

Исследование величины крутящего момента затяжки резьбовых соединений ударным винтовёртом Metabo SSD 18 LTX 200 BL на различных режимах

© Ф. М. Минаев, Д. А. Еловенко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлено экспериментальное исследование величины крутящего момента затяжки болтовых соединений с метрической резьбой М6, М8 и М10 ударным винтовёртом Metabo SSD 18 LTX 200 BL на различных режимах с использованием универсальной оснастки. Определение моментов затяжки резьбового соединения на каждом из десяти режимов работы ударного винтовёрта осуществлялось с помощью электронного динамометрического ключа. Результаты замеров момента затяжки показали, что десять режимов работы оборудования охватывают наиболее востребованный среднеразмерный интервал резьбовых соединений М6-М12 всех классов прочности, а также М14 до 8-го класса прочности с максимальной величиной крутящего момента от 10 до 100 Нм. Авторами приведены графические зависимости увеличения жесткого крутящего момента, достигаемого в резьбовом соединении при работе ударного механизма исследуемого аккумуляторного оборудования в течение трех секунд на всех десяти режимах работы для двух различных источников питания. В результате проведенного исследования доказана возможность применения ударного винтовёрта Metabo SSD 18 LTX 200 BL для повышения производительности процесса ручной сборки резьбовых соединений, указанного выше типоразмера, с контролем момента затяжки, без использования динамометрического инструмента.

Ключевые слова: крутящий момент затяжки, ударный винтовёрт, резьбовое соединение, крепежные элементы

Analysis of torque data for tightening screw joints with a Metabo SSD 18 LTX 200 BL impact screwdriver at different torque settings

© Fedor M. Minaev, Denis A. Elovenko

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The article presents an experimental study of the tightening torque value of bolt connections with metric thread M6, M8 and M10 with an impact screwdriver at different modes Metabo SSD 18 LTX 200 BL using a universal tool. We used an electronic torque wrench to determine the tightening torques for each of the 10 operating modes of the impact screwdriver. The results of torque measuring showed that 10 modes of equipment operation cover the most demanded middle size range of threaded connections M6-M12 of all strength classes, and also M14 up to the 8th strength class with maximum torque value from 10 to 100 Nm. The graphical dependences of the increase in the rigid torque achieved in the threaded connection during the work of the striking mechanism of the battery equipment under study for 3 seconds in all 10 operating modes for two different power sources are shown by the authors. As a result of this study, the Metabo SSD 18 LTX 200 BL impact screwdriver was proven to increase the productivity of the manual assembly of the above-mentioned threaded connections with torque control without the use of a dynamo-metric tool.

Keywords: tightening torque, impact screwdriver, threaded connection, fastening elements

Ручной аккумуляторный инструмент является неотъемлемой частью работы механиков и других специалистов в практике производственной, индустриальной и сервисной деятельности. В частности, широко применяются аккумуляторные гайковерты в производственной механо-сборочной, ремонтной и сервисной, а также строительной деятельности.

Большинство современных узлов машин и оборудования собираются по новым стан-

дартам с применением крепежных элементов, момент затяжки которых строго регламентирован, а расчетный запас прочности при этом крайне мал. Это позволяет снижать металлоемкость традиционного крепежа и существенно облегчать конструкции за счет применения в них новых прогрессивных материалов.

С другой стороны, существуют сложные узлы и сборочные единицы машин и оборуду-

дования, нормальное функционирование которых невозможно без контроля усилия затяжки их крепежных элементов на стадии сборочного цикла или ремонтных работ. Величину крутящего момента затяжки тех или иных крепежных элементов производитель указывает в технической, сервисной и/или нормативной документации на свою продукцию, но не всегда. В этом случае информацию о максимальной величине момента затяжки может дать маркировка самого крепежного изделия и соответствующий руководящий документ на него¹. Необходимость придерживаться строго определенного значения момента затяжки или небольшого интервала его допустимого значения обусловлена также прочностными характеристиками крепежного элемента.

Для обеспечения требуемого значения момента затяжки используется динамометрический инструмент. Контроль динамометрическим инструментом уровня момента затяжки ответственных резьбовых соединений в любом сборочном процессе требует сравнительно высоких временных затрат. Как следствие, такой процесс ручной сборки всегда имеет низкую производительность.

Целью нашего исследования является экспериментальное определение моментов затяжки резьбового соединения на каждом из 10-ти режимов работы ударного винтовёрта Metabo SSD 18 LTX 200 BL (рис. 1), и определение возможности повышения производительности процесса ручной сборки резьбовых соединений среднеразмерными крепежными элементами без использования динамометрического инструмента.

В качестве объекта исследования был выбран аккумуляторный ударный винтовёрт (импакт) Metabo SSD 18 LTX 200 BL. Проведенный нами поиск и обзор не выявил каких-либо аналогичных, подобных, либо чем-то схожих исследований. Можно утвердительно говорить о том, что данная работа проводится впервые. Исследование каждого из 10-ти режимов работы выбранного нами импакта будет проводиться на среднеразмерных крепежных элементах резьбовых соединений

типа болт-гайка, рассчитанных на максимально допустимый момент затяжки с учетом класса прочности от 10 до 100 Нм. В руководстве по эксплуатации данного ударного винтовёрта нет никаких конкретных числовых данных относительно величины момента затяжки на соответствующих режимах работы². Указан лишь максимально возможный (достигаемый) момент затяжки на режиме Power, равный по данным завода изготовителя – 200 Нм.



Рис. 1. Заводское клеймо-наклейка и контактная группа узла подключения источника питания к оборудованию

Нами были собраны и оттестированы две аккумуляторные батареи 18V с целью последующего использования в качестве источников питания исследуемого оборудования.

Первая – АКБ 18V и 6 А*ч, собранная из промышленных ячеек Sony VTC6 производства Сингапур (рис. 2а), вторая – АКБ 18V и 4 А*ч, собранная из промышленных ячеек INR YXCD 18650 Q20 китайского бренда Heimerdinger (рис. 2б).

Исследуемый аккумуляторный ударный винтовёрт Metabo SSD 18 LTX 200 BL работает на режимах от 1 до 10. Изменение величины крутящего момента от минимального значения, соответствующего положению механизма регулировки скорости вращения шпинделя равному – 1 (рис. 3а), до максимального, соответствующего – 10 (рис. 3б), но не максимально возможному (режиме Power) в 200 Нм, является абсолютно неизвестным.

¹ Затяжка резьбовых соединений. Нормы затяжки и технические. Требования. Руководящий документ. РД 37.001.131-69.

² Оригинальное руководство по эксплуатации Metabo SSD 18 LTX 200 BL.

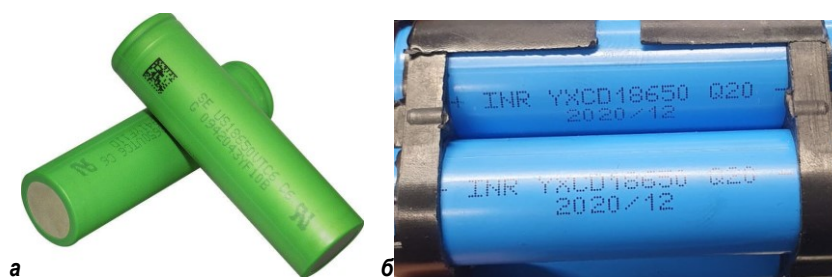


Рис. 2. Источники питания АКБ 18V

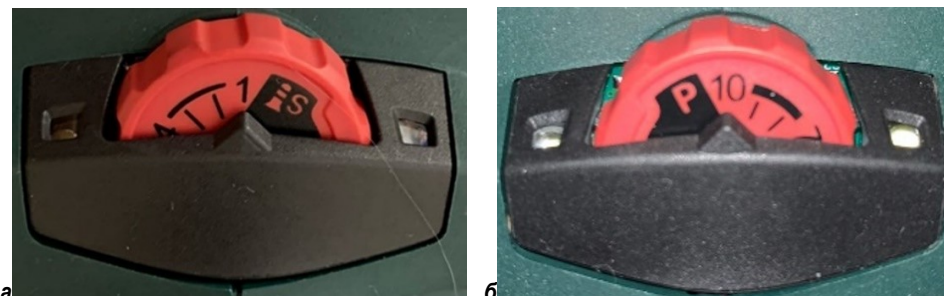


Рис. 3. Положение механизма регулировки скорости вращения шпинделя 1 для достижения минимального значения крутящего момента – а и 10 для достижения максимального значения крутящего момента – б

Для исследования ударного винтовёрта были выбраны крепежные элементы с метрической резьбой: М6, М8, М10 (рис. 4). Класс прочности для каждого соответственно: 5.8, 5.8, 8.8. Нормы затяжки резьбовых соединений взяты из ГОСТа РД 37.001-69.

Исследовательский эксперимент будет проведён следующим образом. Пластина из листовой стали толщиной 7,5 мм, со специально просверленными тремя отверстиями, соответствующими диаметрам выбранных крепежных элементов, неподвижно закреплена в тисках. В отверстие вставляется болт,

после чего с обратной стороны закрепляется гайкой. Затем при помощи рожкового ключа фиксируется положение гайки, с целью исключения ее нежелательного проворота при вкручивании болта ударным винтовёртом. Для болта с метрической резьбой М6 были выбраны режимы величины крутящего момента работы ударного винтовёрта: 1, 2, 3. Для болта с метрической резьбой М8 были выбраны режимы величины крутящего момента ударного винтовёрта: 4, 5, 6, 7. Для болта с метрической резьбой М10 режимы: 8, 9, 10.



Рис. 4. Крепежные элементы

Таблица 1. Нормы затяжки резьбовых соединений для метрической резьбы: М6, М8, М10.

Резьба	Диаметр опорной поверхности, мм	Класс прочности по ГОСТ 1759.0-87 [3]	
		Болт	
		5.8	8.8
		М _{кр.} максимальный	М _{кр.} максимальный
М6	10	7,1	10,8
М8	12–13	17	26
М10	14–16	33,3	51

В инструментальной наладке использовались универсальные адаптеры-переходники со шпинделя импакта 1/4" HEX на торцевые головки с посадочными размерами: 1/4, 3/8 и 1/2 дюйма (рис. 5).



Рис. 5. Компоновка инструментальной наладки трех вариантов установки универсальных соединительных переходников с 1/4" HEX на 1/4", 3/8" и 1/2" квадрат под инструментальную головку

Результатом исследования будет значение крутящего момента затяжки резьбового соединения ударным винтовёртом с АКБ на 6 А*ч и АКБ на 4 А*ч, определенное нами при помощи электронного динамометрического ключа-адаптера GROSS 14164³ путем фиксации максимальной величины момента при откручивании резьбового соединения.

Отметим также, что нам известны и специальные стенды контроля крутящего момента подобного (аналогичного) оборудования [8–10].

С целью повышения точности результатов эксперимента, каждый замер был проведен по три раза, после чего рассчитано среднее значение получаемого момента затяжки для каждого положения механизма регулировки скорости вращения шпинделя.

Таблица 2. Значения крутящих моментов на затяжке резьбового соединения при работе исследуемого оборудования от источника питания – АКБ 18V и 6 А*ч.

Резьба	Класс прочности болта	Режим работы	Значение крутящего момента			Ср. знач. крутящего момента
			1-й замер	2-й замер	3-й замер	
M6	5.8	1	11,2	13,4	12,6	12,4
		2	25	24,1	25	24,7
		3	28,9	27,6	27,8	28,1
M8	5.8	4	35,7	37	36,3	36,3
		5	49	48,7	49,3	49
		6	57,2	58,9	57,6	57,9
		7	72	70	70	72
M10	8.8	8	77,4	79	78,5	78,3
		9	89,9	93,4	93	92,1
		10	97,8	99,2	99,1	98,7

Таблица 3. Значения крутящих моментов на затяжке резьбового соединения при работе исследуемого оборудования от источника питания – АКБ 18V и 4 А*ч.

Резьба	Класс прочности болта	Режим работы	Значение крутящего момента			Ср. значение крутящего момента
			1-й замер	2-й замер	3-й замер	
M6	5.8	1	10,8	10,1	10,6	10,5
		2	22,3	21,6	21,8	21,9
		3	26,7	26,3	26,5	26,5
M8	5.8	4	33,9	33,8	34,9	34,2
		5	46,1	47	46,4	46,5
		6	55	54,9	56	55,3
		7	68,3	68,5	69,3	68,7
M10	8.8	8	77,4	76,8	77,1	77,1
		9	87,9	90,4	90,5	89,6
		10	94,1	95,7	95,8	95,2

³ Динамометрический инструмент GROSS. [Электронный ресурс]. URL: <https://gross-instrument.ru/product/kljuch-adapter-dinamometricheskij-elektronnyj-40-200-nm-12-gross-14164> (21.03.2022).

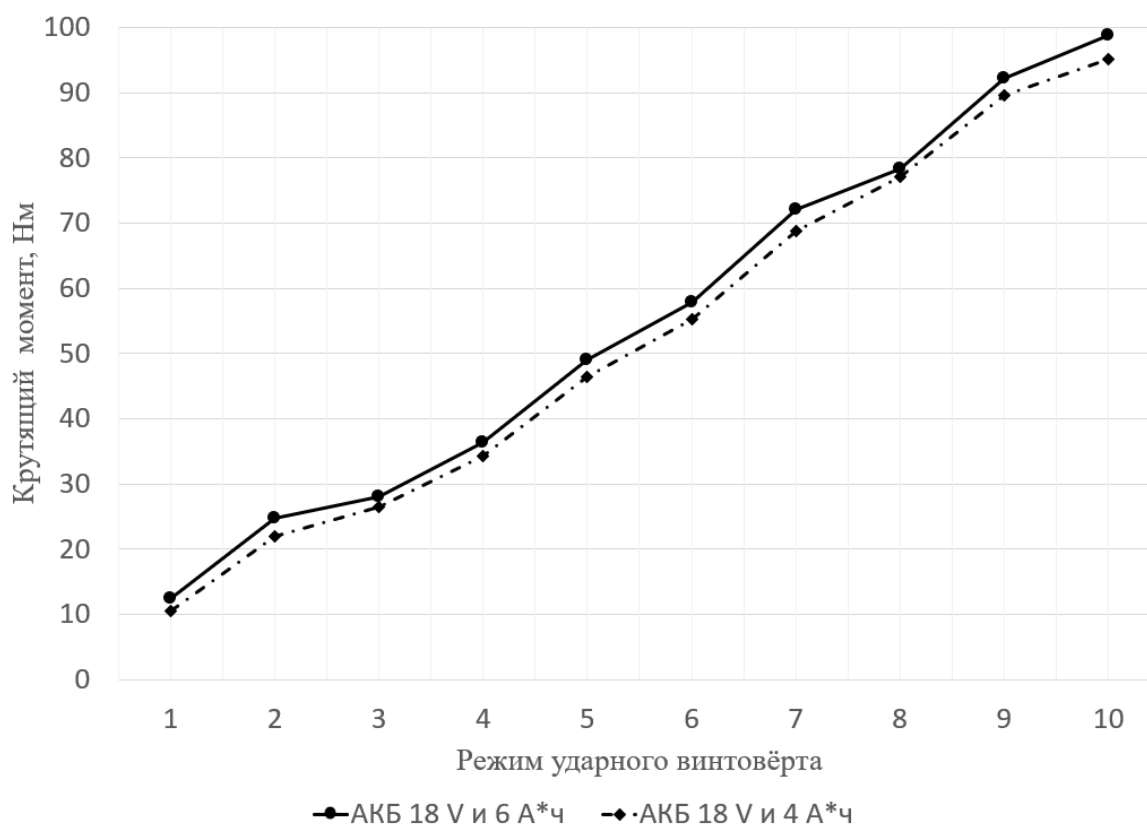


Рис. 6. График зависимости крутящего момента от режима ударного винтовёрта

По графику зависимости крутящего момента от выбранного режима ударного винтовёрта (рис. 6) видно, что АКБ 18V и 6 А*ч, собранной из промышленных ячеек Sony VTC6 производства Сингапур, дает большую токоотдачу при нагрузках и в целом работает эффективнее чем АКБ 18V и 4 А*ч, собранной из промышленных ячеек INR YXCD 18650 Q20 китайского бренда Heimerdinger. Средняя разница в получаемых значениях крутящего момента составляет 6 % в пользу АКБ на 6 А*ч.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что величина жесткого крутящего момента испытанного инструмента изменяется в пределах от 10,5 (12,4) Нм на первом режиме работы до 95,2 (98,7) Нм на десятом режиме работы преимущественно неравномерно. Этот факт можно объяснить наличием возможных систематических погрешностей. Однако в целом кривая изменения крутящего момента (рис. 6) имеет пропорциональный вид.

Опираясь на полученные результаты,

можно сделать вывод о возможности применения ударного винтовёрта Metabo SSD 18 LTX 200 BL, как средства автоматизации ручной сборки среднеразмерных крепежных элементов резьбовых соединений М6-М12 всех классов прочности, а также М14 до 8-го класса прочности с диапазоном значений максимально допустимых моментов затяжки от 10 до 100 Нм. Такое решение позволит существенно повысить производительность процесса ручной сборки различных узлов и компонентов машин и оборудования без использования динамометрического инструмента.

Остается только добавить, что в известной нам практике современных изделий объектов автомобилестроения, бытовой гражданской транспортной, обрабатывающей, инструментальной спецтехники, быстровозводимых каркасных объектах гражданского строительства, а также в практике ремонта и сервиса, подавляющее большинство (по нашим оценкам в среднем до 75 %) всех крепежных элементов в разъемных соединениях, требуют жесткого момента затяжки до 100 Нм.

Список источников

1. ГОСТ 1759.0-87. Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия. Издание официальное. М.: Стандартиформ. 2006.
2. Гельфанд М. Л., Ципенко Д. И. Сборка резьбовых соединений. М.: Машиностроение, 1987. 109 с.
3. Биргер И. А., Иоселевич Г. Б. Резьбовые соединения. М.: Машиностроение, 1973. 156 с.
4. Житникова И. В. Обоснование момента сопротивления в резьбе при ударной затяжке резьбовых соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 10. С. 41–44.
5. Андриенко Л. А., Байков Б. А., Ганулич И. К., Клыпин А. В. и др. Детали машин. М.: Изд-во МГТУ, 2007.
6. John D. Reiff, M. Sc. A procedure for Calculating of Torque Specifications for Bolted Joints with Prevailing Torque. Journal of ASTM International, 2005. Vol. 2. No 3. Paper ID JAL 12879.
7. Грейвс Ф. Е. Болты и гайки // В мире науки. 1984. № 8.
8. Устинов В. В. Стенд контроля крутящего момента гайковертов. Патент на изобретение RU 2354944 С2, 10.05.2009. Заявка № 2007114001/28 от 13.04.2007.
9. Устинов В. В. Стенд контроля крутящего момента пневматических гайковертов. Патент на изобретение RU 2394214 С2, 10.07.2010. Заявка № 2008130234/28 от 21.07.2008.
10. Жаров С. В., Сорокин В. Н., Устинов В. В. Стенд контроля крутящего момента пневматических гайковертов. Патент на изобретение RU 2552870 С1, 10.06.2015. Заявка № 2014108035/28 от 03.03.2014.

Информация об авторах / Information about the Authors

Денис Александрович Еловенко,
кандидат технических наук,
доцент кафедры конструирования и
стандартизации машиностроения,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
elovenko03@gmail.com

Denis A. Elovenko,
Cand. Sci. (Engineering Science),
Professor of Design and Standardization in Mechanical
Engineering Department,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
elovenko03@gmail.com

Федор Михайлович Минаев,
студент группы СДМ-18-1,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
minaev3000@inbox.ru

Fedor M. Minaev,
Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
minaev3000@inbox.ru