий. -М., 1986.

50 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендации по оценке технического состояния эксплуатируемых конструкций зданий и сооружений при их реконструкции. -М, 1986

51 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендации по учету влияния дефектов и повреждений на эксплуатационную пригодность стальных конструкций производственных зданий. -М, 1986

52 ЦНИИпроектстальконструкция Рекомендации по выявлению резервов несущей способности стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при реконструкции -М., 1987

53. НИИСП Госстроя УССР Методические рекомендации по технологии усиления металлических конструкций на реконструируемых объектах - Киев, 1984.

7.4 Научно - техническая литература (монографии и сборники)

54 Бельский М.Р., Лебедев Л.Н. Усиление стальных конструкций - Киев Будівельник, 1981.

55 Бельский М.Р. Усиление сжатых стержней стальных конструкций под эксплуатационной нагрузкой. -М, Стройиздат, 1984

56 Беляев Б.И., Корниенко В.С. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения -М, Стройиздат, 1968

57 Валь В.Н. Основы проектирования и эксплуатации строительных металлических конструкций -М, МИСИ им Куйбышева, 1982

58 Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. -М., Машгиз, 1968

59. Емельянов О.А., Жемчужников Г.В., Котенко Э.В. Ремонт металлоконструкций электросваркой - Донецк, Донбас, 1976

60 Кикин А.И., Васильев А.А., Кошутин Б.Н. и др. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий. -М., Стройиздат, 1984

61 Конаков А.И., Махов А.П. Отказы и усиление металлических конструкций Обзор. -М, ВНИИИС, 1981

62 Лащенко М.Н. Усиление металлических конструкций М. -Л., Госстройиздат, 1954

63 Лурьев Ф.М., Файнберг И.И. Применение вибрационного метода при обследовании металлических конструкций Л., ЛДНТП, 1975

64 Осипов В.О. Долговечность металлических пролетных строений эксплуатируемых железнодорожных мостов -М, Транспорт, 1982

65 Ребров И.С. Работа сжатых элементов стальных конструкций, усиленных под нагрузкой. -Л, Стройиздат, 1976

66 Ребров И.С. Проектирование и расчет усиления стальных балок. -Л ЛДНТП, 1984

67 Сакновский М.М. Жемчужников Г.В., Динельт Ю.В., Зданевич Ю.А. Металлические конструкции (техническая эксплуатация) - Киев, Будівельник, 1976

68 Чесноков А.С., Княжев А.Ф. Сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах -М, Стройиздат 1974

gost.e-ecolog.ru