

## Корректирующие мероприятия по увеличению допускаемого рабочего давления по результатам экспертизы промышленной безопасности устройств сужающих быстросменных, изготовленных по ТУ 51-72-87

Крылов Д.И.<sup>1</sup>, Макеев М.В.<sup>2</sup>, Мищенко И.Г.<sup>3</sup>, Рамзин А.Б.<sup>4</sup>, Тарасов П.А.<sup>5</sup>, Яшников Д.В.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Крылов Денис Иванович / Krylov Denis Ivanovich – заместитель заведующего отделом оценки соответствия;

<sup>2</sup>Макеев Максим Владимирович / Makeev Maxim Vladimirovich – заведующий отделом оценки соответствия;

<sup>3</sup>Мищенко Игорь Григорьевич / Mishchenko Igor Grigorevich – кандидат технических наук, заместитель технического директора;

<sup>4</sup>Рамзин Алексей Борисович / Ramzin Aleksey Borisovich – заместитель заведующего лабораторией неразрушающего контроля, технического диагностирования и металловедения;

<sup>5</sup>Тарасов Павел Андреевич / Tarasov Pavel Andreevich – инженер 1-ой категории отдела оценки соответствия;

<sup>6</sup>Яшников Даниил Валерьевич / Yashnikov Daniil Valerevich – инженер 2-ой категории лаборатории неразрушающего контроля, технического диагностирования и металловедения,

Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро нефтеаппаратуры», г. Подольск

**Аннотация:** в данной статье представлены корректирующие мероприятия, разрабатываемые по результатам технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности, которые могут повлиять на увеличение допускаемого рабочего давления и максимально возможное приближение его к проектному рабочему давлению устройств сужающих быстросменных, изготовленных по ТУ 51-72-87.

**Abstract:** this article presents the corrective actions being developed based on the results of technical diagnostics and expertise of industrial safety, which may affect the increase in the allowable operating pressure and as close as possible to its design working pressure devices narrowing quick-made TU 51-72-87.

**Ключевые слова:** устройство сужающее быстросменное, контактирующий фланец, неконтактирующий фланец, корректирующие мероприятия, экспертиза промышленной безопасности.

**Keywords:** quick-narrowing unit, contacting flange, non-contacting flange, corrective actions, expertise of industrial safety.

Методика расчета [1] на статическую прочность устройств сужающих быстросменных (УСБ), изготовленных по ТУ 51-72-85 [2], применённая специалистами АО «ЦКБН» в ходе экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) данных технических устройств, показала следующее:

- УСБ работают с нормативными запасами прочности в исполнении УСБ 00.000 00-03; 05; 06; 10; 11; 15; 20; 25; 30; 35;

- в других исполнениях УСБ работают с ненормативными запасами прочности для шпилек или резьбы корпуса, в случае работы с рабочими давлениями согласно ТУ 51-72-87 [2]. Допускаемое рабочее давление УСБ существенно ниже проектного.

В соответствии с Приказом [3] в заключениях ЭПБ были определены корректирующие мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации УСБ, в том числе и мероприятия связанные с конструктивной доработкой УСБ, работающих с ненормативными запасами прочности, при эксплуатации их с рабочими давлениями согласно ТУ 51-72-85 [2]. При невозможности достижения значений рабочего давлениями УСБ, установленного ТУ 51-72-85 [2], даже за счёт конструктивной доработки УСБ, с применением Методики [1] было определено новое допускаемое рабочее давление доработанного УСБ, при условии соблюдения нормативных запасов прочности при эксплуатации технического устройства. Допускаемое рабочее давление доработанного УСБ в результате конструктивных изменений должно быть выше, чем допускаемое рабочее давление, рассчитанное с применением Методики [1], у аналогичного УСБ, изготовленного по ТУ 51-72-85 [2] и максимально приближено к проектному рабочему давлению.

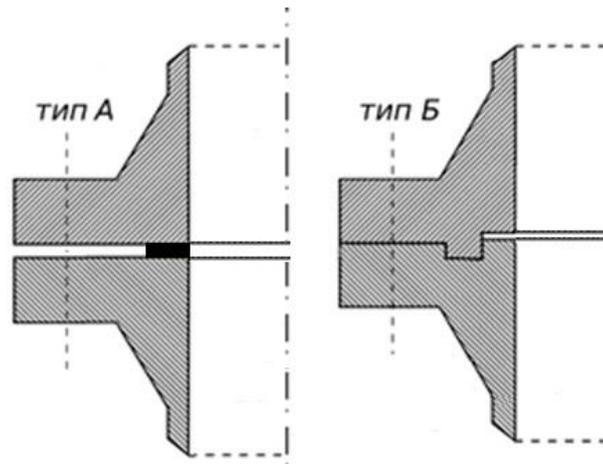
Корректирующие мероприятия, в части конструктивной доработки УСБ, могут производиться по следующим направлениям:

- изменение типа фланцевого соединения (переход от контактирующих (КФ) к неконтактирующим (НФ) фланцам (рис.1));

- применение материала, для изготовления элемента УСБ (шпилька, корпус), имеющего повышенное значение предела текучести по сравнению с материалом, установленным ТУ 51-72-85 [2], без изменения типа фланцевого соединения;

- увеличение диаметра шпильки по сравнению с диаметром, установленным ТУ 51-72-85 [2], без изменения типа фланцевого соединения;

- сочетание вышеуказанных трёх направлений доработки.



Тип А – неконтактирующий фланец;  
 Тип Б – контактирующий фланец.

Рис. 1. Схемы фланцевых соединений

Рассмотрим более подробно только первое направление доработки, так нагрузки, воздействующие на элементы УСБ, при его работе как КФ описаны в Методике [1], но не описаны для НФ. При работе УСБ, как НФ, нагрузка на болты может быть существенно меньшей, чем в соединении с КФ (при прочих равных условиях), поскольку болты будут нагружаться только усилием от давления [4; 5] и не нагружаются дополнительным усилием от контактного взаимодействия фланцев  $P_{cont}$ . Для пояснения рассмотрим рисунок 2 и рисунок 3. На рисунке 2 показано взаимное положение элементов фланца и корпуса в ненагруженном состоянии. Фланец соприкасается с корпусом по всей поверхности контакта. Плоскость контакта поверхностей соединения (плоскость разъема) находится на уровне плоскости  $Y=0$ .

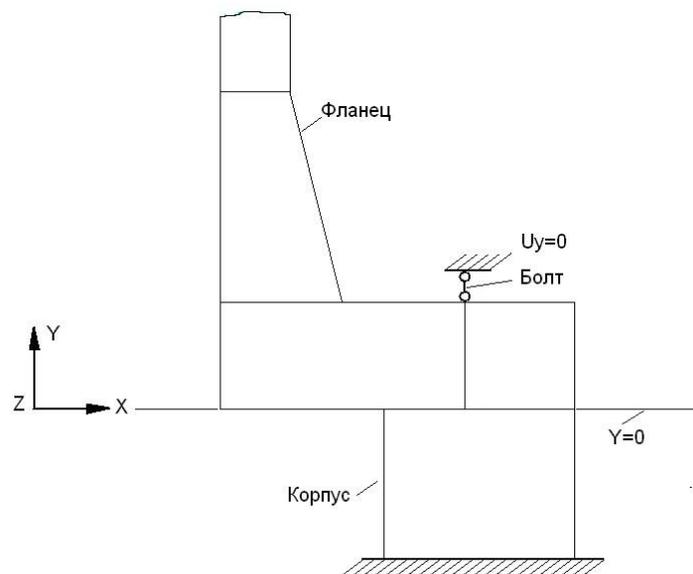


Рис. 2. Вид ненагруженного состояния фланцевого соединения «фланец-корпус»

На рисунке 3 показано взаимное положение элементов фланца и корпуса в нагруженном состоянии при условии, что контактное взаимодействие фланца и корпуса в периферийной части отсутствует (фланец свободно проходит сквозь корпус). При нагружении фланцевого соединения внутренним давлением, элементы соединения перемещаются в осевом и радиальном направлениях. Под действием давления стык фланцевого соединения раскрывается и центральная часть тарелки фланца отдалается от контактной поверхности корпуса, а периферийная часть, наоборот, перемещается навстречу корпусу.

Таким образом, расчётная модель для УСБ, как фланцевого соединения с НФ, будет аналогична расчётной модели представленной в Методике [1], за исключением отсутствия контактного усилия  $P_{cont}$ .

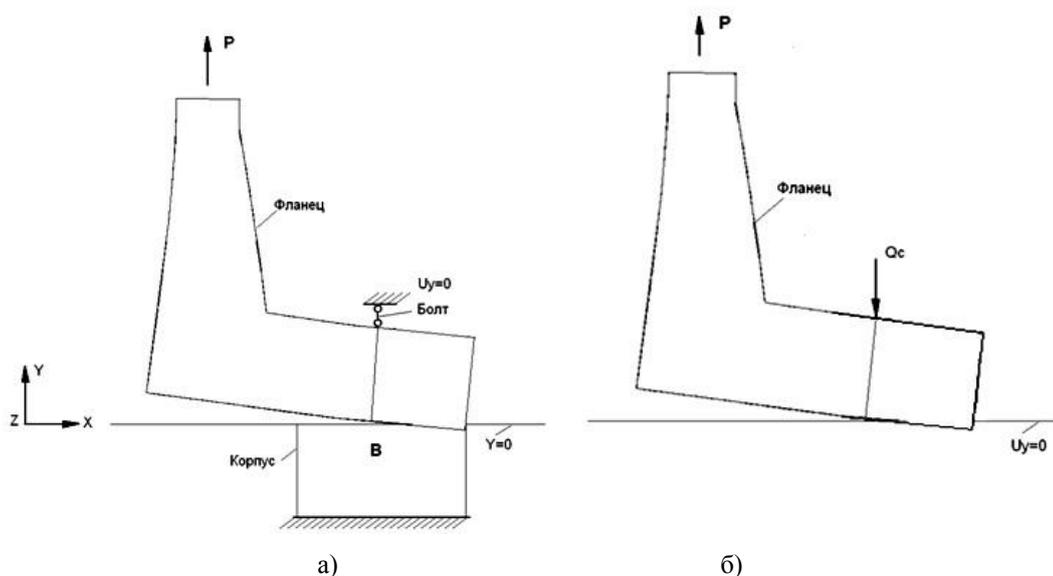


Рис. 3. Вид деформированного состояния фланцевого соединения «фланец-корпус», нагруженного внутренним давлением.

а - фланец не контактирует с корпусом; б – нагружение фланца только болтовым  $Q_c$  усилием (внутреннее давление не показано)

В дальнейшем для расчёта допускаемого рабочего давления для УСБ после проведения корректирующих мероприятий с применением конструктивной доработки технического устройства по направлениям, указанным выше, применяется Методика [1], если тип фланцевого соединения остается контактирующим, или имеющаяся методика расчёта неконтактирующих фланцев [6; 7], если тип фланцевого соединения становится неконтактирующим.

Результаты расчёта допускаемого расчётного давления УСБ, изготовленного по ТУ 51-72-85 [2], после корректирующих мероприятий с применением конструктивных доработок по направлениям, указанным выше, представленные в таблице для УСБ 700 × 10,0 (УСБ 00.000-42, в следующем исполнении: корпус – 10Г2; шпилька - 20ХН3А) показывают, что удаётся увеличить допускаемое рабочее давление на 34,5% по сравнению с допускаемым рабочим давлением, рассчитанным по Методике [1].

Таблица 1. Результаты расчёта допускаемого расчётного давления для УСБ 700 × 10,0 (УСБ 00.000-42) после конструктивной доработки

Тип фланца	№ п/п	Вид конструктивного изменения	Допустимое давление, МПа		
			до	после	%
КФ	1	Изменение материала шпильки (с 20ХН3А на 30ХГСА) <sup>1</sup>	4,17	4,17	0
	2	Изменение диаметра шпильки (с М24 на М27)	4,17	4,69	12,5
	3	Совместное выполнение п.1 и п.2	4,17	4,69	12,5
	4	Изменение материала корпуса (с 10Г2 на 09Г2С)	4,17	4,54	8,9
	5	Совместное выполнение п.3 и п.4	4,17	5,34	28,1
НФ	6	Изменение типа фланцевого соединения с КФ на НФ с проектными параметрами	4,17	4,38	5,0
	7	Изменение материала шпильки (с 20ХН3А на 30ХГСА)	4,17	4,38	5,0
	8	Изменение диаметра шпильки (с М24 на М27)	4,17	4,92	18,0
	9	Совместное выполнение п.7 и п.8	4,17	4,92	18,0

<sup>1</sup> Для данного исполнения УСБ шпилька не является «слабым» элементом технического устройства, ограничивающим повышение допускаемого рабочего давления УСБ. Для данного исполнения УСБ резьба в корпусе является «слабым» элементом технического устройства.

	10	Изменение материала корпуса (с 10Г2 на 09Г2С)	4,17	4,99	19,7
	11	Совместное выполнение п.9 и п.10	4,17	5,61	34,5

### *Литература*

1. *Крылов Д.И., Лебедев Н.С., Макеев М.В., Мищенко И.Г., Рамзин А.Б., Элкнин В.В.* Основы методики расчёта на статическую прочность устройств сужающих быстросменных, изготовленных по ТУ 51-72-87 // Проблемы современной науки и образования 2015. № 11 (41) стр. 79-84
2. ТУ 51-72-87 Устройства сужающие быстросменные. УСБ. Технические условия.
3. Приказ Минприроды Российской Федерации от 30.06.2010 №195 «Об утверждении Порядка продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах».
4. *Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Шнейдерович Р. М.* Расчет на прочность деталей машин. Справочное пособие. Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. И. А. Биргера. М., Машиностроение, 1966, 616 с.
5. *Биргер И. А., Иосилеви Г. Б.* Резьбовые и фланцевые соединения. М., Машиностроение, 1990, 368 с.
6. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. ГОСТ Р 52857.1-2007.
7. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. ГОСТ Р 52857.4-2007.