

УДК 621.882.002.72

к.т.н. Сотников А. Л.,
Щербина С. В.
(ДонНТУ, г. Донецк, ДНР)

СБОРКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ ПРИЛОЖЕНИЯ ОСЕВЫХ СИЛ

На основе выполненного анализа конструктивных особенностей промышленного оборудования даны рекомендации по назначению длины болтов и размеров верхних деталей стыка при конструировании крупногабаритных резьбовых соединений из условия выполнения их сборки методом приложения осевых сил.

Ключевые слова: резьбовое соединение, болт, метод приложения осевых сил, гидроключ, конструирование, оборудование.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Широко применяемый в промышленности метод сборки крупногабаритных резьбовых соединений приложением внешнего крутящего момента имеет ряд недостатков. Наибольшими недостатками является то, что в материале болтов:

1) невозможно с высокой точностью создать расчетные значения силы предварительной затяжки ($\pm(20-40)\%$ [1]);

2) возникающие в соединении касательные напряжения приводят к снижению его безотказности в процессе эксплуатации. При неблагоприятных условиях (например, тугая или деформированная резьба) они могут значительно увеличиться, обуславливая тем самым перегрузку болтов уже на стадии сборки [1].

Метод приложения осевых сил для затяжки крупногабаритных резьбовых соединений обладает рядом преимуществ в сравнении с методом приложения внешнего крутящего момента. Во-первых, обеспечивается точное значение силы затяжки соединения (экспериментально установлено, что погрешность не превышает $\pm 2,5\%$) [2, 3]; во-вторых, повышается безотказность резьбовых соединений [2–4] за счет отсутствия предпосылок для возникновения касательных напряжений; в-третьих, отпадает необходимость применения дополнительных деталей для стопорения соединения; в-

четвертых, снижается трудоемкость сборки крупногабаритных резьбовых соединений.

Анализ исследований и публикаций

В настоящее время разработаны различные конструкции гидравлических устройств (далее — гидроключей), позволяющих реализовать этот метод сборки.

В работе [5] рассмотрены основные требования, выполнение которых на этапе конструирования и изготовления резьбовых соединений позволит осуществить сборку крупногабаритных соединений данными гидроключами. Однако эти требования не учитывают следующих особенностей конструкций резьбовых соединений: оборудование в зоне соединения имеет выступающие конструктивные элементы, препятствующие установке и функционированию гидроключей; соединение находится в нишах корпусных деталей оборудования; несколько рядом расположенных соединений находятся близко друг к другу, что также не дает возможности установить гидроключ и т. п. Данные особенности промышленного оборудования не позволяют выполнять затяжку болтов гидроключами.

Цель (задачи) исследований.

В связи с этим необходимо рассмотреть дополнительные требования, которые следует учитывать при конструировании оборудования для осуществления сборки крупногабаритных резьбовых соединений методом приложения осевых сил.

Задачей настоящей работы является определение требований к конструкции крупногабаритных резьбовых соединений для их сборки гидроключами методом приложения осевых сил.

Изложение материалов исследований.

Первым из известных устройств для сборки крупногабаритных резьбовых соединений является конструкция разработки и производства НПК «ГидрУМ» (в настоящее время — ООО «Завод ГидрУМ») [6]. Эти устройства (рис. 1) были разработаны применительно к металлургическому оборудованию и начали применяться в 1993 г. на ОАО «Макеевский металлургический комбинат». В настоящее время кроме металлургических предприятий они применяются для сборки крупногабаритных резьбовых соединений на машиностроительных заводах, предприятиях горнодобывающего комплекса, в сфере энергомашиностроения и пр.

Современный серийный ряд гидроключей, называемых также тянущими ключами или шпильконатяжителями, позволяет осуществлять затяжку болтов и шпилек в следующих диапазонах резьбы: 1) М30-М36; 2) М42-М52; 3) М56-М64 и 4) М72-М90; 5) до М100; 6) до М120; 7) до М130 [1,6].

Каждое такое устройство имеет сменную втулку, которая накручивается на резьбу затягиваемого болта или шпильки. В зависимости от применяемой резьбы в комплект каждого устройства может входить несколько сменных втулок, например, М30, М33, М36. При этом каждая сменная втулка имеет резьбу как с крупным, так и с мелким шагом.

К основным требованиям, которые необходимо обеспечить при конструировании и изготовлении резьбовых соединений нового или модернизируемого оборудования, монтируемого с использованием указанных гидроключей, относится следующее [5].

Первым требованием является обеспечение перпендикулярности оси отверстия под болт поверхности верхней детали стыка, на которую необходимо установить

гидроключ. Второе требование относится к необходимости иметь такие размеры поверхности верхней детали, чтобы на нее можно было установить соответствующий гидроключ из серийного ряда. Третье требование заключается в том, чтобы болт имел в собранном резьбовом соединении 6–8 свободных витков резьбы над гайкой.

Традиционно при конструировании крупногабаритных резьбовых соединений промышленного оборудования давались рекомендации по назначению размеров поверхностей, на которые будут устанавливаться шайбы и гайки, с учетом того, что затягивать болты будут методом приложения внешнего крутящего момента. Поэтому предусматривалась только горизонтальная площадка верхней детали, размеры которой больше диаметра шайбы, как правило, на 10 %.

Это хорошо видно на примере крепления шпилек шестеренной клетки главного привода черновой группы конструкции ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (рис. 2).

Для крепления корпуса шестеренной клетки к фундаменту, а также верхней и нижней частей между собой используются шпильки 1 большого диаметра (см. рис. 2). Во втором случае шпилька имеет необходимое количество витков резьбы над гайкой 2 для сборки крупногабаритных резьбовых соединений методом приложения осевых сил, а в первом – не имеет.



Рисунок 1 Внешний вид гидроключа конструкции ООО «Завод ГидрУМ»

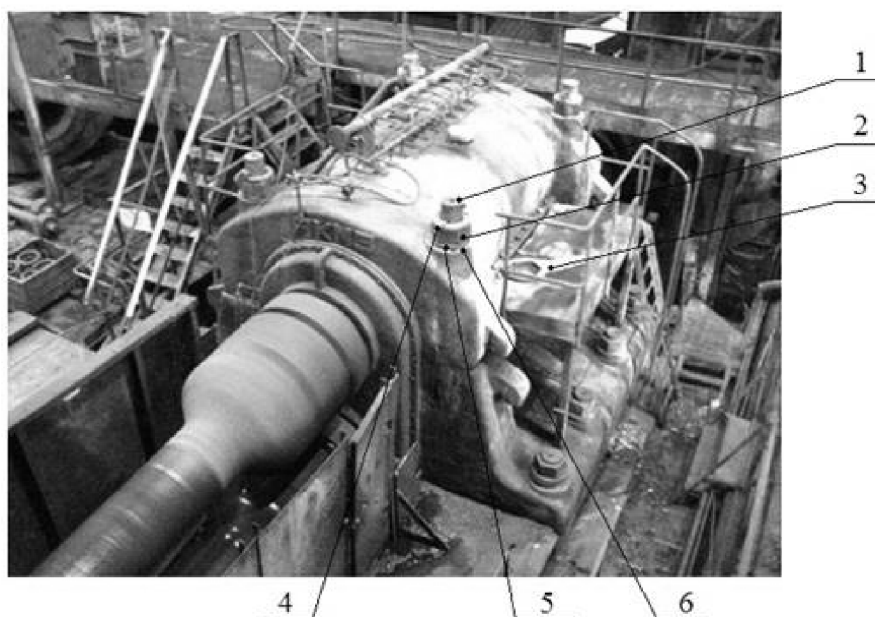


Рисунок 2 Шестеренная клеть главного привода черновой группы:
 1 – шпилька; 2 – гайка; 3 – гаечный ключ; 4 – стопорящий элемент;
 5 – шайба; 6 – площадка для установки шайбы

Крышка и корпус клетки изготовлены методом литья. Для установки шайбы 5 и гайки 2 выполнены приливы, на которых имеется горизонтальная площадка 6. На рабочей площадке около клетки показан гаечный ключ 3, применяемый для сборки рассматриваемых резьбовых соединений методом приложения внешнего крутящего момента. Для фиксации гаек относительно шпилек используют стопорящие элементы 4. Для приведенной шестеренной клетки невозможно применить метод сборки резьбовых соединений приложением осевых сил, так как в ее конструкции отсутствует горизонтальная площадка верхней детали с размерами, достаточными для установки гидроключа.

В редукторе на рисунке 3 крышка 4 к корпусу 3 и корпус к фундаменту крепится шпильками 1, имеющими более 10 витков резьбы над гайкой 2. В первом случае к шпилькам близко расположена вертикальная часть крышки редуктора. Во втором – шпильки расположены в углублении корпуса редуктора. Отмеченные особенности конструкции редуктора прокатной клетки также не позволяют установить гидроключ на

верхнюю деталь стыка и выполнить затяжку шпилек методом приложения осевых сил.

В рассмотренных конструкциях металлургического оборудования выполняются не все требования, необходимые для выполнения сборки крупногабаритных резьбовых соединений гидроключами из серийного ряда [5].

Первое из основных требований регламентировано соответствующими стандартами и предусматривает отклонение от перпендикулярности поверхности верхней детали стыка оси отверстия под болт не более 2° [5].

Для выполнения второго основного требования при конструировании деталей стыка крупногабаритных резьбовых соединений следует руководствоваться данными о массогабаритных размерах гидроключей (табл. 1).

На рисунке 4 показана схема установки гидроключа производства ООО «Завод ГидРУМ». Принцип его действия заключается в следующем. На гайку 8 устанавливается накидная гайка 5. Воротком 6 через отверстия в накидной гайке 5 поворачива-

ется гайка 8 до выбора зазора между нею и деталью стыка. Затем последовательно устанавливаются опора 4, корпус 7 и поршень 1. На стержень болта 3 воротком 6 накручивают до упора сменную втулку 2. Гидроключ подсоединяют к насосной станции, которая создает давление масла в системе до 63 МПа [1]. При этом поршень 1, сменная втулка 2 и болт 3 перемещаются вверх. Образовавшийся зазор между гайкой 8 и верхней деталью выбирают поворотом до упора накидной гайки 5 воротком 6. Разборка крупногабаритного резьбового соединения производится аналогично.

Фирма «KVALITET» [7] выпускает гидравлические устройства, аналогичные по

конструкции производимыми ООО «Завод ГидрУМ», но их габаритные размеры отличаются от приведенных в таблице 1. Поэтому при конструировании резьбовых соединений назначать размеры деталей группы стыка желательно для того устройства, которым будет осуществляться затяжка болтов методом приложения осевых сил или следует руководствоваться общими рекомендациями, приведенными далее.

В тех случаях, когда резьбовое соединение находится в нишах корпусных деталей оборудования (рис. 5), размеры детали, на которую будет устанавливаться гидроключ, должны назначаться с учетом размеров A , C и E .

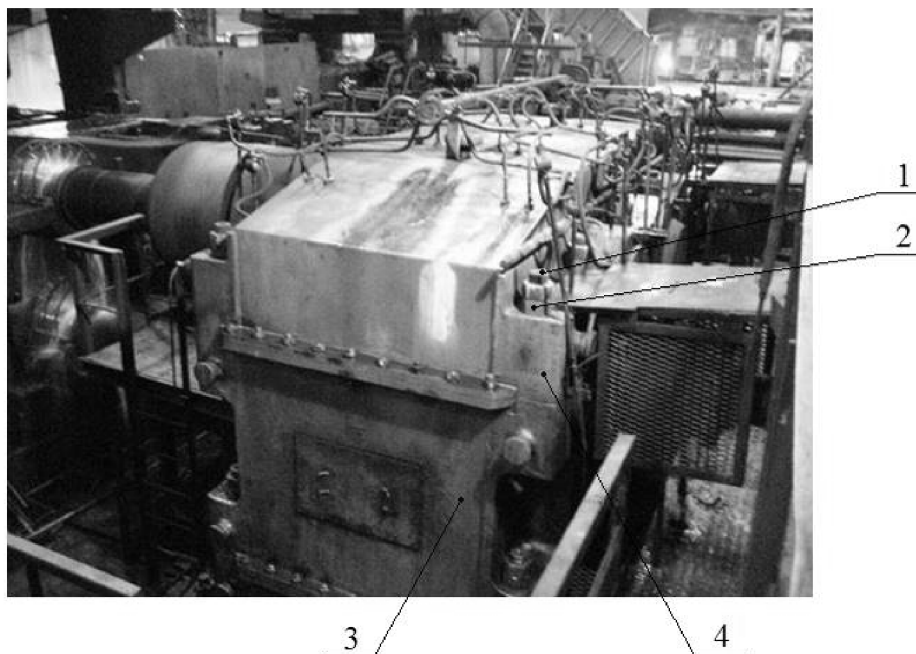


Рисунок 3 Редуктор главного привода клетки №1 стана 2000:

1 – шпилька; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – крышка

Таблица 1

Габаритные размеры и масса гидроключей из серийного ряда производства ООО «Завод ГидрУМ»

Номинальный диаметр резьбы, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
	диаметр опоры, D	диаметр корпуса, B	высота, H	
от М30 до М36	100	130	120	5,9
от М42 до М52	132	140	147	9,4
от М56 до М64	158	182	158	17,8
от М72 до М90	206	230	194	29,1

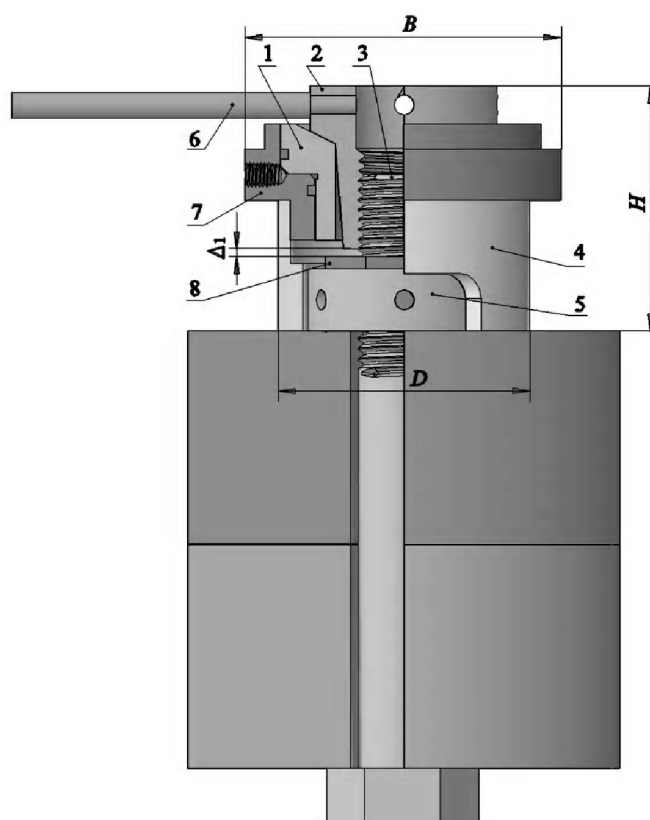


Рисунок 4 Схема установки гидроключа ООО «Завод ГидрУМ»:
 1 – поршень; 2 – сменная втулка; 3 – болт; 4 – опора; 5 – накидная гайка;
 6 – вороток; 7 – корпус; 8 – гайка

Размер A должен быть не менее 5–10 м. Размер C зависит от габаритных размеров деталей гидроключа и определяется производителем. Его значение зависит от длины сменной втулки, высоты гидроключа и гайки, длины болта над гайкой. Для различных конструкций гидроключей значение размера C составляет 50–90 % от высоты гидроключа H . Для гидроключа конструкции ООО «Завод ГидрУМ», затягивающего болты в диапазоне резьб М30-М36, $C \approx 0,7 \cdot H$. Расстояние E между осями болтов необходимо назначать из условий: возможности установки гидроключа на деталь и обеспечения плотности стыка после сборки.

Не менее значимым является назначение длины резьбовой части болта над гайкой с учетом необходимости его затяжки гидроключом методом приложения осевых сил (третье требование). В работе [5, с. 264] дается следующая рекомендация:

«для захвата 5–6 витков болта сменной втулкой необходимо, чтобы болт имел 6–8 свободных витков резьбы над гайкой». У гидроключей, выпускаемых ООО «Завод ГидрУМ», для каждого диаметра болта определен зазор D_1 между гайкой и сменной втулкой (см. рис. 4) и соответствующее ему количество полных витков резьбы с мелким и крупным шагом (табл. 2). Значения $\Delta 1$ были определены для нормальных по высоте гаек.

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показывает, что для затяжки болта М30 необходимо не 6–8 свободных витков резьбы над гайкой по рекомендациям работы [5], а 15–16 для резьбы с мелким шагом и 11–12 — для резьбы с крупным шагом. В то же время для затяжки болта М90 применяется сменная втулка большой длины, которая после установки гидроключа находится на расстоянии 1 мм от гайки.

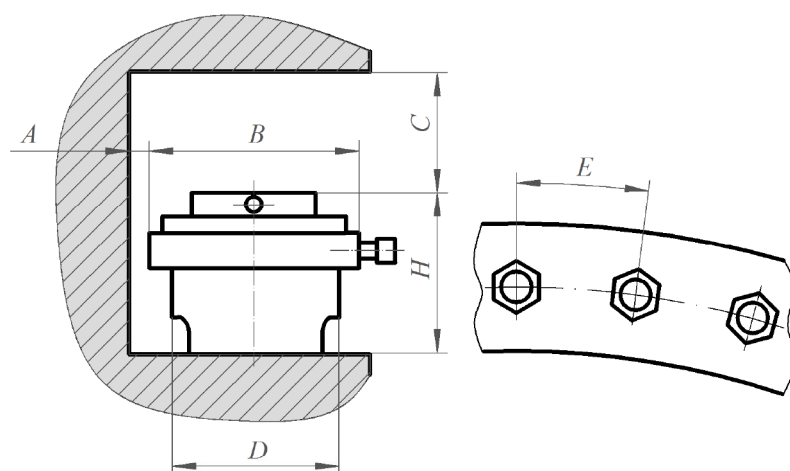


Рисунок 5 Схема к выбору размеров деталей для установки гидроключа для сборки резьбового соединения

Таблица 2

Параметры крупногабаритных резьбовых соединений и зависимость зазора между гайкой и сменной втулкой гидроключа конструкции ООО «Завод ГидрУМ»

Диаметр резьбы, мм	Δ_1 , мм	Количество полных витков резьбы с шагом	
		мелким	крупным
M30	21	10	6
M36	16	5	4
M42	19	6	4
M48	16	5	3
M52	12	4	2
M56	13	3	2
M64	7	1	1
M72	15	3	2
M80	9	1	1
M90	1	0	0

Для оптимизации условий сборки крупногабаритных резьбовых соединений необходимо, чтобы длина каждой сменной втулки в гидроключах из серийного ряда назначалась исходя из следующего условия: расстояние от нее до верхнего торца гайки должно быть равно 2–3 мм. При необходимости установки шайбы длина сменной втулки выбирается меньшей на значение ее толщины.

Таким образом, наряду с известными (основными) требованиями, предъявляе-

мыми к крупногабаритным резьбовым соединениям, необходимо учитывать дополнительные требования:

1) в зоне резьбовых соединений не должно быть выступающих элементов конструкции оборудования, препятствующих установке и функционированию гидроключей. Размеры деталей, на которые устанавливается гидроключ, и расстояние от него до выступающих элементов должны определяться габаритными размерами гидроключей;

2) длину стержня болта над гайкой необходимо назначать из условий: длина болта над гайкой должна иметь 6–8 полных витков резьбы, в зацеплении болта и сменной втулки должно быть 5–6 полных витков резьбы, а расстояние между верхней поверхностью гайки и нижним торцом сменной втулки — 2–3 мм.

Выполнение этих рекомендаций позволит установить на детали стыка соответствующий гидроключ из серийного ряда и осуществить сборку крупногабаритных резьбовых соединений. После сборки в материале болта будет создана только растягивающая сила с точностью $\pm 2,5\%$.

Выводы.

Анализ конструкций промышленного оборудования показал, что принятые конст-

руктивные решения крупногабаритных резьбовых соединений основаны на применении для их сборки метода приложения внешнего крутящего момента. Для возможности затяжки болтов большого диаметра методом приложения осевых сил требуется изменение подхода к конструированию деталей группы болта и группы стыка. В связи с этим были разработаны рекомендации по назначению размеров крупногабаритных резьбовых соединений при конструировании промышленного оборудования, применение которых позволит реализовать на практике метод сборки соединений приложением осевых сил, что даст значительный технико-экономический эффект.

Библиографический список

1. Седуш, С. В. *Расчет и конструирование гидравлических инструментов [Текст]* / С. В. Седуш. — Донецк : Мир, 2004. — 152 с.
2. Седуш, В. Я. *Сборка крупногабаритных резьбовых соединений методом приложения осевых сил [Текст]* / В. Я. Седуш, С. В. Щербина // *Защита металлургических машин от поломок: сб. науч. тр. – Мариуполь : ПГТУ, 2002. — Вып. 6. — С. 116–122.*
3. Щербина, С. В. *Создание силы предварительной затяжки в болтах крупногабаритных резьбовых соединений подшипниковых узлов роликов рольгангов блюмингов [Текст]* / С. В. Щербина // *Металлургические процессы и оборудование. — 2007. — № 4. — С. 39–42.*
4. *Расчет усилия предварительной затяжки резьбового соединения полого вала редуктора [Текст]* / А. Л. Сотников и др. // *Металлургические процессы и оборудование. — 2013. — № 2. — С. 50–57.*
5. Щербина, С. В. *Конструирование промежуточных деталей для сборки крупногабаритных резьбовых соединений гидравлическим устройством [Текст]* / С. В. Щербина // *Прогрессивные технологии и системы машиностроения: межд. сб. науч. тр. — Донецк : ДонНТУ, 2008. — Вып. 35. — С. 262–268.*
6. Седуш, С. В. *Новый инструмент для сборки и разборки резьбовых соединений [Текст]* / С. В. Седуш, С. В. Щербина, А. В. Нижник // *Информационный листок № 80-94. — Донецк : Центр научно-технической и экономической информации, 1994. — 2 с.*
7. *Домкраты тензорные (шпильконатяжители) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://kvalitet.pp.ua/product/1103261-domkrati-tenzornie-shpilkonatyagiteli.html>*

© Сотников А. Л.

© Щербина С. В.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. СИиИГ ЛГУ им. Даля Харламовым Ю. А., к.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Ульяницким В. Н.

Статья поступила в редакцию 27.01.17.

к.т.н. Сотніков О. Л., Щербина С. В. (ДонНТУ, м. Донецьк, ДНР)

ЗБИРАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ МЕТОДОМ ПРИКЛАДАННЯ ОСЬОВИХ СИЛ

На основі виконаного аналізу конструктивних особливостей промислового обладнання надані рекомендації по призначенню довжини болтів і розмірів верхніх деталей стику при конструюванні великогабаритних різьбових з'єднань із вимоги їх збирання методом прикладання осьових сил.

Ключові слова: різьбове з'єднання, болт, метод прикладання осьових сил, гідроключ, конструювання, обладнання.

PhD Sotnikov A. L., Shcherbina S. V. (DonNTU, Donetsk, DPR)

ASSEMBLY OF LARGE-SIZE SCREWED JOINTS BY AXIAL FORCES APPLICATION METHOD

Relying on executed analysis of design peculiarities of industrial equipment there have been given recommendations on using a certain length of bolts and dimensions of upper joint components at designing large-size screwed joints providing their assembly by axial forces application method.

Key words: screwed joints, bolt, axial forces application method, hydraulic wrench, design, equipment.