

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

П.С. ИВАНОВ, А.А. ЮГОВ

**РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ИХ ОБСЛЕДОВАНИИ И УСИЛЕНИИ**

Учебно-методическое пособие

Томск
Издательство ТГАСУ
2016

УДК 624.014.2(075.8)
ББК 38.54я7

Иванов, П.С. Расчет стальных конструкций при их обследовании
И18 и усилении [Текст] : учебно-методическое пособие / П.С. Иванов,
А.А. Югов. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2016. – 67 с.

ISBN 978-5-93057-722-8

В учебно-методическом пособии приводятся основные положения расчета стальных конструкций при наличии дефектов и повреждений, а также при их усилении. Методика изложения материалов пособия помогает понять принципы расчета на прочность и устойчивость, а также приобрести необходимые навыки при решении конкретных задач.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения.

УДК 624.014.2(075.8)
ББК 38.54я7

Рецензенты:

д.т.н., профессор, зав. кафедрой металлических и деревянных конструкций ТГАСУ **Д.Г. Копаница;**

д.ф.-м.н., профессор кафедры математики ТУСУРа **Н.Т. Югов.**

ISBN 978-5-93057-722-8

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2016
© Иванов П.С., Югов А.А.,
2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Расчет стальных конструкций с учетом дефектов и повреждений.....	5
1.1. Определение нагрузок и воздействий.....	5
1.2. Установление расчетных характеристик.....	8
1.3. Проверочные расчеты	10
1.4. Численные примеры.....	15
2. Расчет усиленных стальных конструкций при увеличении сечения.....	20
2.1. Расчет усиленных элементов на прочность по критерию краевой текучести.....	23
2.2. Расчет усиленных элементов по критерию развитых пластических деформаций.....	30
2.3. Расчет усиленных элементов на устойчивость.....	33
2.4. Оценка деформативности усиленных элементов.....	36
2.5. Численные примеры расчета.....	38
Контрольные вопросы для самопроверки.....	58
Список рекомендуемой литературы.....	59
Приложения.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения, выполняющих контрольные работы по дисциплине «Реконструкция зданий, сооружений и застройки (реконструкция и усиление стальных конструкций)». Оно состоит из двух самостоятельных частей.

В первой части в краткой форме изложены рекомендации по определению нагрузок и расчетных сопротивлений эксплуатируемых стальных конструкций, которые подлежат обследованию, а также основы расчета на прочность и устойчивость несущих элементов с учетом влияния дефектов и повреждений.

Во второй части изложены основные положения и расчетные формулы при проверке прочности, устойчивости и деформативности усиленных несущих элементов стальных конструкций при увеличении сечения.

Численные примеры расчета, приведенные в пособии, позволяют студентам глубже понять особенности расчета стальных конструкций при оценке их технического состояния и усилении с помощью увеличения сечения.

В пособии даны необходимые справочные материалы для решения конкретных задач.

1. РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

Наличие дефектов и повреждений (разрывы и трещины в основном металле и сварных швах, вырезы, местные и общие погибы, коррозионный износ и др.) могут существенно снижать несущую способность и эксплуатационную пригодность конструкций.

Проверочный расчет конструкций с учетом влияния дефектов и повреждений выполняется с целью установления:

- возможности дальнейшей эксплуатации конструкций без каких-либо ограничений;
- необходимости немедленного прекращения эксплуатации в аварийной ситуации;
- возможности ограничений эксплуатации конструкций до плановых ремонтно-восстановительных работ;
- необходимости усиления конструкций.

Проверочные расчеты также выполняются при оценке технического состояния зданий и сооружений, подлежащих ремонту или реконструкции.

Проверочные расчеты конструкций (несущих элементов) необходимо выполнять: по фактическим расчетным схемам и фактическим сечениям с учетом влияния обнаруженных дефектов и повреждений; по уточненным значениям расчетных сопротивлений материала и соединений, а также действующих нагрузок и их сочетаний.

1.1. Определение нагрузок и воздействий

Нормативная нагрузка от собственного веса несущих и ограждающих конструкций устанавливается по чертежам с обязательными контрольными замерами сечений,

а при отсутствии этих чертежей – по результатам обмеров. Вес конструкции определяется по формуле

$$G = \varphi_c \cdot G_o, \quad (1.1)$$

где G_o – вес основных элементов; φ_c – строительный коэффициент, принимаемый по табл. 1.1.

Расчетная нагрузка от собственного веса конструкций определяется как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке γ_f , который определяется по указаниям СП 20.13330.2011.

Таблица 1.1

**Строительные коэффициенты для основных элементов
несущих стальных конструкций**

Конструкция	Основные элементы	Коэффициент φ_c для конструкций	
		сварных	клепанных
Фермы: стропильные, подстропильные и подкрановые	Пояса и стержни решетки	1,25...1,35	1,25...1,35
Колонны: сплошные сквозные	Пояса и стенка пояса	1,3 1,7	1,35 1,8
Балки: прокатные составные	Пояса и стенка То же	1,05 1,2	1,25 1,25
Тормозные конструкции: сплошные сквозные	Пояса и тормозной лист пояса и решетка	1,2 1,35	1,25 1,4

Постоянные нагрузки от веса покрытий (перекрытий) принимаются с учетом результатов вскрытия кровли (конструкций) и установления состава слоев.

Постоянные нагрузки от стационарного оборудования определяются паспортным данным или рабочим чертежам, с учетом фактической схемы их размещения и опирания на конструкции, и согласовываются со службой эксплуатации зданий и сооружений.

Нормативные вертикальные нагрузки, передаваемые колесами мостовых и подвесных кранов, определяются по паспортным данным или по результатам взвешивания кранов.

При взвешивании вертикальное расчетное давление мостового крана находится по формуле

$$F = \frac{1}{m_k} \left[\frac{(\gamma'_k \cdot g_t + \gamma_r \cdot G_r)(L - d)}{L} + \frac{\gamma'_k \cdot G_{кр}}{2} \right], \quad (1.2)$$

где m_k – количество колес с одной стороны крана; $g_t, G_{кр}$ – собственный вес тележки и моста крана; L – пролет моста крана; d – минимально возможное расстояние от оси тележки до оси рассматриваемого ряда; G_r – максимальная величина фактически поднимаемого полезного груза на кране крюка; γ'_k – коэффициент надежности по собственному весу тележки и моста крана, принимаемый $\gamma'_k = 1$ при определении веса по результатам взвешивания, и $\gamma'_k = 1,05$ – при определении веса по паспортным данным; γ_r – коэффициент надежности по поднимаемому грузу, принимается по результатам специальных исследований, а при отсутствии таких исследований – по табл. 1.2 [1].

Значение F , определяемое по формуле (1.2), принимается не больше указанного в государственных стандартах на краны.

При определении вертикальных крановых нагрузок допускается учитывать фактическое размещение зон обслуживания кранов, если установлены соответствующие ограничители на передвижение крана и тележек.

Таблица 1.2

Коэффициент надежности по поднимаемому грузу

Грузоподъемность крана, т	Коэффициент γ_r						
	для режима работы (по правилам Госгортехнадзора)			для режимной группы (по ГОСТ 25546–82)			
	Л	С	Т, ВТ	1К, 2К	3К, 4К	5К	6К, 7К
До 5	1,15	1,35	1,5	1,15	1,25	1,35	1,5
Св. 5 до 12,5	1,1	1,25	1,5	1,1	1,2	1,25	1,5
Св. 12,5 до 20	1,1	1,2	1,4	1,1	1,15	1,2	1,4
Св. 20	1,1	1,15	1,3	1,1	1,1	1,15	1,3

Нормативные значения атмосферных нагрузок рекомендуется уточнять с данными Госкомгидромета. Для ветровых нагрузок допускается учитывать фактическую ориентацию зданий и сооружений.

1.2. Установление расчетных характеристик

Значения предела текучести R_{yo} и временного сопротивления стали эксплуатируемых конструкций R_{uo}

определяются по данным заводских сертификатов или по результатам испытаний образцов.

Если приведенные в сертификате или полученные при контрольных испытаниях значения этих величин ниже, чем предусмотренные государственными стандартами или техническими условиями на сталь, действовавшими во время строительства, то R_{yo} и R_{uo} принимаются по минимальным значениям данных сертификата или полученным при испытаниях.

Коэффициент надежности по материалу следует принимать:

- для металлических строительных конструкций, изготовленных до 1932 г., и сталей, у которых полученные при испытаниях значения предела текучести ниже 215 МПа, $\gamma_m = 1,2$;

- для конструкций, изготовленных в период с 1932 по 1982 гг., $\gamma_m = 1,1$ для сталей с пределом текучести ниже 380 МПа и $\gamma_m = 1,15$ для сталей с $\sigma_T(R_y) \geq 380$ МПа;

- для строительных конструкций, изготовленных после 1982 г., – по табл. 3 СП 16.13330.2011.

Для элементов конструкций, имеющих коррозионный износ с потерей более 25 % площади поперечного сечения или остаточную после коррозии толщину 5 мм и менее, расчетные сопротивления снижаются путем умножения на коэффициент γ_d , принимаемый по табл. 1.3.

Расчетные сопротивления сварных соединений конструкций, при отсутствии данных, допускается принимать:

- для угловых швов $R_{min} = R_{un}$; $\gamma_{con} = 1,25$; $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$, считая при этом $\gamma_c = 0,8$;

– для растянутых стыковых швов конструкций, изготовленных до 1972 г., $R_{wy} = 0,55 R_{yo}$, после 1972 г. – $R_{wy} = 0,85 R_{yo}$.

Расчетные сопротивления срезу и растяжению болтов, а также смятию элементов, соединяемых болтами, следует принимать по табл. Г.5 и Г.6. СП 16.13330.2011.

Таблица 1.3

Коэффициент снижения расчетного сопротивления от коррозии

Степень агрессивности среды	Коэффициент γ_d
Слабоагрессивная	0,95
Среднеагрессивная	0,9
Сильноагрессивная	0,85

Если невозможно установить класс прочности болтов, то значения расчетных сопротивлений следует принимать как для болтов класса прочности 4,6 – при расчете на срез и класса прочности 4,8 – при расчете на растяжение.

1.3. Проверочные расчеты

Проверку прочности элементов, имеющих ослабления в виде вырезов, вырывов, подрезов и т. д, следует проводить по площади нетто с учетом эксцентриситетов от смещения центра тяжести ослабленного сечения относительно центра тяжести первоначального сечения в соответствии с указаниями п. 9.1.1 СП 16.13330.2011.

Допускается вместо формулы (105) по СП 16.13330.2011 применять формулу с использованием компенсирующих добавок усилий $N^{\text{осл}}$, $M_x^{\text{осл}}$ и $M_y^{\text{осл}}$: