

УДК 624.014:621.791
ББК 30.4
К93

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7112/>

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н. Э. Баумана в качестве учебника*

Куркин, А. С.
К93 Сварные конструкции. Расчет и проектирование: учебник для вузов /
А. С. Куркин, В. Ф. Лукьянов. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Бау-
мана, 2021. — 264 с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5526-3

Рассмотрены основы проектирования различных элементов сварных конструк-
ций с учетом условий прочности и устойчивости; материалы, применяемые в свар-
ных конструкциях; напряжения, деформации и перемещения, возникающие при
сварке; причины хрупкого разрушения; методы повышения несущей способности.
Представлен расчет прочности сварных соединений при статических и циклических
нагрузках. Приведены контрольные вопросы для самопроверки и примеры реше-
ния задач.

Для направления подготовки специалистов 15.05.01 «Проектирование техноло-
гических машин и комплексов» (специализации: «Проектирование технологиче-
ских комплексов в сварочном производстве», «Диагностика и продление ресурса
сварных конструкций», «Контроль и управление качеством в сварочном производ-
стве»).

УДК 624.014:621.791
ББК 30.4

Учебное издание

Куркин Алексей Сергеевич, **Лукьянов** Виталий Федорович

Сварные конструкции. Расчет и проектирование

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 05.05.2021. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 21,45. Тираж 150 экз. Изд. № 713-2019. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 105005, Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
press@baumanpress.ru <https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1. baumanprint@gmail.com

ISBN 978-5-7038-5526-3

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Часть 1. Сварные соединения	7
1. История развития сварки	7
Контрольные вопросы	11
2. Материалы, применяемые для сварных конструкций	11
2.1. Общие характеристики конструкционных материалов	11
2.2. Металлические материалы для сварных конструкций	15
2.3. Неметаллические материалы для сварных конструкций	21
2.4. Виды исходных заготовок	24
Контрольные вопросы	29
3. Типы сварных соединений	30
3.1. Соединения, выполняемые сваркой плавлением	30
3.2. Соединения, выполняемые сваркой давлением	37
3.3. Условные обозначения сварных соединений на чертежах	40
Контрольные вопросы	41
4. Прочность при статических нагрузках	42
4.1. Основы проектирования сварных соединений	42
4.2. Рабочее и предельное состояния конструкции	44
4.3. Виды расчетов на прочность при проектировании сварных соединений	47
4.4. Расчет стыковых соединений	49
4.5. Расчет соединений с угловыми швами	52
4.6. Расчет соединений, выполняемых контактной сваркой и дуговой сваркой с проплавлением одной из пластин	69
4.7. Примеры расчетов	70
Контрольные вопросы	76
5. Влияние условий эксплуатации на прочность сварной конструкции	76
5.1. Основные факторы, влияющие на прочность	76
5.2. Концентрация напряжений в сварных соединениях	77
5.3. Прочность при низких температурах	81
5.4. Прочность при высоких температурах	84
5.5. Прочность в коррозионной среде	85
Контрольные вопросы	86
6. Прочность и долговечность сварных конструкций при переменных нагрузках	87

6.1. Основные понятия и обозначения	87
6.2. Влияние различных факторов на усталость	89
6.3. Методы расчета на прочность и долговечность	103
6.4. Рекомендации по обеспечению сопротивления усталости	113
Контрольные вопросы	116
Часть 2. Сварные конструкции	118
7. Сварочные деформации и напряжения	118
7.1. Основные понятия и термины	118
7.2. Временные и остаточные деформации и напряжения при нагреве края пластины движущимся источником теплоты ...	121
7.3. Схема образования остаточных деформаций при сварке пластин	122
7.4. Продольная усадка при сварке пластин	124
7.5. Экспериментальные методы определения остаточных напряжений, деформаций и перемещений	138
7.6. Влияние неоднородности свойств материала и фазовых превращений на распределение остаточных напряжений	139
7.7. Компьютерные методы расчета сварочных деформаций и напряжений	142
7.8. Поперечная усадка при сварке пластин	146
7.9. Взаимное влияние продольной и поперечной усадки	157
7.10. Пример расчета перемещений в балке от продольной и поперечной усадки	158
7.11. Напряжения в круговых швах	160
7.12. Перемещения из плоскости пластины	163
7.13. Деформации и напряжения в цилиндрических оболочках	170
7.14. Определение перемещений в сложных сварных узлах	177
7.15. Закручивание сварных конструкций	179
7.16. Временные деформации, напряжения и перемещения при сварке	180
7.17. Влияние сварочных деформаций, напряжений и перемещений на технологию производства и качество сварных конструкций	182
7.18. Методы уменьшения сварочных деформаций, напряжений и перемещений	186
Контрольные вопросы	188
8. Расчет и проектирование сварных конструкций	189
8.1. Виды сварных конструкций	189
8.2. Общие принципы рационального проектирования конструкций	192
Контрольные вопросы	197
9. Проектирование сварных стоек	197
9.1. Элементы стойки	197
9.2. Формула Эйлера	197
9.3. Расчет центрально-сжатой стойки со сплошным сечением	200

9.4. Расчет внецентренно-сжатой стойки со сплошным сечением ...	203
9.5. Расчет стойки с составным сечением. Равноустойчивость	205
9.6. Расчет соединительных элементов	206
9.7. Анализ эффективности работы сечения стойки	207
Контрольные вопросы	209
10. Проектирование сварных балок	210
10.1. Расчет балки из условий прочности и жесткости	210
10.2. Использование линий влияния усилий для определения наиболее опасных условий нагружения балки	216
10.3. Балки переменного сечения	220
10.4. Устойчивость балки	221
10.5. Работа балки на кручение	226
Контрольные вопросы	227
11. Проектирование решетчатых конструкций (ферм)	228
11.1. Стержневые элементы шарнирной фермы	228
11.2. Усилия в стержнях простейшей шарнирной фермы	230
11.3. Статически неопределимые фермы	233
11.4. Пространственные фермы	233
11.5. Расчет перемещений в фермах	234
11.6. Линии влияния усилий в стержнях ферм	235
11.7. Выбор размеров сечений стержней фермы	240
11.8. Конструкции узлов ферм	243
11.9. Расчет узлов ферм на прочность	244
11.10. Пример проектного расчета фермы	247
Контрольные вопросы	249
12. Сварные сосуды, работающие под давлением	251
12.1. Напряженное состояние осесимметричной оболочки	251
12.2. Расчет на прочность сосудов, работающих под давлением	255
12.3. Штуцерные и тройниковые соединения	259
Контрольные вопросы	260
Литература	261