

Г. Бетман

Грузоподъемные машины

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Г11

Г11 **Г. Бетман**
Грузоподъемные машины / Г. Бетман – М.: Книга по Требованию, 2021. – 674 с.

ISBN 978-5-458-37244-2

Грузоподъемные машины

ISBN 978-5-458-37244-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

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 первоизданном 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.

Передачи с переменной направлением вращения	167
Муфты для моторной передачи	170
1. Муфта Гриссона	171
2. Муфта Бибби	172
3. Фрикционные муфты для поворотных краев	173
4. Диаметры валов для грузоподъемных машин . .	173
Болты для посадки роликом и оси .	174
1. Расчет на изгиб	174
2. Расчет на удельное давление	175
3. Расчет на отвод тепла	175
Пяты	176
1. Сплошные плоские пяты	176
2. Кольцевые пяты .	177
Подшипники	177
1. Глухие подшипники . .	177
2. Шариковые подшипники	177
3. Роликовые подшипники .	190
Ходовые колеса и реьясы для них	193
Винты с прямоугольной нарезкой, передающие движение	203

Т р е т и й о т д е л

П о л и с п а с т ы

1. Неподвижный блок (направляющий блок)	205
2. Подвижной блок	206
3. Обыкновенные полиспасты . .	206
4. Дифференциальный блок Вестона	211
5. Полиспасты с винтовой передачей и тормозом, действующим под давлением поднятого груза	212
6. Полиспасты с цилиндрической зубчатой передачей .	213
7. Электрополиспасты	214
8. Подвижные кошки для подвешивания полиспастов	219

Ч е т в е р т ы й о т д е л

П е р е д а ч и

1. Ручная передача	222
2. Общие данные о машинном приводе	229
3. Сопротивления от сил инерции при пуске и остановке грузоподъемных машин	233
4. Трансмиссионный привод	251
5. Паровой привод . . .	252
6. Гидравлический привод .	254
7. Пневматический привод	255
8. Привод от двигателей внутреннего сгорания .	255
9. Электрический привод . .	256

П я т ы й о т д е л

Л е б е д к и

Расчет валов лебедки	293
Станины для ручных лебедок .	294

Исполненные лебедки с зубчатой передачей	295
1. Расчет строительной лебедки, грузоподъемностью 1000 кг	295
2. Фрикционная лебедка с центробежным тормозом и ременной передачей (грузоподъемностью 500 кг)	302
3. Расчет фрикционной лебедки на 500 кг	303
4. Паровая лебедка, грузоподъемностью 2500 кг и высотой подъема 10 м	306
5. Расчет лебедки со двойной паровой машины, грузоподъемностью 2500 кг	309
Стенные или консольные ворота	311
Домкраты с зубчатой рейкой	312
1. Данные для расчета	314
2. Домкрат с зубчатой рейкой на 4000 кг, с высотой подъема 375 мм и двойной зубчатой передачей	317
3. Рычажный домкрат американской системы	318
4. Подвесные домкраты	320
Винтовые домкраты	320
1. Простые винтовые домкраты	320
2. Расчет	320
3. Винтовой домкрат на салазках, грузоподъемностью 8000 кг	323
4. Винтовая стяжка для подтягиваний, подъема и подпираания грузов	325
Подъемные козлы	325
1. Расчет подъемных козел грузоподъемностью 12 500 кг	326
2. Электрические подъемные козлы	328
3. Гидравлические домкраты	329
4. Гидравлический домкрат с лапой „Перлегуум“	331

Ш е с т о й о т д е л

Краны

Назначение и подразделение кранов	331
Основные положения для расчета остова крана	332
1. Определение усилий в стержнях решетчатой фермы (при помощи силовых многоугольников)	332
2. Определение усилий в стержнях фермы по способу Риттера	335
3. Неподвижная и подвижная нагрузка	336
4. Клейка балок	337
5. Напряжения в стержнях	342
Подвижные поворотные краны с ручным приводом	346
Поворотные краны	347
1. О поворотных кранах и об электрическом приводе в них	347
Опоры поворотной части	351
1. Поворотные краны с верхней и нижней цапфами	351
2. Поворотные краны с вращающейся колонной	366
3. Поворотные краны с неподвижной колонной	371
4. Краны с вращающейся платформой	396
Изменение вылета	402
1. Стенные поворотные краны с тележкой	403
2. Поворотные краны с подвижным воротом	428
3. Поворотные краны с подвижной укосиной	428

Подвижные поворотные краны	437
1. Подвижные поворотные краны с электрическим приводом	438
2. Передвижные аккумуляторные краны	442
3. Подвижные поворотные паровые краны	445
4. Поворотные краны с двигателем внутреннего сгорания	450
5. Автомобильные краны	453
6. Передвижные поворотные краны с двигателем Дизеля .	454
7. Бензоло-электрические поворотные краны	456
8. Поворотные краны на гусеницах	457
9. Подвижные башенные поворотные краны	459
10. Портальные и полупортальные краны (портовые краны)	464
11. Велосипедные краны	470
12. Пловучие краны	474
Мостовые краны	479
Правила техники безопасности для мостовых кранов	480
Подразделение мостовых кранов	485
1. Крановые балки и детали крана	485
2. Мостовые краны с ручным приводом	527
3. Электрические мостовые краны	543
Краны на козлах	582
1. Кран на козлах, грузоподъемностью 15 000 кг	582
2. Подвижной кран на козлах на 40 000 кг, с пролетом 14 м	588
Перегрузочные мосты	583
Мост сдвигающимся наверху поворотным краном	588
Мост с тележкой управляемой непосредственно машинистом или же тросом	589
Механизм для передвижения	589
Мост крана	590
Подъемные механизмы грейферов	591
Передгрузочный мост с грейфером завода „Лозенгаузен“ .	593
Подъемные механизмы опрокидывающихся тележек	595
Краны для металлургических заводов	597
1. Краны с магнитом. Краны для переноски мульт. Копровые краны	597
2. Загрузочные краны и машины	598
3. Краны и тележки для переноски литейных ковшей	601
4. Краны для переноски болванок или краны с клещами	602
5. Краны для подземных каменных печей	612
6. Краны для вынимания болванок из изложниц	602
7. Загрузочные краны и машины для посадки болванок	604
8. Краны с лапой	605
9. Краны с грейфером	606
10. Результаты опытов по определению сопротивлений при передвижении мостовых кранов	607
Краны на подвесных дорогах	609
1. Кабельные краны, управляемые на расстоянии	610
2. Кабельные краны с кабиной для машиниста, устроенной в тележке	611
3. Раздельная передача	611
4. Кабельные краны с противовесом для уравновешивания груза	612
5. Способ уменьшения провисания каната	613
6. Главный канат	614
7. Тележка	614
8. Троллей	616
Кабельные передвижные краны	616
Кабельные мостовые краны	616

Средние мостовые краны для обслуживания мест, опасных в отношении взрывов	617
Средние клетки АТБ	618
Математически закрывающийся канал для контактных проводов электриче- ских грузоподъемных механизмов	621
Определение наибольшей нагрузки на колесо в подвижных поворотных кранах	622
Электрическая двойная лебедка Домага	623
Основы расчета металлических конструкций кранов	624
Установка кранов	627
1. Проектирование	627
2. Перевозка с завода к месту сборки	628
3. Сборка на месте	628
4. Фундамент	629
5. Испытание кранов	635
Определение стоимости	635
Таблицы и размеры электродвигателей	636

Предисловие к 8-му изданию

Настоящее 8-е издание „Грузоподъемные машины“ подверглось детальной переработке, причем не имеющий большого значения материал был выброшен и заменен более ценными новейшими данными.

Обмен письмами со всеми крупными фирмами подтвердил, что все описанные здесь конструкции вполне характеризуют современное состояние краностроения.

Некоторые конструкции кранов, уже не применяемые в настоящее время, все же оставлены для более полной характеристики развития строительства кранов.

При составлении настоящего труда автор широко пользовался нормами германской промышленности с целью облегчения пользования различными стандартами. В тексте помещена отдельная глава с данными для обозначений свойств и применения материалов, затем приведены математические обозначения, единицы измерения, обозначения профильного и полосового железа, взятые из норм DIN. Ввиду того что в машиностроении и в новейшей литературе обозначения для k , k_1 , k_2 , k_3 не всегда заменяются еще стандартными обозначениями $\sigma_{\text{доп}}$, $\sigma_{d\text{доп}}$, $\sigma'_{\text{доп}}$, $\tau_{\text{доп}}$, — автор был вынужден пользоваться прежними обозначениями.

Также не могли быть полностью исключены и другие обозначения, которые хотя и не соответствуют нормам, но находят еще широкое применение.

Наряду с государственными нормами для деталей машин существуют еще фабричные нормы. Введение государственных норм в заводскую практику связано с затруднениями уже по той причине, что промышленность не в состоянии нести издержки по приобретению необходимого для этой цели нового оборудования.

Наиболее детально переработаны и дополнены отделы о грейферах, подъемных магнитах, крановых весах, шариковых подшипниках, электрополиспадах, выборе и расчете крановых моторов, автомобильных кранах, аккумуляторных кранах и кранах с дизелями, гусеничных кранах, кранах с подвижной укосиной и горизонтальным движением груза, о двойных и тройных кранах, кабельных мостовых кранах, перегрузочных мостах, поворотных механизмах грейферов, опрокидывающихся тележках и специальных клетках.

Расчет проволочных канатов, находящийся еще в стадии развития, оставлен в первоначальном виде и дополнен лишь расчетом на долговечность. Особого внимания заслуживает расчет DIN на стр. 627, согласно которому для правильного выбора диаметра барабанов и блоков учиты-

зается лишь напряжением на растяжение, тогда как влияние напряжения на изгиб вводится только при расчетах на долговечность. Этот способ расчета является в настоящий момент наиболее распространенным.

В предыдущих изданиях расчет сопротивления при передвижении был произведен по формулам Эрнста, Гильбранда, Пале и Бюльца. Принимая во внимание наблюдающиеся при этом значительные отклонения и то обстоятельство, что конструктору при расчетах достаточно учесть добавочные данные от трения на ребордах и на торцевых частях ступиц, эти формулы в настоящем издании не приведены. Вместо них дан перечень всей появившейся за последний год литературы. Опытные данные и величины отклонений в результате расчетов по этим формулам помещены на стр. 607.

Как и в предыдущих изданиях, мы стремились обратить особое внимание на вопросы, которым в технических школах уделяется незаслуженно мало внимания, а именно: на стоимость и монтаж грузоподъемных машин.

С этой целью в конце книги приведены соответствующие данные.

Несмотря на значительные дополнения автору удалось все же избежать слишком большого увеличения объема книги.

Нидергаслау (Саксония), декабрь 1929 г.

Гуго Бетман

ПЕРВЫЙ ОТДЕЛ

1. Понятие о грузоподъемных машинах, их выбор и экономичность

К грузоподъемным механизмам относятся все те механизмы, которые перемещают твердые тела в вертикальном или вертикально-горизонтальном направлении на небольшое расстояние и работают с перерывами. Среди них можно отметить полиспасты, ворота, краны, подъемники. Механизмы с ручной передачей, как полиспасты, ворота, подъемные козлы, называются „грузоподъемными механизмами“, хотя это название не вполне твердо установлено, тогда как механизмы для подъема и перенесения груза, работающие с машинным приводом, относятся к области „грузоподъемных машин“.

В противоположность им имеются транспортирующие устройства, где перемещаемый груз проходит обычно определенный путь и где применены ленты, шнеки, ковшевые и скребковые транспортеры и т. д. Транспортирующее устройство может тогда лишь считаться вполне совершенным, когда оно не требует затрат мускульной энергии во время перерывов работы.

Если же автоматический или непрерывный рабочий процесс невозможен, как например, в больших мельницах, автомобильных и сталелитейных заводах и котельных, то при наличии тяжелых грузов ограничиваются большей частью тем, что обслуживают кранами только цехи и склады, а в других местах пользуются тележками и подвесными дорогами, если тележки не могут выходить за поле действия крана и перевозить грузы в другие цехи.

При проектировании нового завода необходимо учесть, чтобы предметы производства проходили возможно меньший путь с момента поступления на завод и до момента выхода.

Без подъемных и транспортирующих устройств современные установки не могут быть экономичны, ибо эти технические вспомогательные средства значительно удешевляют передвижение материалов. С этим связаны также постоянная готовность к эксплуатации, уменьшение несчастных случаев, а также ускорение разгрузки пароходов и вагонов и сокращение платы за простой.

Транспортирующее устройство является, следовательно, одним из важнейших факторов экономичности эксплуатации.

Так как капиталовложения для большей грузоподъемной установки составляют значительную часть общей стоимости завода (или гавани), то для обеспечения производительности ее и длительности срока службы необходимо сознательное и рациональное обращение с ней. Плохое содержание

грузоподъемной машины увеличивает вредные сопротивления и расход энергии, а вместе с этим влечет расходы по ремонту и простои.

Грузы могут быть штучными (части машин, ящики, мешки, бочки и т. д.) или сыпучими (уголь, гравий), которые захватываются особыми механизмами, как грейферы, ковши и др.

При выборе грузоподъемных машин следует руководствоваться в первую очередь условиями применения их и местоположением.

При редком пользовании грузоподъемными машинами лучше применять ручную передачу. Частое использование требует машинного привода, при этом для случаев непрерывной эксплуатации необходим специальный вожатый.

Движения, связанные с управлением крана, скорость перемещения грузов, передача, местные условия и некоторые особенности перемещения специальными кранами требуют особого внимания.

Большое значение имеют также условия эксплуатации, которые бывают весьма различными. Полиспасты и обыкновенные лебедки или мостовые краны на электростанциях, работающие только в случае ремонта, требуют при проектировании и при назначении напряжения меньше внимания, чем краны для гаваней или сталелитейных заводов. Необходимо учитывать также, насколько часто производится подъем при полной нагрузке крана.

2. Материалы

Из нормированных материалов чаще всего встречаются:

St — литая сталь, Ge — чугун, Rg — бронза
Stg — стальное литье, Te — ковкий чугун, WM — белый металл.

В дальнейшем кованое железо называют сталью.

В обозначениях стали первая группа цифр обозначает наименьшее временное сопротивление на разрыв, т. е. например $\sigma_B = 37 \text{ кг/мм}^2$. Торговые изделия без ручательства имеют первую цифру 00.

Первое число второй группы цифр обозначает основную группу, например: 1 — литая сталь или обыкновенная строительная сталь, 2 — литая сталь, листы, трубы, 5 — различные материалы (сварочная и пудлинговая сталь), 6 — литая сталь, специальная сталь, 7 — инструментальная сталь, 8 — стальное литье, 9 — чугун, ковкий чугун. Второе число дает подгруппу, например: 1 — нормализованная сталь, 2 — профильное и полосовое железо, 3 — болтовое железо, 8 — трубы и т. д. Вторая группа цифр, предшествующая 16, обозначает соответствующую норму, например, DIN 1613 — болтовое железо.

Таблица 1

Обозначение	Временное сопротивление на разрыв $\sigma_B \text{ кг/мм}^2$	Относительное удлинение при разрушении δ в процентах	Свойства и применение по DIN 1606 январь 1928 г.
1	2	3	4

Машиностроительная сталь
(Литая сталь, кованая или прокатная DIN 1611).

St 00-11	—	—	Механические свойства не даны. Только для второстепенных целей, например для перил
----------	---	---	--

Обозначение	Временное сопротивление на разрыв σ_B кг/мм ²	Относительное удлинение при разрыве δ в процентах	Свойства и применение по DIN 1606
			январь 1928 г.
1	2	3	4
St 37 · 11	37—45	25—20	Обыкновенный томасовский или сименс-мартеновский материал. Не всегда хорошо сваривается. Применяется для необрабатываемых частей, как например, металлических конструкций
St 34 · 11	34—42	30—25	Обладает свойством присадки. Может свариваться. Для деталей, от которых требуется большая тягучесть. Применяется для винтов, тяг, шипов, болтов, втулок, если не взято DIN 1661
St 42 · 11	42—50	24—20	Обладает свойством присадки. Трудно сваривается. Для деталей, подвергающихся толчкам или изменяющимся напряжениям, но должны обладать тягучестью при большой крепости, как например, передаточных тяг, валов, рукояток, осей, деталей, прессов и легко нагруженных зубчатых колес
St 50 · 11	50—60	22—18	Не обладает свойством присадки. Едва сваривается и закаляется. Для более нагруженных деталей приводов и там, где из соображений изнашивания выбирается более твердый материал, например, для сильно нагруженных валов, коленчатых валов, приводных и быстроходных валов, не закаленных, не подвергающихся особо сильным напряжениям зубчатых колес, поршневых тяг, болтов и винтов специального назначения
St 60 · 11	60—70	17—14	Как St 50 · 11, но для более высоких напряжений и при необходимости экономии места и веса. При большом удельном давлении, например, штифты, клинья, шестерни, червяки, шпиндели и др. Если детали должны обладать тягучестью и работать при сильно меняющихся напряжениях, то рекомендуется улучшение путем дополнительной обработки. Закаливается. Дорогая обработка
St 70 · 11	70—85	12—10	Закаливается. Специальная обработка. Для деталей с естественной крепостью, как не закаленные, совместно работающие распределительные органы или инструменты вроде штампов, пробойников и т. д. Для деталей, подвергающихся высоким постоянным напряжениям, как под St 60 · 11, иначе необходима специальная обработка. Дорогая обработка

Продолжение.

Обозначение	Временное сопротивление на разрыв σ_B кг/мм ²	Относительное удлинение при разрыве δ в процентах	Свойства и применение по DIN 1606 январь 1928 г.
1	2	3	4

Профильное и полосовое железо
DIN 1612

St 00 · 12	—	—	Профильное и полосовое железо. Прокатная литая сталь. Торговые изделия
St 37 · 12	37—45	25—15	Профильное и полосовое железо. Нормальные изделия. Хорошо сваривается

Болтовая и заклепочная сталь
DIN 1613.

St 38 · 13	38—45	25—15	Болтовая сталь
St 34 · 13	34—42	30—18	Заклепочная сталь

Листовое железо
DIN 1621

St 00 · 21	—	—	Обычное листовое железо. Торговые изделия, как например, обыкновенные резервуары
St 37 · 21	37—45	18—20	Строительные листы I: тонкие листы ниже 3 мм } DIN 1542 средние листы от 3—5 мм }
St 42 · 21	42—50	16—20	

Строительные листы II:
толстые листы свыше 5 мм DIN 1543
Размеры для тонких и средних листов
0,8 × 1,6 м; 1 × 2 м; 1,25 × 2,5 м.
Предельные размеры до 1,5 × 4 м.
Размеры для толстых листов: до 6 и 10 м длины при 9—18 м² поверхности. Обозначение, например, строительные листы II:
15 × 2000 × 3000 DIN 1543 St 42 · 21

Специальная сталь
(Литая сталь, ковкая или прокатная DIN 1661).

St C 10 · 61	38	30—25	Специальная сталь при высоких требованиях для тяжелого и легкого машиностроения
до	до	до	
St C 60 · 61	70—90	15—12	Специальная сталь для легкого машиностроения при малых поперечных сечениях. Целью специальной обработки является повышение крепости (повышение предела текучести и относительного удлинения)