

**Г. Хедер**

# **Конструирование и расчёты**

**Том 1**

**Москва**  
**«Книга по Требованию»**

УДК 621  
ББК 34.4  
Г11

Г11 **Г. Хедер**  
Конструирование и расчёты: Том 1 / Г. Хедер – М.: Книга по Требованию, 2024. – 624 с.

**ISBN 978-5-458-40096-1**

Конструирование и расчеты. Автор: Герман Хедер. Том №1. Перевод с последнего немецкого издания под общей редакцией И.М. Холмогорова. Государственное научно-техническое издательство Москва 1931 Ленинград. Пособие для определения практических расчетов во всех областях машиностроения для инженеров, техников, конструкторов, чертежников и студентов. Герман Хедер является автором ряда книг по различным отраслям техники, главным образом по двигателям - паровым и внутреннего горения. Составленный им справочник выдержал в Германии большое число изданий и переведен на несколько европейских языков. Он предназначен для конструкторов по машиностроению и благодаря крайней простоте изложения доступен для практиков, мало знакомых с высшей математикой. Отличительной особенностью является большое число практических формул.

**ISBN 978-5-458-40096-1**

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



ческая часть излагается в ней кратко с практическим уклоном и снабжена большим количеством примеров и числовых расчетов из области машиностроения. Все расчеты и примеры взяты из практики и предназначены главным образом для практиков. В этом и заключается ценность труда Хедера, выгодно отмечая ее от других подобных справочников.

Настоящее издание пополнено как в теоретической, так и в расчетной части применительно к нашим условиям и нормам.

К сожалению, в него не включены „единые нормы строительного проектирования“, вышедшие уже тогда, когда книга была не только набрана, но и матрицирована.

Конечно, возможны и другие недочеты, неизбежно связанные с первым изданием. Издательство обращается ко всем читателям с убедительной просьбой о замеченных недочетах сообщить по адресу: Ленинград, Просп. 25 Октября, 28, ЛОНТИ, сектор машиностроения.

---



## ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР
<b>I. Математика.</b>	
Основные данные для производства технических расчетов . . . . .	13
§ 1. Простые задачи, решаемые непосредственно по данным математических таблиц . . . . .	14
§ 2. Задачи, не решаемые непосредственно по данным математических таблиц . . . . .	15
§ 3. Длина окружности круга . . . . .	18
§ 4. Площадь круга . . . . .	19
§ 5. Диаметр круга по его площади . . . . .	—
§ 6. Арифметика . . . . .	20
§ 7. Техника производства расчетов . . . . .	24
§ 8. Сокращенные обозначения . . . . .	28
Задачи к §§ 1 — 6 . . . . .	30
§ 9. Тригонометрия . . . . .	38
Задачи к § 9 . . . . .	43
§ 10. Логарифмы . . . . .	45
Задачи к § 10 . . . . .	51
§ 11. Счетная линейка . . . . .	52
§ 12. Употребительные в машиностроении кривые линии . . . . .	83
<b>II. Механика.</b>	
Обозначения и единицы измерения . . . . .	87
§ 13. Состояние равновесия . . . . .	88
§ 14. Прямолинейное движение . . . . .	89
§ 15. Движение брошенного тела . . . . .	93
§ 16. Маятник . . . . .	95
§ 17. Вращательное движение . . . . .	—
§ 18. Шатунный механизм . . . . .	97
Задачи к §§ 13 — 18 . . . . .	98
§ 19. Движение масс . . . . .	106

	стр.
§ 20. Прямолинейное движение масс . . . . .	108
§ 21. Равномерное вращательное движение . . . . .	109
§ 22. Равномерно ускоренное и равномерно-замедленное вращение . . . . .	111
§ 23. Передача движения . . . . .	114
§ 24. Касательная сила . . . . .	117
§ 25. Центробежная сила . . . . .	—
§ 26. Центростремительная сила . . . . .	118
§ 27. Поступательно-возвратное движение масс, соединенных с кривошипом . . . . .	—
Задачи к §§ 19 — 27 . . . . .	120
§ 28. Механическая работа. Мощность . . . . .	130
Задачи к § 28 . . . . .	134
§ 29. Теория ударов твердых тел . . . . .	137
§ 30. Случаи удара твердых тел, встречающиеся на практике . . . . .	140
§ 31. Косой удар упругих тел . . . . .	147
§ 32. Скорость струи . . . . .	148
§ 33. Работоспособность и скоростной напор . . . . .	—
§ 34. Величина удара жидких и газообразных тел . . . . .	149
Задачи к §§ 29 — 34 . . . . .	154
§ 35. Трение . . . . .	166
§ 36. Трение скольжения . . . . .	167
§ 37. Трение в подпятниках . . . . .	168
§ 38. Трение на цапфах . . . . .	172
§ 39. Коэффициент трения скольжения . . . . .	174
§ 40. Трение качения . . . . .	175
§ 41. Повозка на горизонтальной плоскости . . . . .	176
§ 42. Торможение поезда . . . . .	178
§ 43. Повозка на наклонной плоскости . . . . .	—
§ 44. Наклонная плоскость . . . . .	—
Задачи к §§ 35 — 44 . . . . .	182

### III. Сопротивление материалов.

§ 45. Машиностроительные материалы . . . . .	195
§ 46. Общие сведения о сопротивлении материалов . . . . .	201
§ 47. Виды деформаций . . . . .	202
§ 48. Основные понятия учения о сопротивлении материалов . . . . .	204
§ 49. Численные величины сопротивления материалов . . . . .	210

	стр.
§ 50. Моменты инерции и моменты сопротивления . . . . .	217
§ 51. Основные уравнения для определения прочных размеров . . . . .	221
§ 52. Определение прочных размеров деталей . . . . .	223
§ 53. Растижение . . . . .	224
§ 54. Сжатие . . . . .	226
§ 55. Продольный изгиб . . . . .	227
§ 56. Кручение . . . . .	229
§ 57. Сдвиг или срез . . . . .	238
§ 58. Изгиб . . . . .	239
§ 59. Реакции опор, моменты, стрелы прогиба . . . . .	245
§ 60. Тела равного сопротивления изгибу . . . . .	249
§ 61. Особые случаи изгиба . . . . .	253
<b>Сложные сопротивления</b>	
§ 62. Растижение и изгиб . . . . .	254
§ 63. Сжатие и изгиб . . . . .	255
§ 64. Эксцентрическое растяжение или сжатие и изгиб длинных стержней . . . . .	256
§ 65. Растижение, сжатие и изгиб совместно с кручением и сдвигом . . . . .	258
§ 66. Изгиб и кручение . . . . .	260
§ 67. Другие виды сложных сопротивлений . . . . .	263
§ 68. Расчет кривых брусьев . . . . .	264
Задачи к §§ 45 — 68 . . . . .	268
<b>Пружины</b>	
§ 69. Пружины, работающие на изгиб . . . . .	297
§ 70. Пружины, работающие на кручение . . . . .	300
Задачи к §§ 69 и 70 . . . . .	305
<b>Расчет плит</b>	
§ 71. Круглые плиты . . . . .	310
§ 72. Прямоугольные и эллиптические плиты . . . . .	311
<b>Расчет сосудов, подверженных давлению</b>	
§ 73. Сосуды с внутренним давлением . . . . .	313
§ 74. Сосуды с внешним давлением . . . . .	315
§ 75. Толстостенные трубы и сосуды . . . . .	—
Задачи к §§ 73 — 75 . . . . .	316
<b>Сосуды, резервуары, крышки и цилиндры</b>	
§ 76. Прямоугольные резервуары с внутр. давлением . . . . .	318
§ 77. Круглые резервуары . . . . .	322
§ 78. Крышки сосудов и резервуаров . . . . .	327
§ 79. Болты для крышек . . . . .	330

	стр.
<b>Цилиндры</b>	
§ 80. Паровые цилиндры . . . . .	331
§ 81. Цилиндры насосов . . . . .	332
§ 82. Цилиндры прессов . . . . .	335
Задачи к §§ 76 — 82 . . . . .	336

#### IV. Графическая статика.

§ 83. Основные понятия . . . . .	345
§ 84. Равновесие сил . . . . .	353
§ 85. Параллельные силы . . . . .	355
§ 86. Применение графической статики к расчету коренных валов . . . . .	362
§ 87. Графический расчет вала с кривошипом . . . . .	365
§ 88. Графический расчет одноколенчатого вала . . . . .	369
§ 89. Графический расчет двухколенчатого вала . . . . .	373
§ 90. Ось зубчатой передачи . . . . .	379
§ 91. Графическое определение упругой линии . . . . .	381
§ 92. Графическое определение центра тяжести плоских фигур . . . . .	391
§ 93. Графическое определение статических моментов площадей . . . . .	392
§ 94. Графическое определение моментов инерции . . . . .	—
<b>Плоские фермы</b>	
§ 95. Основные понятия . . . . .	394
§ 96. Неизменяемость системы . . . . .	396
§ 97. Условие статической определимости неизменяемой фермы . . . . .	397
§ 98. Графический способ . . . . .	398
§ 99. Способ Риттера . . . . .	409

#### V. Строительное дело.

§ 100. Консоли и шпренгельные системы . . . . .	413
<b>Стропильные фермы</b>	
§ 101. Общие сведения . . . . .	414
§ 102. Расчет стропильных ферм . . . . .	418
§ 103. Стены, окна и двери . . . . .	422
§ 104. Балки и своды . . . . .	424
§ 105. Подпорные стены . . . . .	429
§ 106. Колонны . . . . .	433
§ 107. Консольные балки и кронштейны . . . . .	437
Задачи к §§ 106 и 107 . . . . .	442

## VI. Гидравлика.

	стр
§ 108. Общие понятия. Гидравлический пресс. Аккумулятор . . . . .	450
§ 109. Давление жидкости на стенки открытого сосуда . . . . .	452
§ 110. Основные уравнения для бокового давления и точки его приложения . . . . .	456
§ 111. Подъемная сила жидкости. Поплавок. Удельный вес . . . . .	457
§ 112. Сообщающиеся сосуды . . . . .	462
§ 113. Сифон . . . . .	463
§ 114. Гидравлический таран . . . . .	464
§ 115. Коэффициент расхода $\mu$ . . . . .	465
§ 116. Истечение жидкости через боковые отверстия . . . . .	466
§ 117. Расход воды и диаметр трубы . . . . .	469
§ 118. Сопротивления в трубопроводах и клапанах . . . . .	—
§ 119. Ускорение и замедление водяных масс . . . . .	473
§ 120. Всасывающее действие насосов . . . . .	474
§ 121. Удар воды в напорных трубопроводах . . . . .	476
<b>Р е а к ц и я в ы т е к а ю щ ей в о ды</b>	
§ 122. Общие данные . . . . .	477
§ 123. Укрепление выходных участков трубопроводов . . . . .	479
§ 124. Измерение скоростей в реках и каналах . . . . .	480
§ 125. Измерение расхода воды . . . . .	481
<b>Р а б о т а в о ды</b>	
§ 126. Общие данные . . . . .	485
§ 127. Водяные колеса . . . . .	—
§ 128. Турбины . . . . .	486
<b>Г а зы</b>	
§ 129. Общие данные . . . . .	486
§ 130. Основные законы . . . . .	488
§ 131. Газы в трубопроводах . . . . .	489
<b>В о з д у х</b>	
§ 132. Состав, влажность, вес, барометрическое давление	491
§ 133. Нагревание и расширение воздуха . . . . .	492
§ 134. Сжатый воздух . . . . .	493
§ 135. Давление ветра . . . . .	495
§ 136. Ветряные двигатели . . . . .	497
Задачи к §§ 118 — 136 . . . . .	499

## VII. Теплотехника.

§ 137. Общие сведения . . . . .	534
§ 138. Измерение температуры . . . . .	535
§ 139. Линейное расширение . . . . .	538
§ 140. Объемное расширение . . . . .	540
§ 141. Усадочный масштаб . . . . .	541
§ 142. Критическая температура . . . . .	—
§ 143. Единица теплоты. Теплоемкость . . . . .	542
§ 144. Параобразование и кипение . . . . .	545
§ 145. Температура смеси . . . . .	546
§ 146. Плавление . . . . .	—
§ 147. Параобразование жидкостей . . . . .	548
§ 148. Теплота и работа . . . . .	549
<b>Основы термодинамики</b>	
§ 149. Общие обозначения. Энергия . . . . .	550
§ 150. Первый основной закон термодинамики . . . . .	551
§ 151. Второй основной закон термодинамики . . . . .	553
§ 152. Построение диаграмм . . . . .	554
§ 153. Особые случаи изменения состояния . . . . .	556
§ 154. Особые рабочие процессы . . . . .	557
§ 155. Образование водяного пара . . . . .	558
§ 156. Давление пара . . . . .	—
§ 157. Насыщенный водяной пар . . . . .	559
§ 158. Перегретый пар . . . . .	569
§ 159. Скорость истечения пара . . . . .	577
§ 160. Потери давления в паропроводах . . . . .	581
§ 161. Потери теплоты в паропроводах . . . . .	583
<b>Передача тепла через стенки сосуда</b>	
§ 162. Общие указания . . . . .	593
§ 163. Расчеты теплопередачи . . . . .	596
Задачи к §§ 137 — 163 . . . . .	604

## I. МАТЕМАТИКА.

### Основные данные для производства технических расчетов.

*Конструирование* неразрывно связано с *расчетами*, ибо последние являются основой для каждой тщательно разработанной конструкции. Для крупных *агрегатов* и *установок* расчет исполняется по предварительному (но в масштабе вычерченному) эскизному проекту.

Иногда приходится также проверять детали уже исполненных машин, чтобы убедиться, могут ли они выдержать более значительную нагрузку, или, напр., годятся ли они для другого, несколько отличающегося от первоначального их назначения и т. п.

При конструировании *деталей машин* рекомендуется до вычерчивания их производить предварительный расчет, пользуясь эскизами, исполненными от руки, расчетами подобных же конструкций, имеющимися в каждом техническом отделе, а также литературными пособиями. Такой подсобный материал является для молодого конструктора достаточной опорой, а опытному конструктору дает сразу ясное представление о размерах проектируемой детали.

Расчет всякой детали нужно вести под различными углами зрения, иначе могут получиться нецелесообразные или просто неправильные конструкции. Поэтому конструктор должен иметь вполне ясное представление о том, какое назначение имеет данная деталь.

При практических расчетах для определения площади круга, корня, квадрата или куба чисел, не применяют обычно алгебраических и геометрических формул, а пользуются вспомогательными таблицами, составленными с достаточной для практики точностью. Для умножения и деления пользуются *счетной линейкой*.

При решении технических вопросов приходится учитывать столь много разнообразных обстоятельств, что не следует слишком отвлекать внимание от главной цели в сторону вычислений.

Техник должен хорошо усвоить применение математических таблиц. Численные значения, приведенные в математических таблицах, округлены согласно с практическими требованиями.

## § 1. Простые задачи, решаемые непосредственно по данным математических таблиц.

Ряд изложенных ниже задач решается без всякого вычисления при пользовании математическими таблицами.

Образец математических таблиц<sup>1)</sup>.

$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	Окружность	Площадь круга	$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	Окружность	Площадь
7,0	49,0	343,0	2,65	1,913	21,99	38,485	62,0	3844	238 328	7,87	3,958	194,8	3019,1
1	50,4	357,9	2,66	1,922	22,31	39,592	1	3856	239 483	7,88	3,960	195,1	3028,8
2	51,8	373,2	2,68	1,931	22,62	40,715	2	3869	240 642	7,89	3,962	195,4	3038,6
3	53,3	389,0	2,70	1,940	22,93	41,854	3	3881	241 804	7,89	3,964	195,7	3048,4
4	54,8	405,2	2,72	1,949	23,25	43,008	4	3894	242 971	7,90	3,966	196,0	3058,2

**а) Квадраты и кубы.** Квадрат или куб (вторая или третья степень) числа обозначается поставленной справа вверху цифрой, показывающей, сколько раз должно повторить множителем данное число (основание); так, например:  $5^2 = 5 \cdot 5$ , или  $15^3 = 15 \cdot 15 \cdot 15$ .

*Пример:* Найти квадрат числа 7,1.

В таблице находим квадрат числа 7,1, равный 50,4; следовательно,  $7,1^2 = 50,4$ . Если нужно найти куб числа 62,2, то таблица дает 240 642; следовательно,  $62,2^3 = 240 642$ .

**б) Квадратные и кубические корни.** В математике употребляется так называемый знак корня  $\sqrt{\phantom{x}}$  причем, напр.,  $\sqrt{9}$  обозначает квадратный корень из числа 9, а  $\sqrt[3]{1230}$  обозначает кубический корень, или корень третьей степени из числа 1230.

*Примеры:* Найти  $\sqrt{7,4}$  и  $\sqrt[3]{62,3}$ .

Из таблицы имеем:

$$\sqrt{7,4} = 2,72; \quad \sqrt[3]{62,3} = 3,964.$$

<sup>1)</sup> Для окружности и площади круга  $n$  есть диаметр.