

Рело Франц

**Конструктор: Руководство к
проектированию машин для
инженер-механиков,
строителей, фабрикантов и
технических и реальных
училищ**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
Ф82

Ф82 **Франц Р.**
Конструктор: Руководство к проектированию машин для инженер-механиков,
строителей, фабрикантов и технических и реальных училищ / Рело Франц –
М.: Книга по Требованию, 2022. – 745 с.

ISBN 978-5-519-80565-0

ISBN 978-5-519-80565-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

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, клякс, 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРІАЛОВЪ.

§ 1.

Предварительныя замѣчанія.

Теорія сопротивленія матеріаловъ имѣетъ предметомъ изученіе сопротивленія, которое твердыя тѣла оказываютъ дѣйствующимъ на нихъ внѣшнимъ силамъ. Принятыя въ этой наукѣ термины употребляются въ предлагаемомъ сочиненіи въ слѣдующемъ смыслѣ.

Напряженіе матеріала есть отнесенная къ единицѣ площади величина силы упругости, проявляющейся между частицами тѣла, при дѣйствіи на него внѣшнихъ силъ.

Предѣлъ упругости есть напряженіе матеріала, при которомъ постоянныя измѣненія формы тѣла дѣлаются замѣтными. Смотри по тому, сопротивляется ли тѣло растяженію или сжатію, этотъ предѣлъ называется предѣломъ упругости при растяженіи или предѣломъ упругости при сжатіи.

Коэффициентъ крѣпости есть напряженіе матеріала, при которомъ нарушается связь между частицами тѣла.

Коэффициентъ упругости (измѣряющій силу упругости тѣла) есть напряженіе матеріала, при которомъ призматическое тѣло, подверженное усилю, дѣйствующему по направлению его длины, удлинилось бы или укоротилось на величину, равную его первоначальной длинѣ, если бы такое измѣненіе формы было возможно.

Теоретическое сопротивленіе есть сила, которая, дѣйствуя какимъ либо образомъ на тѣло, вызываетъ въ его наиболѣе нагруженныхъ волокнахъ напряженіе, равное предѣлу упругости.

Практическое или прочное сопротивленіе, или также просто сопротивленіе есть сила, которая вызываетъ въ наиболѣе нагруженныхъ волокнахъ тѣла напряже-

ніе, равное прочному напряженію матеріала, т. е. напряжение, составляющее только нѣкоторую часть предѣла упругости, допускаемую практикою.

Крѣпость тѣла есть сила, которая вызываетъ въ его наиболѣе нагруженныхъ волокнахъ напряженіе, равное коэффициенту крѣпости; смотря по тому, подвергается ли тѣло разрыву, раздробленію, излому, скручиванію и т. д., сила эта называется абсолютною крѣпостью, обратною крѣпостью, относительно крѣпостью, крѣпостью крученія и т. д.

Надежность относительно предѣла упругости есть отношеніе теоретическаго сопротивленія тѣла къ дѣйствительной его нагрузкѣ, или, что одно и тоже, предѣла упругости къ наибольшему напряженію матеріала, дѣйствительно развивающемуся въ тѣлѣ.

Надежность относительно крѣпости есть отношеніе крѣпости тѣла къ дѣйствительной нагрузкѣ.

Коэффициентъ надежности есть обратная величина надежности.

Казалось бы, что въ машинномъ дѣлѣ можно было принять за правило двойную надежность относительно предѣла упругости. На дѣлѣ же допускаютъ, вслѣдствіе различныхъ соображеній, значительныя уклоненія отъ этой мѣры. Надежность можетъ быть допущена тѣмъ меньшая, чѣмъ точнѣе сдѣлано разысканіе статическихъ силъ, что часто, напр. при приложенія графостатическаго метода, легко можетъ быть достигнуто.

Постоянная нагрузка частей машинъ никогда не должна быть выше ихъ теоретическаго сопротивленія; пробная же нагрузка, при нѣкоторыхъ матеріалахъ, особенно напримѣръ при желѣзѣ, какъ кажется, безъ всякаго риска можетъ быть взята больше теоретическаго сопротивленія тѣла, но не слишкомъ близко къ его крѣпости. (См. § 2).

Если нагрузка тѣла заключается между его теоретическимъ сопротивленіемъ и крѣпостью, то она вызываетъ въ немъ постоянныя измѣненія формы. Если нагрузка достигаетъ крѣпости тѣла, то наиболѣе напряженныя волокна его разрываются или раздавливаются. Опредѣленіе крѣпости тѣлъ, а слѣдовательно и употребленіе, при расчетѣ, коэффициентовъ крѣпости, ограничивается преимущественно только тѣми случаями, когда требуется произвести разрушеніе тѣла (разрывъ, раздробленіе, передомъ и т. д.); при расчетѣ же постоянныхъ

сооружений, главнымъ образомъ необходимо знать соответствующіе предѣлы упругости матеріаловъ.

Встрѣчающійся въ числовыхъ примѣрахъ знакъ „ $\sim$ “ означаетъ: „пусть“ или „круглымъ числомъ“.

§ 2.

Коеффициенты сопротивленія.

Помѣщенные въ слѣдующей таблицѣ коеффициенты суть средніе изъ многочисленныхъ опытовъ, произведенныхъ многими изслѣдователями надъ строительными матеріалами различныхъ сортовъ; поэтому, въ каждомъ частномъ случаѣ, эти коеффициенты могутъ отличаться отъ тѣхъ, которые соответствуютъ дѣйствительно употребляемымъ матеріаламъ. Эти случайныя отклоненія не представляютъ опасности, если допускаемое напряженіе матеріала въ достаточной степени ниже соответствующаго предѣла упругости. Значенія буквъ, которыми мы будемъ обозначать различные коеффициенты, объяснены въ заголовкахъ столбцовъ. Въ строкѣ коеффициентовъ для „дерева“ каждая цифра представляетъ среднюю величину коеффициентовъ для дуба, бука, ели и ясени, такъ какъ эти коеффициенты мало отличаются одинъ отъ другаго.

Матеріалы, для которыхъ коеффициентъ крѣпости значительно превышаетъ предѣлъ упругости, обладаютъ въ высокой степени тягучестью. Опыты, произведенные надъ желѣзомъ, показываютъ, что нагрузка, не слишкомъ превышающая предѣлъ упругости тѣла и слѣдовательно уже производящая въ немъ неизчезающія измѣненія формы, неизмѣняетъ коеффициента упругости, но увеличиваетъ предѣлъ упругости. Такъ, на примѣръ, желѣзный стержень, подвергнутый растягивающему усилю въ 20^к на квадратный миллиметръ, въ своемъ новомъ состояніи, при возобновленіи нагрузки, будетъ имѣть предѣломъ упругости 20^к вмѣсто 15^к. (Этимъ свойствомъ пользуются при волоченіи проволоки). Тягучесть есть весьма важное свойство строительныхъ матеріаловъ. Она можетъ быть измѣрена, по крайней мѣрѣ приблизительно, отношеніями $K : T$ и $K_1 : T_1$. Желѣзный стержень, нагруженный по предыдущему выше предѣла упругости при растяженіи, тотчасъ ослабляется, въ случаѣ, если послѣ этого растяженія подвергнуть его сжатію далѣе другаго предѣла упругости. Послѣ проковки или прокатки стержня въ горячемъ состояніи его предѣлъ упругости получаетъ свою первоначальную величину.

Таблица коэффициентовъ сопротивленія для
метрической системы мѣръ.

Миллиметры и килограммы.

Названіе матеріа- ловъ.	Коеффи- циентъ у- пругости, <i>E</i>	Предѣлъ упругости		Коефициентъ крѣ- пости	
		при рас- тяженіи. <i>T</i>	при сжа- тіи. <i>T₁</i>	при рас- тяженіи. <i>K</i>	при сжа- тіи. <i>K₁</i>
Желѣзо.	20000	15	15	40	22
Желѣзная прово- лока	20000	30	—	70	—
Листовое желѣзо. .	17000	—	—	32	—
Чугунъ.	10000	7,5	15	11	63
Сталь.	20000	25	—	80	—
Литая сталь неза- каленная.	20000	30	—	80	—
Литая сталь зака- ленная и отожден- ная	30000	65 до 150	—	100	—
Красная мѣдь про- кованная.	11000	2,5	—	30	70
Мѣдная проволока. .	13000	12	—	40	—
Латунь (жел. мѣдь). .	6500	4,8	—	12	110
Проволока изъ ла- туни.	10000	13	—	50	—
Бронза (колокольный металлъ).	3200	2 (?)	—	23	—
Свинецъ.	500	1	—	1,3	5
Дерево.	1100	2	1,8	9	5
Пеньковыя веревки новыя.	250(?)	5 (?)	—	12	—
Пеньковыя веревки старыя.	50(?)	1 (?)	—	5	—
Машинные ремни кожаные	15 до 20	1,6	—	2,9	—
Базальтъ.	—	—	—	—	9
Гранитъ.	—	—	—	—	8
Известнякъ.	—	—	—	—	5
Кварцъ.	—	—	—	—	12
Песчаникъ.	—	—	—	—	7
Кирпичъ.	—	—	—	—	0,6
Известковый рас- творъ.	—	—	—	—	—
Каменная кладка изъ известняка.	—	—	—	—	5
Каменная кладка изъ песчаника.	—	—	—	—	1,5
Кирпичная кладка. .	—	—	—	—	0,4

При расчетахъ съ помощію этой таблицы, должно вы-
ражать длины въ миллиметрахъ, а силы въ килограммахъ.

Таблица коэффициентовъ сопротивленія для
русскихъ мѣръ.

Дюймы и пуды.

Названіе матеріа- ловъ.	Коеффи- циентъ упруго- сти. <i>E</i>	Предѣлъ упругости		Коеффициентъ крѣпости		Удѣльный вѣсъ. γ
		при ра- стяже- ніи. <i>T</i>	при сжатіи. <i>T</i> ₁	при ра- стя- женіи. <i>K</i>	при сжатіи. <i>K</i> ₁	
Желѣзо.	788000	590	590	1570	870	7,60—7,80
Желѣзная прово- лока.	788000	1180	—	2760	—	7,60—7,80
Листовое желѣзо. .	670000	—	—	1260	—	7,60
Чугунъ.	394000	295	590	430	2480	7,00—7,50
Сталь.	788000	985	—	3150	—	7,50—7,80
Литая сталь неза- каленная.	788000	1180	—	3150	—	7,50—7,80
Литая сталь зака- ленная и отож- женная.	1182000	2560	—	3940	—	7,83—7,92
Красная мѣдь про- кованная.	433200	98	—	1180	2760	8,88—9,00
Мѣдная проволока.	512000	473	—	1580	—	8,78—8,95
Латунь (жел. мѣдь).	256000	190	—	470	4330	8,40—8,71
Латунная прово- лока.	394000	512	—	1970	—	8,34—8,73
Бронза (колокольный металлъ).	126000	79 (?)	—	900	—	8,81
Свинецъ.	19700	39,4	—	50	197	11,33—11,45
Дерево.	43300	79	71	354	197	0,59—0,82
Пеньковыя веревки новыя.	9850 (?)	197 (?)	—	473	—	0,14—0,21
Пеньковыя веревки старыя.	1970 (?)	39,4 (?)	—	197	—	—
Машинные ремни ко- жаные	590—788	63	—	114	—	—
Базальтъ.	—	—	—	—	350	2,36—2,72
Гранитъ.	—	—	—	—	315	2,50—3,05
Известнякъ.	—	—	—	—	197	2,46—2,84
Кварцъ.	—	—	—	—	473	2,30—2,70
Песчаникъ	—	—	—	—	276	1,90—2,70
Кирпичъ.	—	—	—	—	23,6	1,40—1,20
Известковый рас- творъ.	—	—	—	—	—	—
Каменная кладка изъ известняка.	—	—	—	—	197	1,47—1,70
Каменная кладка изъ песчаника	—	—	—	—	59	2,05—2,12
Кирпичная кладка..	—	—	—	—	16	2,40—2,46

При расчетахъ съ помощію этой таблицы, должно вы-
ражать длины въ дюймахъ, а силы въ пудахъ.

матеріала даже и послѣ достиженія предѣла упругости, то формула (1) вполне приложима и въ этомъ послѣднемъ случаѣ, и потому можетъ служить для опредѣленія силы, необходимой для разрыва или раздробленія тѣла. Для этого нужно ввести въ нее соответствующій коэффициентъ крѣпости.

Примѣръ. Чтобы разорвать рассчитанный выше стержень, нужна сила $P = Kq$, или, по таблицѣ § 2, $P = 40.50^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 78540^к$. — Чтобы раздробить короткую часть этого стержня, необходима сила $P_1 = K_1 q = 22.50^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 43197^к$.

§ 4.

Тѣла равнаго сопротивленія растяженію и сжатію.

Формы тѣлъ равнаго сопротивленія получаются, если перечныя сѣченія тѣлъ выбраны такъ, что во всѣхъ нихъ наибольшее напряженіе матеріала имѣетъ одну и ту же величину. Соблюденіе послѣдняго условія ведетъ къ сравнительно полному утилизованію матеріала. На практикѣ эти формы рѣдко соблюдаются въ строгой чистотѣ. Обыкновенно довольствуются приближеніемъ. Часто это даже просто основныя формы архитектурнаго стиля, цѣль которыхъ дать извѣстнымъ частямъ постройки только видъ формы равнаго сопротивленія,—не болѣе. Формы равнаго сопротивленія для конструктора важны какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ, и въ послѣднемъ онѣ употребляются пожалуй что чаще, чѣмъ въ первомъ. Хорошо съ ними освоившись, онъ безъ труда придаетъ надлежащій профиль нагруженнымъ частямъ постройки, исправляя по своему вкусу данную математическимъ вычисленіемъ форму, часто не совсѣмъ пріятную для глаза.

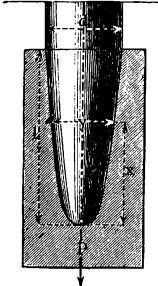
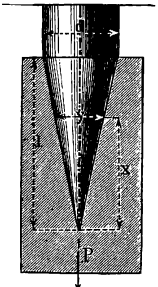
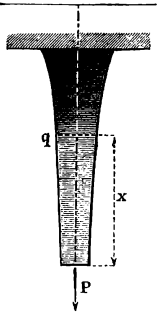
Данныя ниже формы (стр. 8) относятся какъ къ растяженію, такъ и къ сжатію. Примѣрами техническаго примѣненія первыхъ двухъ формъ могутъ служить шурупы, болты, колонки и проч.; третья форма находитъ примѣненіе въ каменныхъ заводскихъ трубахъ, высокихъ быкахъ мостовъ и путепроводовъ *) и т. п.

§ 5.

Сопротивленіе срѣзыванію или скалыванію.

Тѣло подвергается срѣзыванію или скалыванію по одному изъ своихъ сѣченій, когда внѣшняя сила P , дѣйствуетъ въ плоскости этого сѣченія.

*) См. Baumeister, archit. Formenlehre, S. 226.

Ф о р м а.	У р а в н е н і е.	П р и м ѣ ч а н і я.
	$\frac{y}{d} = \sqrt{\frac{x}{l}}$ $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{P}{\sigma}}$	Нагрузка P равномерно распределена по всей длине стержня. Поперечныя сѣченія стержня круговыя. Профиль: парабола. Приближенная форма: усѣченный конусъ съ оконченымъ діаметромъ $\frac{d}{2}$.
	$\frac{y}{d} = \frac{x}{l}$ $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{P}{\sigma}}$	Нагрузка P равномерно уменьшается сверху книзу. Поперечныя сѣченія круговыя. Форма тѣла: прямой конусъ.
	$q = P e^{\frac{\gamma}{\sigma} x}$ $e = 2,718... =$ основанію натуральныхъ логарифмовъ. $\log. q = \log. \frac{P}{\sigma}$ $+ 0,434 \frac{\gamma}{\sigma} x$	Кромѣ нагрузки P тѣло подвержено дѣйствію собственного вѣса, который для единицы объема принять $= \gamma$. Поперечныя сѣченія уменьшаются, начиная отъ мѣста укрѣпленія, какъ абсциссы логистики.

Если по предыдущему q есть площадь разсматриваемаго сѣченія и $\mathfrak{S}$ являющееся въ немъ напряженіе матеріала, то сопротивленіе срѣзыванію, также какъ растяженію и сжатію выразится формулою:

$$P = \mathfrak{S}q. \quad (3)$$

Предѣлъ упругости при срѣзываніи достигается, при $\mathfrak{S} = \frac{4}{3}$ меньшаго изъ предѣловъ упругости при растяженіи и при сжатіи; такимъ образомъ, при желѣзѣ, для котораго $T = T_1 = 15$, предѣлъ упругости при срѣзываніи достигается при $\mathfrak{S} = 12$; при чугунахъ, для котораго $T < T_1$ и $= 7,5$, онъ соотвѣтствуетъ напряженію $\mathfrak{S} = 6$. При этомъ, наибольшее напряженіе матеріала является не въ плоскости сѣченія, но наклонно къ ней и равно $\frac{5}{4} \mathfrak{S}$.

Относительное перемѣщеніе, которое испытываютъ, до предѣла упругости, два безконечно близкія сѣченія стержня при дѣйствіи срѣзывающаго усилія, весьма незначительно; но оно становится замѣтнымъ, когда большое число послѣдовательныхъ сѣченій испытываютъ это дѣйствіе срѣзыванія, какъ напримѣръ при крученіи стержня.

Уравненіе (3) приложимо также къ тому случаю, когда посредствомъ срѣзыванія требуется произвести отдѣленіе одной части тѣла отъ другой, какъ напримѣръ при разрѣзываніи, распиливаніи, сверленіи и пробиваніи дыръ и т. п. Коэффициентъ крѣпости срѣзыванія нѣсколько отличается отъ коэффициента абсолютной крѣпости (K), что объясняется тѣмъ, что при перерѣзываніи одновременно являются сопротивленія K и K_1 (см. Reiche: Ueber das Lochen der Metallplatten, Civ. Ing. 1864, S. 235). При расчетѣ рѣжущихъ, дыропробивныхъ и тому подобныхъ машинъ, временное сопротивленіе срѣзыванію достаточно принимать равнымъ $1,1 K$.

§ 6.

Сопротивленіе сгибанію.

Сопротивленіе и упругая линія.

Стержень подвергается сгибанію, когда дѣйствующія на него внѣшнія силы перпендикулярны къ его осн. До тѣхъ поръ, пока не перейдемъ предѣлъ упругости тѣла, сумма моментовъ внѣшнихъ силъ относительно нейтральной оси какаго либо поперечнаго сѣченія стержня, равна суммѣ моментовъ внутреннихъ силъ, являющихся въ этомъ сѣченіи, относительно той

же оси. Эта ось проходитъ черезъ центръ тяжести сѣченія и перпендикулярна къ плоскости сгибанія. Она раздѣляетъ сѣченіе на двѣ части, изъ которыхъ въ одной всѣ волокна, параллельныя продольной оси стержня, подвергаются растяженію, пропорціональному ихъ разстояніямъ отъ нейтральной оси, между тѣмъ какъ въ другой всѣ волокна подвергаются сжатію, которое также пропорціонально ихъ разстояніямъ отъ нейтральной оси. Отсюда слѣдуетъ, что волокна, лежащія на одинаковомъ разстояніи отъ нейтральной оси съ той и другой стороны, испытываютъ равныя, но противоположныя измѣненія формы. Такимъ образомъ сгибаніе состоитъ въ растяженіи и сжатіи элементовъ продольныхъ волоконъ, при чемъ измѣняется также и положеніе осей этихъ элементовъ.

Если

M есть статическій моментъ равнодѣйствующей сгибающихъ силъ, дѣйствующихъ по ту или по другую сторону какого либо сѣченія, относительно нейтральной оси этого сѣченія, или такъ называемый сгибающій моментъ,

J моментъ инерціи сѣченія относительно его нейтральной оси, a разстояніе отъ нейтральной оси наиболѣе удаленныхъ и слѣдовательно наиболѣе напряженныхъ волоконъ, вытягиваемыхъ или сжимаемыхъ,

$\mathfrak{S}$ напряженіе матеріала, являющееся въ этихъ волокнахъ,

то

$$M = \mathfrak{S} \frac{J}{a} \quad (4)$$

Произведеніе $\mathfrak{S} \frac{J}{a}$ называется моментомъ напряженія

разсматриваемаго сѣченія или также его сгибающимъ моментомъ для напряженія $\mathfrak{S}$. Если P есть равнодѣйствующая сгибающихъ силъ и x ее плечо относительно какого либо поперечнаго сѣченія, то $M = Px$ можетъ имѣть различныя величины для различныхъ сѣченій. То сѣченіе призматическаго тѣла, для котораго Px получаетъ наибольшую величину, называется опаснымъ сѣченіемъ, и сила P , вызывающая въ этомъ сѣченіи напряженіе $\mathfrak{S}$ и представляющая слѣдоват. сопротивленіе стержня для напряженія $\mathfrak{S}$, опредѣляется выраженіемъ

$$P = \frac{\mathfrak{S} J}{x_m a} \quad (5)$$

гдѣ x_m представляетъ значеніе x , соответствующее maximum'у Px .

Волокно, проходящее черезъ центры тяжести сѣченій