

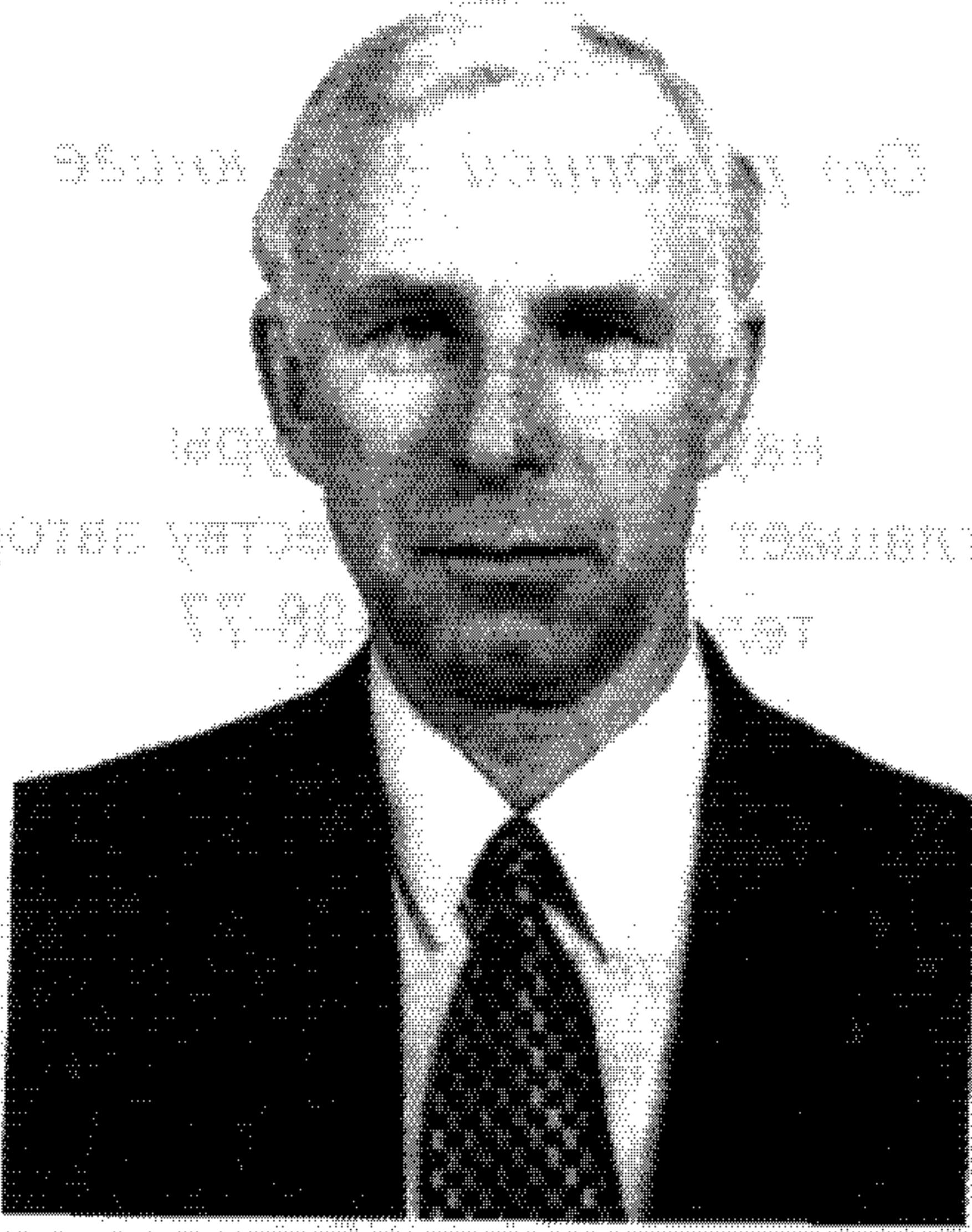
# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДСЛОВИЕ .....	4
ПРЕДСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ .....	4
ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	8
ЧАСТЬ I. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ .....	9
Глава 1. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам для технологической аппаратуры .....	9
Глава 2. Стали .....	12
2.1. Листовая сталь .....	13
2.2. Международное сопоставление стандартных марок сталей .....	56
Глава 3. Чугуны .....	66
Глава 4. Сортамент .....	69
4.1. Трубы стальные .....	81
4.2. Поковки стальные .....	119
4.3. Отливки стальные .....	125
4.4. Крепежные детали .....	128
Глава 5. Материалы для аппаратов и трубопроводов высокого давления .....	133
Глава 6. Цветные металлы и сплавы .....	150
6.1. Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21488—97) .....	159
6.2. Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 13726—97) .....	162
6.3. Уголки, прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов равноплечие (ГОСТ 13737—90) .....	167
6.4. Швеллер равнотолщинный из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 13623—90) .....	168
6.5. Двутавр прессованный из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 13621—90) .....	169
6.6. Зет нормальный П500 из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 13620—90) .....	170
6.7. Медь .....	171
6.8. Сортамент медных круглых прутков (ГОСТ 1535—91) .....	171
6.9. Медно-цинковые сплавы (латуни), обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527—70) .....	171
6.10. Латунные прутки (ГОСТ 2060—90) .....	172
6.11. Листы и полосы латунные (ГОСТ 931—90) .....	173
6.12. Ленты латунные общего назначения (ГОСТ 2208—75) .....	173
6.13. Латунная проволока ГОСТ 1066—90) .....	175
6.14. Рекомендуемый сортамент медных и латунных тонкостенных трубок (ГОСТ 11383—75) .....	177
6.15. Прутки, катанные из титановых сплавов (ГОСТ 26492—85) .....	183
6.16. Листы из титана и титановых сплавов (ГОСТ 22178—76) .....	184
6.17. Плиты из титановых сплавов (ГОСТ 23755—79Е) .....	186
6.18. Прутки, листы, полосы из никеля и его сплавов .....	187
Глава 7. Неметаллические материалы .....	197
7.1. Неметаллические материалы, преимущественно применяемые в технологическом аппаратуростроении .....	197
7.2. Механические и физические свойства неметаллических материалов .....	208
7.3. Сортамент полуфабрикатов и изделий из неметаллических материалов .....	213
ЧАСТЬ II. СВАРКА, ПАЙКА И СКЛЕИВАНИЕ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	223
Глава 8. Неразъемные соединения .....	223
8.1. Сварные соединения .....	223
8.1.1. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений ручной дуговой сваркой (ГОСТ 5264—80) .....	230
8.1.2. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений сваркой под флюсом (ГОСТ 8713—79) .....	243
8.1.3. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений в среде защитных газов (ГОСТ 14771—76) .....	253
8.1.4. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений электрошлаковой сваркой (ГОСТ 15164—78) .....	262
8.1.5. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых соединений из двухслойной коррозионностойкой стали (ГОСТ 16098—80) .....	271
8.1.6. Конструктивные элементы подготовленных кромок сварных соединений стальных трубопроводов (по ГОСТ 16037—80) .....	283
8.1.7. Материалы и режимы сварки .....	296
8.1.8. Сварка двухслойных сталей .....	308
8.1.9. Сварка разнородных сталей .....	312
8.1.10. Сварка алюминия и его сплавов .....	315
8.1.11. Сварка меди и медных сплавов .....	319
8.1.12. Газовая сварка латуни .....	322
	347

8.1.13. Сварка никеля .....	323
8.1.14. Сварка титановых сплавов .....	334
8.1.15. Сварные соединения из алюминия и алюминиевых сплавов .....	337
8.1.16. Сварные соединения из винипласта и полиэтилена .....	353
8.1.17. Расчет прочности сварных соединений .....	358
<b>8.2. Паяные соединения .....</b>	<b>360</b>
8.2.1. Оловянно-свинцовые припои .....	360
8.2.2. Серебряные припои .....	362
8.2.3. Медно-цинковые припои .....	363
8.2.4. Основные типы и параметры паяных соединений .....	364
8.2.5. Пределы прочности на срез паяных соединений .....	366
8.2.6. Допускаемые напряжения в паяных соединениях .....	367
<b>8.3. Клеевые соединения .....</b>	<b>367</b>
8.3.1. Конструктивные элементы склеиваемых деталей .....	368
<b>Глава 9. Покрытия .....</b>	<b>370</b>
9.1. Клей и другие вспомогательные материалы .....	378
9.2. Кислотоупорные замазки, цементы и герметики .....	381
<b>Глава 10. Материалы для прокладок и набивок .....</b>	<b>382</b>
<b>Глава 11. Сетки и ткани фильтровальные .....</b>	<b>389</b>
11.1 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками нормальной точности (ГОСТ 6613—86) .....	389
11.2. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками контрольные и высокой точности (ГОСТ 6613—86) .....	389
11.3. Ткани фильтровальные .....	390
<b>ЧАСТЬ III. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>394</b>
<b>Глава 12. Общие сведения .....</b>	<b>394</b>
12.1. Назначение и характеристика технологических аппаратов .....	394
12.2. Основные расчетные параметры и другие данные .....	395
12.3. Расчет на механическую прочность .....	396
12.4. Требования, предъявляемые к сварным технологическим аппаратам .....	411
12.4.1. Общие требования .....	411
12.4.2. Требования к конструированию .....	411
12.4.3. Требования к изготовлению .....	412
12.4.4. Требования к испытаниям .....	413
12.4.5. Требования к эксплуатации .....	413
12.4.6. Общие указания и рекомендации .....	413
12.4.7. Техническое задание .....	414
12.4.8. Паспорт аппарата .....	414
12.5. Технология изготовления стальных сварных технологических аппаратов .....	414
12.5.1. Хранение и подготовка конструкционных материалов .....	414
12.5.2. Вальцовка, штамповка, отбортовка и гнутье деталей .....	415
12.5.3. Сварка .....	415
12.5.4. Сборка .....	418
12.5.5. Термообработка .....	418
12.5.6. Консервация, окраска, упаковка, транспортировка и хранение .....	419
12.6. Испытание аппаратов .....	421
12.6.1. Контроль качества конструкционного материала и сварных соединений .....	421
12.6.2. Испытания аппаратов на прочность и герметичность .....	425
<b>Глава 13. Обечайки цилиндрические .....</b>	<b>427</b>
13.1. Конструкции .....	427
13.2. Расчет цилиндрических обечаек .....	428
13.2.1. Расчет обечаек, нагруженных внутренним избыточным давлением .....	429
13.2.2. Расчет обечаек, нагруженных наружным давлением .....	429
13.2.3. Расчет обечаек, нагруженных осевой растягивающей силой $P$ и внутренним избыточным давлением $p$ .....	429
13.2.4. Расчет обечаек, нагруженных внешней осевой сжимающей силой .....	430
13.2.5. Расчет обечаек, нагруженных внешним изгибающим моментом .....	431
13.2.6. Расчет обечаек, нагруженных внешней поперечной силой .....	431
13.2.7. Расчет обечаек, работающих под совместным действием наружного давления, внешней осевой сжимающей силы и внешнего изгибающего момента .....	431
13.2.8. Расчет обечаек с кольцами жесткости, нагруженных внутренним избыточным давлением .....	432
13.2.9. Расчет обечаек с кольцами жесткости, нагруженных наружным давлением .....	433
13.2.10. Расчет обечаек с кольцами жесткости, нагруженными совместно действующими нагрузками $p$ , $P$ , $Q$ и $M$ .....	434
Примеры .....	435

<b>Глава 14. Днища и крышки приварные .....</b>	<b>446</b>
14.1. Конструкции .....	446
14.2. Расчет днищ и крышек .....	446
14.2.1. Расчет днищ, нагруженных внутренним избыточным давлением .....	446
14.2.2. Расчет днищ, нагруженных наружным давлением .....	446
14.2.3. Расчетные схемы и расчетные параметры .....	446
14.2.4. Условия применения формул расчета .....	447
14.2.5. Расчет гладких конических обечасек, нагруженных внутренним избыточным давлением .....	448
14.2.6. Расчет гладких конических обечасек, нагруженных наружным давлением .....	448
14.2.7. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой без торOIDального перехода нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением .....	449
14.2.8. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой торOIDальным переходом, нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением .....	450
14.2.9. Расчет пологого конического днища с торOIDальным переходом, нагруженного внутренним избыточным давлением .....	450
14.2.10. Расчет конической и цилиндрической обечасек, соединенных между собой укрепляющим кольцом, нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением .....	450
14.2.11. Расчет пологого конического днища и цилиндрической обечайки, соединенных между собой укрепляющим кольцом, нагруженного внутренним избыточным давлением .....	451
14.2.12. Расчет соединения штуцера или цилиндрической обечайки с конической обечайкой по меньшему диаметру, нагруженного внутренним избыточным или наружным давлением .....	452
14.2.13. Расчет гладких конических обечасек, нагруженных осевой растягивающей силой .....	452
14.2.14. Расчет гладких конических обечасек, нагруженных осевой сжимающей силой .....	453
14.2.15. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой без торOIDального перехода, нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой .....	453
14.2.16. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой торOIDальным переходом, нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой .....	453
14.2.17. Расчет конической и цилиндрической обечасек, соединенных между собой укрепляющим кольцом, нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой .....	454
14.2.18. Расчет соединения штуцера или цилиндрической обечайки с конической обечайкой по меньшему диаметру, нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой .....	454
14.2.19. Расчет гладких конических обечасек, нагруженных внешним изгибающим моментом .....	454
14.2.20. Расчет соединения конических и цилиндрических обечасек, нагруженных внешним изгибающим моментом .....	455
14.2.21. Расчет конических обечасек от сочетания нагрузок .....	455
14.2.22. Расчет гладких конических обечасек при совместном действии нагрузок .....	455
14.2.23. Расчет переходной части конических обечасек при совместном действии нагрузок .....	455
14.2.24. Расчет крышек и днищ, нагруженных внутренним избыточным давлением .....	455
14.2.25. Расчет крышек и днищ, нагруженных наружным давлением .....	456
14.2.26. Условия применения формул расчета .....	457
14.2.27. Расчет плоских круглых днищ и крышек, нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением .....	457
14.3. Узлы сопряжения оболочек .....	458
Примеры .....	458
<b>Глава 15. Крышки отъемные, люки .....</b>	<b>494</b>
15.1. Конструкции .....	494
15.2. Расчет крышек .....	497
Примеры .....	499
<b>Глава 16. Рубашки .....</b>	<b>508</b>
16.1. Конструкции .....	508
16.2. Расчет корпусов аппаратов с неразъемными рубашками .....	508
<b>Глава 17. Штуцера .....</b>	<b>517</b>
<b>Глава 18. Укрепление отверстий в стенках аппарата .....</b>	<b>526</b>
18.1. Конструкции .....	526
18.2. Расчет укрепления отверстий .....	527
18.2.1. Область применения и основные формулы .....	527
18.2.2. Одиночные отверстия .....	529
18.2.3. Учет взаимного влияния отверстий .....	533
Примеры .....	536
<b>Глава 19. Фланцевые соединения .....</b>	<b>541</b>
19.1. Конструкции .....	541
19.2. Прокладки для герметизации фланцевых соединений .....	549
19.3. Фланцевые бобышки .....	574
19.4. Расчет фланцевых соединений .....	579

Пример .....	589
<b>Глава 20. Опоры аппаратов .....</b>	<b>594</b>
20.1. Конструкции .....	594
20.2. Расчет опор для вертикальных аппаратов .....	608
20.3. Расчет горизонтальных аппаратов, установленных на седловых опорах .....	610
20.4. Расчет опор колонных аппаратов на ветровую нагрузку и сейсмические воздействия .....	617
Общие расчетные нагрузки и расчетная температура .....	622
Проверочные расчеты .....	623
<b>Глава 21. Устройства для стронки аппаратов .....</b>	<b>627</b>
21.1. Конструкции .....	627
21.2. Расчет корпуса аппарата на нагрузки, действующие на строповое устройство .....	627
<b>Глава 22. Тарелки .....</b>	<b>637</b>
22.1. Тарелки с одной зоной контакта фаз .....	637
22.2. Тарелка с двумя зонами контакта фаз .....	662
<b>Глава 23. Трубные решетки .....</b>	<b>674</b>
23.1. Конструкции .....	674
23.2. Расчет на прочность элементов кожухотрубчатых теплообменных аппаратов .....	678
<b>Глава 24. Вращающиеся элементы технологического оборудования .....</b>	<b>688</b>
24.1. Валы .....	688
24.1.1. Критическая угловая скорость и условие виброустойчивости ротора, имеющего вал постоянного поперечного сечения .....	690
24.1.2. Расчет валов переменного сечения .....	697
Примеры .....	706
24.2. Диски .....	718
Примеры .....	733
24.3. Быстро врачающиеся обечайки .....	738
Примеры .....	744
24.4. Тихоходные барабаны .....	749
Примеры .....	755
24.5. Механические перемешивающие устройства .....	761
24.5.1. Мешалки .....	761
24.5.2. Валы и опоры валов перемешивающих устройств .....	771
24.5.3. Стойки вертикальных приводов аппаратов с перемешивающими устройствами .....	773
<b>Глава 25. Уплотнение валов аппаратов .....</b>	<b>777</b>
25.1. Типовые торцовые уплотнения (ГОСТ 26-01-1243—75) .....	780
25.1.1. Торцовые уплотнения типа ТР .....	783
25.1.2. Торцовое уплотнение типа ТСК .....	784
25.1.3. Торцовое уплотнение типа ТДМ-6 .....	785
25.1.4. Торцовое уплотнение типа ТДМ-16 .....	786
25.1.5. Торцовое уплотнение типа ТДМ-32 .....	787
25.1.6. Торцовое уплотнение типа ТД-6 .....	788
25.1.7. Торцовое уплотнение типа ТД-25 (ТД-32) .....	789
25.1.8. Торцовое уплотнение типа ТДП-25 (ТДП-32) .....	790
25.1.9. Торцовое уплотнение типа ТСФ .....	792
25.1.10. Торцовое уплотнение типа ТДФ .....	793
25.1.11. Торцовое уплотнение типа ТДПФ .....	794
25.1.12. Торцовое уплотнение типа ТДПФ-01 .....	795
25.1.13. Торцовое уплотнение типа ТДПН 110-6К .....	796
25.2. Сальниковые уплотнения .....	796
<b>Глава 26. Аппараты высокого давления .....</b>	<b>800</b>
26.1. Общие сведения .....	800
26.2. Конструкции основных элементов АВД .....	805
26.2.2. Днища .....	805
26.2.3. Фланцы и горловины .....	806
26.2.4. Крышки .....	808
26.2.5. Трубные решетки .....	809
26.2.6. Штуцера .....	810
26.3. Расчет элементов АВД на прочность (ГОСТ 25215—82, ГОСТ 26-1046-87) .....	811
26.4. Примеры .....	814
<b>Глава 27. Нормы и методы расчета на прочность при малоциклических нагрузках (ГОСТ 25859—83) .....</b>	<b>817</b>
27.1. Условия применения .....	817
27.2. Упрощенный расчет на малоциклическую усталость .....	821
27.3. Уточненный расчет на малоциклическую усталость .....	822
<b>Приложения .....</b>	<b>825</b>
Приложение № 1 .....	825
Приложение № 2 .....	837
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ .....</b>	<b>846</b>



ОБРАЗОВАНИЕ И КУЛЬТУРА  
ПОДПИСЬ КНИГИ АЛЕКСАНДРА СЕМЕНОВИЧА ТИМОНИНА

АЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ ТИМОНИН  
**Александр Семенович Тимонин**

Заслуженный изобретатель РФ, действующий член академии теоретических проблем, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированное конструирование машин и аппаратов» Московского государственного университета инженерной экологии. Известен своими трудами в области конструирования и расчёта аппаратов химических производств, природоохранного оборудования, тепло- и массопереноса в системах с твёрдой фазой. Имеет более 150 научных публикаций, в том числе автор восьми монографий.

*От рукописи — к книге*

Издательство  
научной литературы  
приглашает к сотрудничеству авторов  
тел. (084-2)57-88-77

*Уважаемые господа!*

По вопросу приобретения справочника в 3-х томах  
А.С.Тимонина «Основы конструирования и расчета химико-технологического  
и природоохранного оборудования»  
обращайтесь по одному из адресов:

- 107884, Москва, ГСП, ул. Старая Басманная, д.21/4,  
МГУИЭ, каф. АКМ и А, к проф. А.С. Тимонину
- тел. (095) 267-19-91
- факс 261-96-12 (МГУИЭ для А.С. Тимонина)
- электронная почта: timonin@msuie.ru
- издательство (084-2) 57-88-77.

Тимонин Александр Семенович

ОСНОВЫ  
КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
И ПРИРОДООХРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Издание 2-е, переработанное и дополненное

*Справочник*  
*Том I*

Лицензия ИД 06130 от 26.10.01  
выдана Министерством РФ по делам печати,  
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Подписано в печать 12.12.00. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$ .  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Объем 106,5 п. л. Тираж 1000 экз. Заказ 2871.

Издательство Н. Бочкаревой, 248023, г. Калуга, пл. Победы, 2-28.  
тел.: (084-2)57-88-77, (084-2)547-107, 547-347.

Отпечатано в ОАО «Калужская типография стандартов».  
248021, Калуга, ул. Московская, 256. Тел. (0842) 55-10-  
12. ПЛР № 040138