

БОЛТЫ: ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ

Способ механического соединения, который представляет собой комбинацию двух простых элементов – гайки и болта, имеет давнюю историю. Болты, гайки с так называемой винтовой нарезкой появились в середине 15-го века.

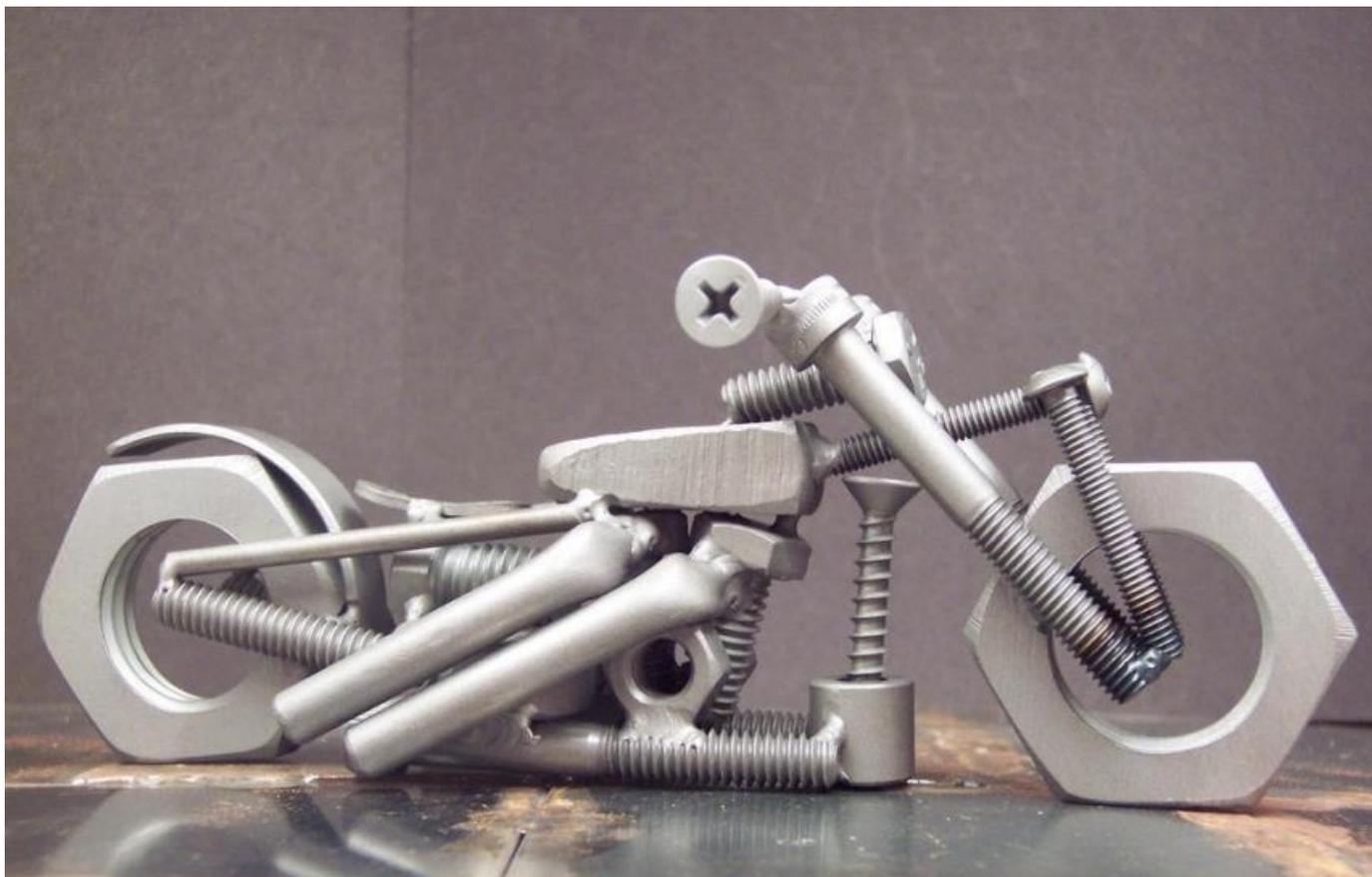
Болт – это вид крепежной детали, цилиндрический стержень с наружной резьбой и головкой, которая может быть квадратной формы, шестигранной, конической, цилиндрической, овальной или эллиптической.

Болты (наряду с гайками) играют огромную роль в технике как самые распространенные крепежные детали.

Использование болтового способа соединения деталей позволяет при необходимости разобрать конструкцию или механизм и упрощает демонтаж для проведения ремонтных или восстановительных работ.



Необходимо учитывать что во время эксплуатации конструкции соединения деталей испытывают различные виды нагрузок. Болтовые соединения могут быть подвержены нагрузкам, направленным вдоль осей болтов (растяжение-сжатие), радиальным (кручение), а также нагрузкам, направленным в перпендикулярной оси болта плоскости. Последние, преодолевая силу трения, обеспеченную затяжкой пары болт-гайка, способны вызвать деформацию сдвига и среза крепёжной детали (также воздействию подобных сил подвержены заклёпки, шпильки, штифты, шпонки и т.п.).



В крепежном деле особое положение занимают две характеристики материала: предел прочности и предел текучести.

Предел прочности на разрыв – величина нагрузки, при превышении которой происходит разрушение – «наибольшее разрушающее напряжение».

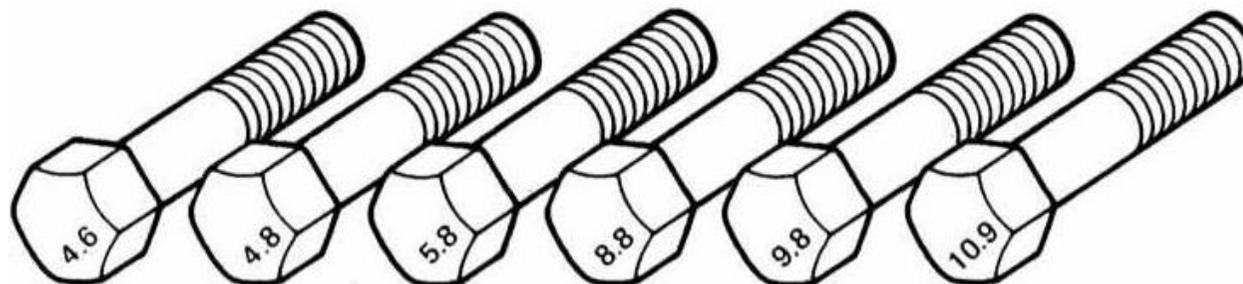
Предел текучести – величина нагрузки, при превышении которой наступает невосстанавливаемая деформация или изгиб. Например, попробуйте согнуть «от руки» обычную стальную вилку или кусок металлической проволоки. Как только она начнет деформироваться, это будет означать, что вы превысили предел текучести её материала или предел упругости при изгибе. Поскольку вилка не сломалась, а только погнулась, то предел ее прочности больше предела текучести. Напротив, нож скорей всего сломается при определенном усилии. Его предел прочности равен пределу текучести. В этом случае говорят, что ножи «хрупкие». Японские самурайские мечи – пример классического сочетания материалов с различными характеристиками прочности. Некоторые их виды снаружи сделаны из твердой закаленной стали, а внутри выполнены из упругой, позволяющей мечу не ломаться при боковых изгибающих нагрузках. Такое строение называется «кобу-си» или, иначе, «пол-кулака», то есть «горсть» и при соответствующей длине катаны является очень эффективным решением для боевого клинка.

Другой практический пример: закручиваем гайку, болт удлиняется и после некоторого усилия начинает «течь» – мы превысили предел текучести. В худшем случае может произойти срыв резьбы на болте или гайке. Тогда говорят: резьба «сорвалась».

Именно на базе этих двух характеристик строится обозначение углеродистых сталей, широко используемых при производстве крепежа. Оно называется классом прочности и состоит из двух чисел, разделенных точкой. Первое число

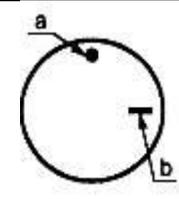
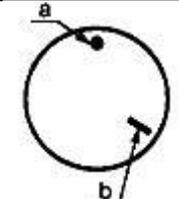
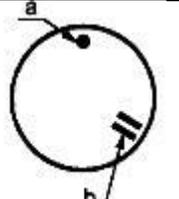
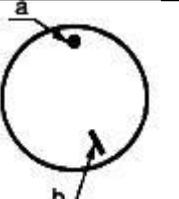
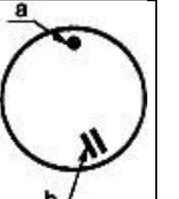
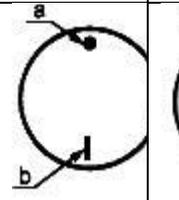
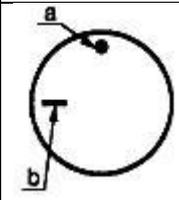
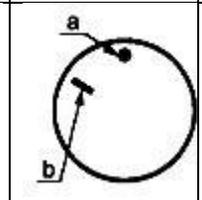
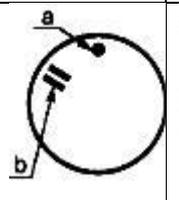
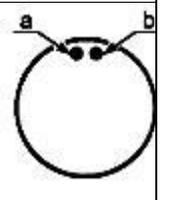
является пределом прочности материала σ_b в Н/мм², деленным на 100 (в кгс – на 10). Второе число является отношением предела текучести σ_t к пределу прочности σ_b , умноженным на 10. Например, обозначение 5.8 указывает на то, что изделие изготовлено из стали, для которой предел прочности: $\sigma_b = 5 \times 100 = 500$ Н/мм² (50 кгс/мм²), а предел текучести: $\sigma_t = \sigma_b \times 8 / 10 = 500 \times 8 / 10 = 400$ Н/мм² (40 кгс/мм²).

Класс прочности – важнейший показатель механических свойств материала, а, следовательно, и изделия в целом. Поэтому, например, его наносят на все болты при их изготовлении:



Для болтов небольших размеров или когда символы маркировки (4,6...10,9) невозможны из-за формы головки, допускается применять приведенные в таблице символы маркировки по системе циферблата:

Система циферблата для маркировки болтов

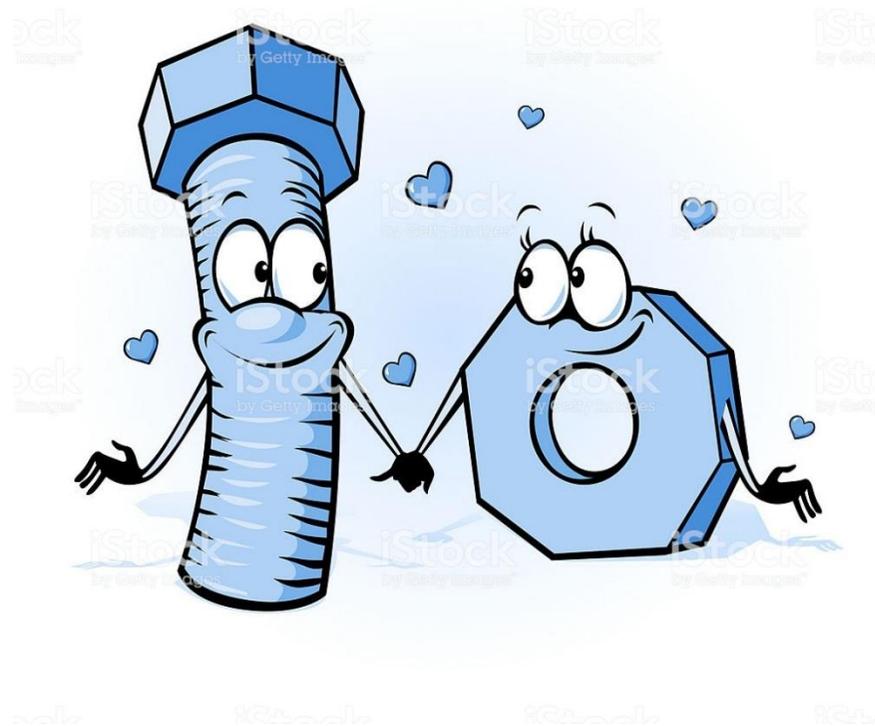
Класс прочности	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	
Символ маркировки						
Класс прочности	6.8	8.8	9.8	10.9	<u>10.9</u>	12.9
Символ маркировки						
<p>Положение, соответствующее двенадцати часам (контрольная отметка), необходимо маркировать либо товарным знаком изготовителя, либо точкой.</p> <p>Класс прочности маркируется либо штрихом, либо двойным штрихом, а для класса прочности 12.9 - точкой.</p>						

Если на болтах нет маркировки, то скорее всего это болты класса прочности ниже 4.6 (их маркировка не требуется по ГОСТ). Применение болтов и гаек без маркировки запрещается согласно СНиП 3.03.01.

На высокопрочных болтах дополнительно указывается условное обозначение плавки.

Для применяемых болтов требуется применять соответствующие им классу прочности гайки: для болтов 4.6, 4.8 применяются гайки класса прочности 4, для болтов 5.6, 5.8 гайки класса прочности 5 и т.д. Можно заменить гайки одного класса прочности на более высокие (например, если удобнее комплектовать на объект гайки одного класса прочности).

При работе болтов только на срез допускается применять класс прочности гаек при классе прочности болтов: 4 – при 5.6 и 5.8; 5 – при 8.8; 8 – при 10.9; 10 – при 12.9.



Для болтов из нержавеющей стали также наносится маркировка на головке болта. Класс стали – А2 или А4 и предел прочности в $\text{кг}/\text{мм}^2$ – 50, 70, 80. Например А4-80: марка стали А4, прочность $80 \text{ кг}/\text{мм}^2=800 \text{ МПа}$.

Рекомендуется использовать более прочные болты, чтобы уменьшить его диаметр и соответственно меньше ослаблять сечение.

Приведем примеры расчета нагрузки по классу прочности материала и резьбе:

Болт М12 с классом прочности 8.8 имеет размер $d_2 = 10,7\text{мм}$ и расчетную площадь сечения $89,87\text{мм}^2$. Тогда максимальная нагрузка составит: Округл. $(8*8*10)*89,87 ; 0) = 57520$ Ньютон, а расчетная рабочая нагрузка – $57520 \times 0,5 / 10 =$ приблизительно 2,87 тонны. Для болта М12 из нержавеющей стали А2-70 та же расчетная рабочая нагрузка не должна превышать половину значения предела текучести и составит $250 \times 89,87 / 20 =$ приблизительно 1,12 тонны, а для М12 А4-80 – 1,34 тонны.

Таблицы нагрузок для болтов из углеродистой и нержавеющей стали:

Марка стали		ST-4.6		ST-8.8		A2-70		A4-80		
РЕЗЬБА	d_2 , мм	Площадь по 62, тг^2	Макс. нагрузка, Ньютон	Рабочая нагрузка, кг						
М1	0,8	0,5	121	0	322	10	126	0	151	0
М2	1,7	2,27	544	20	1 452	70	567	20	681	30
М3	2,6	5,31	1 274	60	3 396	160	1 327	60	1 592	70
М4	3,5	9,62	2 308	110	6 154	300	2 404	120	2 885	140
М5	4,4	15,2	3 647	180	9 726	480	3 799	180	4 559	220
М6	5,3	22,05	5 292	260	14 112	700	5 513	270	6 615	330
М8	7,1	39,57	9 497	470	25 326	1 260	9 893	490	11 872	590
М10	8,9	62,18	14 923	740	39 795	1 980	15 545	770	18 654	930
М12	10,7	89,87	21 570	1 070	57 520	2 870	22 469	1 120	26 962	1 340
М14	12,6	124,63	29 910	1 490	79 761	3 980	31 157	1 550	37 388	1 860

M16	14,6	167,33	40159	2 000	107 092	5 350	41 833	2 090	50199	2 500
M20	18,3	262,89	63 093	3 150	168 249	8 410	65 722	3 280	78 867	3 940
M24	21,9	376,49	90 359	4 510	240 956	12 040	94 123	4 700	112 948	5 640
M27	24,9	486,71	116 810	5 840	311 493	15 570	121 677	6 080	146 012	7 300
M30	27,6	597,98	143 516	7170	382 708	19130	149 495	7 470	179 394	8 960



КЛЮЧИ

Чаще всего при затяжке болтовых соединений на различных конструкциях в домашнем хозяйстве используются обычные гаечные ключи – торцевые, рожковые и накидные. Однако в таком случае точно определить момент затяжки тяжело, поэтому в промышленном производстве и ремонтных мастерских опытные слесари применяют специальные динамометрические ключи или пневматические гайковерты, главное достоинство которых – возможность выставить требуемый уровень затяжки, зависящий от типа механизма.

Чтобы открутить болт, используют те же самые ключи, однако в старых конструкциях чаще всего болты сильно «прикипают» к гайке из-за коррозии. Для безопасного откручивания применяют несколько простых способов: использование проникающей смазки WD-40 аэрозольного типа; небольшое постукивание по ржавому болту молотком для разрушения ржавчины в профиле резьбового соединения; небольшой проворот гайки в сторону закручивания (всего на несколько градусов).

Универсальный ключ для болтов и гаек предназначен для откручивания и закручивания крепежных деталей различного диаметра и конструкции. С его помощью монтажные и демонтажные работы выполнять намного удобнее, быстрее и легче. Существует несколько разновидностей универсального ключа. Следует выяснить, для чего он нужен, какие действия можно выполнять с его помощью и как правильно выбирать.

Разновидности и назначение Наиболее распространенными видами универсального ключа для болтов и гаек являются торцевой с головкой и самофиксирующийся.

Самофиксирующийся инструмент отличается принципом работы. Его главной деталью является храповой механизм с быстрой регулировкой. Человек, работающий с этим ключом, может незамедлительно подогнать размер инструмента под головку болта или гайки. Самонастраивающаяся конструкция избавляет мастера от необходимости постоянного съема

ключа с крепежей во время закручивания или откручивания. Уникальный выпуклый рельеф губок обеспечивает сохранение целостности гайки. Широкий диапазон регулировки размеров исключает необходимость в применении других ключей, поскольку с помощью универсального самонастраивающегося инструмента можно выполнить большую часть монтажа и демонтажа металлических конструкций, скрепленных болтами или гайками. Благодаря храповому механизму снижается нагрузка на руку мастера, сокращается время работы, а рукоятка возвращается в исходное положение в считанные секунды.

Торцевой ключ. Торцевой универсальный специнструмент значительно отличается от предыдущего. Конструкция дополнена головкой с универсальным гнездом, которое при контакте с крепежной деталью сразу же принимает ее форму. Он подходит для работы с болтами с шестигранными головками, гайками, винтами, крючками и другими видами крепежей. Главным преимуществом торцевого ключа считается большой диапазон регулировки. Головка с гнездом легко справляется с деталями, чей размер варьируется от 7 до 19 мм. То есть лишь одним таким инструментом можно собрать и разобрать самые разные конструкции. Многофункциональность торцевика достигается за счет его головки. Она состоит из 54 элементов, сделанных из сверхпрочной стали и закрепленных на пружинах. Именно благодаря пружинам головка способна подстроиться под размер и форму гайки, надежно зажимает ее и вращает в нужную сторону. Торцевые и самофиксирующиеся инструменты позволяют мастеру быстро выполнить необходимый объем работы. Они являются хорошей альтернативой обычным рожковым двусторонним ключам.

Методы определения диаметра ключа.

Универсальные инструменты сконструированы таким образом, что исчезает необходимость в подборе нужного размера ключа. Их рабочие узлы самостоятельно подстраиваются под диаметр гайки. Но в продаже есть экземпляры, диапазон настроек которых не подходит для работы с диаметром имеющегося крепежа. В таком случае стоит знать, как

определить и подобрать размер. Существует два действенных метода. Нужно уметь определять необходимый диаметр ключа по диаметру резьбы детали. Для шестигранной гайки инструмент следует брать с диаметром, который соответствует расстоянию между параллельными гранями самой гайки. Чтобы не задействовать в замерах штангенциркуль или линейку, эту величину можно вычислить по диаметру резьбы крепежа. Такие данные содержатся в технической документации, которая прилагается к болтам и гайкам заводом-изготовителем.



Размер ключа можно вычислить по диаметру резьбы. Для стандартного диаметра резьбы даны два размера головки – уменьшенный и нормальный. Первый вариант встречается редко. Размерная сетка гаечных инструментов представлена ниже: ключ на 7 – болт 4 мм; на 8 – 5 мм; болт под ключ 10 имеет диаметр резьбы – 6 мм; 8 мм – инструмент №13; 10 мм – на 17; 12 мм – на 19; 14 мм – на 22. И так далее.

Размерная сетка. Определение размера «под ключ» по диаметру головки болта Второй метод не менее информативен, но нужно использовать дополнительные инструменты. Как уже говорилось, размер ключа соответствует расстоянию между двумя параллельными гранями гайки. Если информации об этой величине нет, то стоит взять миллиметровую линейку, а лучше штангенциркуль, и измерить это расстояние. При использовании линейки следует помнить, что ее нужно прикладывать точно через центральную точку головки болта. Это не всегда удастся сделать правильно, поэтому самый достоверный результат выдаст именно штангенциркуль. Размер болта «под ключ» будет соответствовать номеру инструмента.

Ключи для крепежей с внутренним шестигранником. Такие болты часто используют в приборах и машиностроении. Они имеют цилиндрическую головку, и для их ввинчивания или извлечения потребуется другой спецключ – угловой шестигранник.

Ключ-шестигранник. Размер шестигранного инструмента определяется аналогичным методом, только расстояние измеряют между противоположными сторонами внутреннего шестигранника. Подобные крепежи производятся по государственным стандартам, которые регламентируют соответствие диаметра резьбы конкретному размеру «под ключ». Для легкого подбора также можно использовать таблицу:

Размеры под ключ для болтов и гаек

Резьба	DIN931, DIN933, DIN934	DIN912
M4	7	3
M5	8	4
M6	10	5
M7	11	-
M8	13	6
M10	17 (16)	8
M12	19 (18)	10
M14	22 (21)	12
M16	24	14
M18	27	14
M20	30	17
M22	32 (34)	17
M24	36	19
M27	41	19
M30	46	22
M33	50	-
M36	55	27
M39	60	-

Размеры в скобках действительны для новых стандартов ISO

Пользоваться подобными таблицами удобно, особенно неопытным мастерам, которые еще не могут на глаз определить размер ключа под внутренний шестигранник. Подбирая инструмент с правильными параметрами, можно сохранить целостность гайки или головки болта, не «слизывая» их грани неподходящим инструментом.



Усилие, которое необходимо приложить для откручивания или ввинчивания крепежа, называется моментом затяжки. Закручивая резьбовое соединение, важно знать, с каким оптимальным усилием необходимо на него воздействовать. Если болт закрутить слабее, то со временем из-за вибраций он раскрутится. В итоге между деталями образуется люфт, который может привести к серьезным негативным последствиям. Если же метиз завинтить чересчур сильно, то повреждается резьбовое соединение или поверхности, которые скреплены крепежом. При чрезмерном воздействии срывается резьба, а детали трескаются. Во избежание разрушения специалисты советуют пользоваться динамометрическим ключом. Каждый вид болтов, гаек, винтов в зависимости от класса и размера имеет свой оптимальный момент протяжки. Класс прочности болта можно увидеть на его головке, а все необходимые значения затяжки внесены в удобную таблицу. Единица измерения усилия – Ньютоны-метры.

Динамометрический ключ – это также гаечный инструмент, который оснащен встроенным динамометром. Он относится к прецизионным инструментам, главным предназначением которых является затяжка крепежных деталей с точным моментом. Во время работы динамометр покажет границу максимальной затяжки, и это поможет качественно и без срыва резьбы закрутить или открутить болт. Для выкручивания болтов высокого класса прочности и призонных крепежей требуется увеличенная нагрузка на деталь. В таких ситуациях используют ключи Торкс, которые обеспечивают больший момент затяжки. Уникальность инструмента в том, что его рабочая поверхность имеет форму звездочки. Винты с соответствующим шлицем сделаны из прочного металла, благодаря чему можно прилагать большую силу для их извлечения. Благодаря особой форме бит головки и резьба крепежа сохраняются в целостности.

Таблица для определения момента затяжки

	Класс прочности									 mm
	3.6	4.6	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	
	N.m									
M 1.6	0.05	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.21	0.26	0.31	3.2
M 2	0.11	0.14	0.18	0.24	0.28	0.38	0.42	0.53	0.63	4
M 2.5	0.22	0.29	0.36	0.48	0.58	0.78	0.87	1.09	1.31	5
M 3	0.38	0.51	0.63	0.84	1.01	1.35	1.52	1.9	2.27	5.5
M 4	0.71	0.95	1.19	1.59	1.91	2.54	2.86	3.57	4.29	7
M 5	1.71	2.28	2.85	3.8	4.56	6.09	6.85	8.56	10.3	8
M 6	2.94	3.92	4.91	6.54	7.85	10.5	11.8	14.7	17.7	10
M 8	7.11	9.48	11.9	15.8	19	25.3	28.4	35.5	42.7	13
M 10	14.3	19.1	23.8	31.8	38.1	50.8	57.2	71.5	85.8	17
M 12	24.4	32.6	40.7	54.3	65.1	86.9	97.7	122	147	19
M 14	39	52	65	86.6	104	139	156	195	234	22
M 16	59.9	79.9	99.8	133	160	213	240	299	359	24
M 18	82.5	110	138	183	220	293	330	413	495	27
M 20	117	156	195	260	312	416	468	585	702	30
M 22	158	211	264	352	422	563	634	792	950	32
M 24	202	270	337	449	539	719	809	1011	1213	36
M 27	298	398	497	663	795	1060	1193	1491	1789	41
M 30	405	540	675	900	1080	1440	1620	2025	2430	46
M 33	550	734	917	1223	1467	1956	2201	2751	3301	50
M 36	708	944	1180	1573	1888	2517	2832	3540	4248	55
M 39	919	1226	1532	2043	2452	3269	3678	4597	5517	60
M 42	1139	1518	1898	2530	3036	4049	4555	5693	6832	65
M 45	1425	1900	2375	3167	3800	5067	5701	7126	8551	70
M 48	1716	2288	2860	3813	4576	6101	6864	8580	10296	75
M 52	2210	2947	3684	4912	5895	7859	8842	11052	13263	80
M 56	2737	3650	4562	6083	7300	9733	10950	13687	16425	85
M 60	3404	4538	5673	7564	9076	12102	13614	17018	20422	90
M 64	4100	5466	6833	9110	10932	14576	16398	20498	24597	95
M 68	4963	6617	8271	11029	13234	17646	19851	24814	29777	100

Ключи Торкс Универсальный ключ для болтов и гаек – это особый вид инструментов. Они созданы для облегчения монтажных и демонтажных работ. При правильном их использовании они предупредят разрушение резьбы и соединяемых плоскостей, обламывание головок и «слизывание» их граней. Инструменты производят из прочных сплавов, обычно из хромванадиевого, поэтому даже при активной эксплуатации они могут прослужить не один десяток лет.

