

Г. И. МАКАРОВ

**НЕФТЕГАЗОВЫЕ СВАРНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ И СООРУЖЕНИЯ**

Расчет и проектирование

*Учебник для студентов высших учебных заведений
нефтегазового профиля*

Москва

Издательство СПУТНИК +

2013

УДК 621.791; 624.042; 624.044; 624.046

ББК 39.76

М 15

Рецензент:

доктор технических наук, профессор кафедры
сооружения и ремонта газонефтепроводов и хранилищ
РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина
С.Г. Иванцова

МАКАРОВ Г.И.

Нефтегазовые сварные конструкции и сооружения. Расчет и проектирование. Учебник для студентов высших учебных заведений нефтегазового профиля. - М.: Издательство «Спутник +», 2013. - 361 с.

ISBN 978-5-9973-2724-8

В учебнике изложены основные положения теории расчета и проектирования сварных конструкций и сооружений нефтегазового комплекса. Подробно рассматриваются вопросы расчета: на прочность, жесткость, выносливость, устойчивость, сопротивляемость разрушению и т.п. Рассматриваются вопросы: концентрации напряжений в сварных соединениях, сварочные напряжения и деформации, трещиностойкость и сопротивляемость распространению протяженных разрушений в трубопроводах. Изложена методология расчета и проектирования основных типов элементов сварных конструкций: балок, стоек, ферм, резервуаров, сосудов давления, трубопроводов, деталей машин. Каждый раздел сопровождается подробными примерами расчета и проектирования элементов сварных конструкций с учетом специфики работы конструкций нефтегазового профиля.

УДК 621.791; 624.042; 624.044; 624.046

ББК 39.76

Отпечатано с готового оригинал-макета.

ISBN 978-5-9973-2724-8

© Г.И.Макаров, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Глава 1. Материалы, применяемые в сварных конструкциях и сооружениях нефтегазового комплекса	9
1.1. Стали и цветные сплавы	9
1.2. Сортамент	21
Контрольные вопросы	40
Глава 2. Основные типы сварных соединений и виды сварных швов	41
2.1. Соединения, выполненные сваркой плавлением	41
2.1.1. Общие понятия и определения	41
2.1.2. Соединения, выполненные дуговой сваркой	43
2.1.3. Соединения при электрошлаковой сварке	55
2.2. Соединения, выполненные контактной сваркой	55
2.3. Соединения, выполненные специальными способами сварки	61
2.3.1. Сварка трением	61
2.3.2. Высокочастотная сварка	63
2.3.3. Электронно-лучевая сварка	64
2.3.4. Лазерная сварка	65
2.4. Соединения при сварке пластмасс	65
2.4.1. Сварка нагревательным элементом	65
2.4.2. Ультразвуковая сварка	67
2.5. Обозначения сварных соединений на чертежах	68
Контрольные вопросы.....	72
Глава 3. Концентрация напряжений в сварных соединениях	73
3.1. Причины возникновения концентрации напряжений	73
3.2. Распределение напряжений в стыковых швах	76
3.3. Распределение напряжений в лобовых швах	77
3.4. Распределение напряжений во фланговых швах и в соединениях с накладками	79
3.5. Распределение напряжений в соединениях, выполненных контактной сваркой.....	83

Контрольные вопросы	86
Глава 4. Основы расчета сварных конструкций и сооружений на прочность при статических и переменных нагрузках с учетом специфики работы объектов нефтегазового профиля	88
4.1. Принципы расчета сварных конструкций и сооружений	88
4.2. Соединения, работающие на изгиб и сложное сопротивление	94
4.3. Сопротивление усталости сварных соединений	112
4.3.1. Прочность основного металла при переменных нагрузках	113
4.3.2. Прочность сварных соединений из стали при переменных нагрузках	123
4.3.3. Методы повышения сопротивления усталости сварных соединений	128
4.3.4. Расчет сварных соединений, работающих при переменных нагрузках	130
Контрольные вопросы	136
Глава 5. Собственные напряжения и деформации при сварке	139
5.1. Понятие о собственных напряжениях и их классификация	139
5.2. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве и остывании ...	143
5.3. Сварочные напряжения и деформации	153
5.4. Определение деформаций конструкций балочного типа	165
5.5. Экспериментальные методы определения сварочных напряжений	178
5.6. Методы снижения остаточных напряжений и деформаций	180
Контрольные вопросы	183
Глава 6. Расчет и проектирование сварных балок	185
6.1. Сведения о балках, схема расчета	185
6.2. Расчет балок на прочность и жесткость	187
6.2.1. Определение расчетных усилий в балках с помощью линий влияния	188
6.2.2. Определение требуемой высоты сечения балки из условия жесткости и условия наименьшего веса	193
6.2.3. Подбор сечения балки	197
6.2.4. Проверка максимальных напряжений в опасных точках сечения ...	199

6.3. Общая устойчивость балок	201
6.4. Местная устойчивость балки и расстановка ребер жесткости	205
6.5. Сварные соединения балок	209
6.5.1. Расчет поясных швов	209
6.5.2. Стыки балок	211
6.6. Опорные части балок	213
6.7. Пример расчета и проектирования сварной балки	214
Контрольные вопросы	223
Глава 7. Расчет и проектирование сварных стоек	225
7.1. Сведения о стойках, типы поперечных сечений	225
7.2. Расчет прочности и устойчивости стоек со сплошными и составными поперечными сечениями	227
7.2.1. Расчет стоек со сплошными поперечными сечениями при центральном сжатии	227
7.2.2. Расчет стоек со сплошными поперечными сечениями при эксцентрическом сжатии	230
7.2.3. Расчет стоек с составными поперечными сечениями	234
7.3. Соединительные элементы стоек	237
7.4. Базы и оголовки стоек	240
7.5. Пример расчета и проектирования сварной стойки	242
Контрольные вопросы	251
Глава 8. Расчет и проектирование сварных ферм	253
8.1. Понятие о фермах	253
8.2. Элементы строительной механики стержневых систем	256
8.2.1. Геометрическая неизменяемость и статическая определимость	256
8.2.2. Определение расчетных усилий в стержнях ферм	258
8.3. Подбор сечений растянутых и сжатых элементов ферм	271
8.4. Узлы ферм	274
8.5. Примеры расчета и проектирования конструкции сварной фермы	277
Контрольные вопросы	307
Глава 9. Расчет и проектирование нефтегазовых сооружений оболочкового типа	309

9.1. Классификация сооружений оболочкового типа	309
9.2. Стальные вертикальные цилиндрические резервуары	310
9.3. Цистерны и сферические резервуары	316
9.4. Трубопроводы	320
Контрольные вопросы	326
Глава 10. Расчет и проектирование сварных деталей машин	327
10.1. Примеры сварных деталей машин	327
10.2. Сварные барабаны лебедок грузоподъемных машин	330
10.3. Сварные корпуса редукторов	333
10.4. Сварные рамы и станины	335
10.5. Зубчатые колеса, шестерни, шкивы	336
Контрольные вопросы	340
Глава 11. Трещиностойкость нефтегазовых сварных конструкций и сооружений	341
11.1. Сопротивление разрушению сварных конструкций и сооружений	341
11.2. Основные положения и критерии механики разрушения	342
11.3. Протяженные разрушения магистральных газопроводов	352
Контрольные вопросы	360
Литература	360