

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ДОПУСТИМОЙ УТЕЧКИ ИЗ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТАНДАРТОВ**

**Г. В. Божко<sup>1</sup>, В. Д. Продан, М. С. Фокина<sup>2</sup>, Н. И. Воробьева<sup>1</sup>**

*Кафедра «Процессы и аппараты химической технологии»(1), hitema@npp-htm.ru,  
Центр проектной деятельности (2),  
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Россия*

**Ключевые слова:** герметичность; крепежные элементы; прокладка; прокладочный коэффициент; разъемные соединения; терморасширенный графит; уплотняющие поверхности; фланцы.

**Аннотация:** В производствах нефтехимической, атомной, газовой промышленности используются высокие технологические параметры, и в первую очередь к ним относятся температура и давление. Технологические процессы, как правило, осуществляются в емкостном оборудовании, надежность которого определяется герметичностью его разъемных соединений. В период интеграции разработок, изготовления и использования оборудования химического, нефтехимического и других производств существует необходимость общих нормативных документов по их расчетам и изготовлению. По разным направлениям уже существует много общих европейских стандартов, применяемых в отдельных странах. В последнее время остро встал вопрос по созданию единых стандартов и в области герметичности разъемных соединений. Дан анализ литературных источников и в первую очередь существующих стандартов ведущих промышленных стран по расчету разъемных соединений на прочность и герметичность.

---

В настоящее время, в производствах нефтехимической, атомной, газовой промышленности используются высокие технологические параметры, и в первую очередь к ним относятся температура и давление. Постепенное уменьшение запасов нефти привело к развитию новых технологий для более полного извлечения продуктов из нефти. Эти технологии основаны на использовании средних, высоких и даже сверхвысоких давлений. Например, каталитический риформинг – современный, широко применяемый процесс для производства высокооктановых бензинов из низкооктановых, осуществляется в среде водородсодержащего газа при температуре 470...530° С и давлении 1...4 МПа. Другой процесс – гидрокрекинг – предназначен для получения малосернистых топливных дистиллятов из различного сырья, он более позднего поколения, чем каталитический крекинг и каталитический риформинг, поэтому более эффективно осуществляет те же задачи, что и эти два процесса. Газосырьевая смесь, пройдя теплообменник и змеевики печи, нагревается до температуры реакции 290...400 °С и под давлением 8...14 МПа вводится в реактор.

Нефтяные продукты, такие как минеральные удобрения, кислоты, получают при средних давлениях, а синтез аммиака идет при давлениях 36 МПа. В химических производствах начинают находить применение все более и более высокие давления.

Технологические процессы, как правило, осуществляются в емкостном оборудовании, которое рассчитывается, подбирается и работает необходимое время в определенном цикле заданных технологических параметров, которые не должны выйти из установленного режима. Любое емкостное оборудование имеет минимум три разъемных соединения, это крышка аппарата и хотя бы два штуцера для ввода исходного и вывода готового продуктов, не говоря о датчиках давления и температуры. Надежность работы оборудования, находящегося под давлением или вакуумом, во многом определяется герметичностью его разъемных соединений, то есть каждая единица оборудования должна иметь надежные разъемные герметичные соединения (РГС). При разгерметизации соединения нарушается технологический процесс, ухудшается качество продукта, нарушается экология, все это может привести к человеческим жертвам. Поэтому вопрос герметичности оборудования при эксплуатации установок весьма актуален.

В настоящее время, в период интеграции разработок, изготовления и эксплуатации оборудования химического, нефтехимического и других производств из разных стран, существует необходимость общих нормативных документов по их расчетам и изготовлению. По разным направлениям уже существует ряд общих европейских стандартов, применяемых в отдельных странах. В последнее время остро встал вопрос по созданию единых стандартов и в области герметичности разъемных соединений (РС).

Цель работы – анализ литературных источников и в первую очередь существующих стандартов ведущих промышленных стран по расчету разъемных соединений на прочность и герметичность, сравнение существующих подходов по выбору допустимого уровня утечки разъемных соединений с прокладками из ТРГ в России и за рубежом, а также определение максимально допустимой удельной скорости утечки для дальнейших исследований.

### Аналитическая часть

При разработке РГС должны быть одновременно обеспечены и герметичность соединения, и прочность его элементов при сборке и эксплуатации. В качестве критерия прочности принимают максимально допустимое, исходя из нагрузки и принятого материала детали, напряжение. Его определение особой сложности не представляет, так как все необходимые параметры конструкционных материалов представлены в доступных источниках информации.

За критерий герметичности принимают минимальную удельную нагрузку на уплотняющий элемент, при которой соединение считается герметичным. Критерий герметичности зависит от многих факторов: материала уплотнителя, точности изготовления и чистоты обработки его уплотняющих поверхностей, давления и свойств уплотняемой среды, ее температуры и др. Такая многофакторная зависимость критерия герметичности существенно затрудняет его оценку аналитическими методами, поэтому данный критерий определяют экспериментально или на моделях РС, или на реальных конструкциях. Экспериментальные исследования сводятся к определению зависимости между заданным давлением  $p$  уплотняемой среды в каком-либо аппарате и нагрузкой на сопрягаемые уплотняющие поверхности  $[q]$ , при которых для конкретного соединения обеспечивается установленная степень герметичности, то есть допускаемая по условию эксплуатации протечка уплотняемой среды,  $[q] = f(p)$ . Для оценки герметичности и в России, и за рубежом существует ряд известных способов ее определения. Для расчета удель-

ной нагрузки на контактирующих поверхностях (критерия герметичности) [q] необходимо знание коэффициентов данного уравнения, значения которых ни в одной стране не регламентированы.

Для расчета разъемных соединений в российской практике принят ГОСТ 34233.4–2017 [1], который устанавливает нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений сосудов и аппаратов, и трубопроводов. Расчеты на прочность приведены для элементов, выполненных из углеродистых и легированных сталей, цветных металлов, применяемых в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности, работающих под внутренним давлением или вакуумом, под действием осевых сил и изгибающих моментов в условиях однократных и многократных нагружений.

Наиболее близкими к ГОСТу 34233.4–2017 следующие:

– Европейский стандарт EN 1591-1:2013 [2], изданный в Великобритании, который существует в трех официальных версиях (английской, французской, немецкой). «Фланцы и их соединения – Правила расчета круглых фланцевых соединений с прокладками – Часть 1: Метод расчета»;

– Европейский стандарт BS EN 13555:2004 [3], официальная версия на английском языке. «Фланцы и их соединения – Характеристики прокладок и процедуры испытаний относительно правила проектирования круглых фланцевых соединений с прокладками»;

– немецкий стандарт DIN 3535-6 2018.04 [4] Уплотнения для газового снабжения. Часть 6: Материалы для плоских уплотнений на основе синтетических волокон, графита или политетрафторэтилена (PTFE) для газовой арматуры, газовой аппаратуры и газовых трубопроводов;

– американский стандарт на проектирование сосудов ASME BPVC.VIII.1-2015 [5]. Правила строительства сосудов высокого давления;

– американский стандарт ASTM F 3149-15 [6]. Стандартная практика для определения коэффициента обслуживания (m) и коэффициента доходности (y), применимые к прокладочным материалам и конструкции.

Данные стандарты основаны на том положении, что, как правило, герметичные соединения не являются абсолютно герметичными и только определенная (заданная степень) герметичность может быть достигнута [7].

Методика проведения расчетов во всех вышеперечисленных стандартах примерно одинаковая и начинается с выбора фланцев, конструкции соединения. С помощью различных коэффициентов, учитывающих работу РС, материал, конструкцию, экономику и т.д., создается математическая модель конкретного РС. Далее, как и в стандарте РФ, проводится силовой анализ нагрузок на детали соединения при его сборке и в рабочих условиях.

Для обеспечения правильной работы болтового фланцевого соединения необходимо определение реальных граничных условий – требований к герметичности и прочности.

Силовые нагрузки в разъемном соединении при монтаже и в рабочем состоянии в первую очередь зависят от заданного давления в аппарате. Связь между давлением среды в аппарате и силовыми параметрами в разъемном соединении учитывается прокладочным коэффициентом, который устанавливается только экспериментально и для заданной утечки среды, принятой за условную герметичность. Для расчета усилий в РС во всех стандартах приведены численные значения прокладочных коэффициентов для основных прокладочных материалов, используемых при уплотнении разъемных узлов, при которых соединение считается герметичным. Данные коэффициенты являются основой всех расчетов на герметичность и, в какой-то мере, на прочность, так как все определяемые нагрузки на детали соединения должны обеспечить заданную степень герметичности соединения в рабочих условиях и при сборке РС.

В настоящее время в Европе существует несколько стандартов и методик по определению требований к герметичности и по испытаниям [7]. Немецкое техническое руководство по чистому воздуху – TA Luft является первым документом в этом контексте в Европе [8]. Цель TA Luft – определение основы для оценки загрязнения воздуха в случаях, когда обрабатываются токсичные среды или опасные летучие загрязнители воздуха (в основном органические среды). Для этого TA Luft определяет: значения концентрации и осаждения вещества; объем и объемный расход отходящего газа (газы – носители с твердыми, жидкими и газообразными выбросами) и выбросы (загрязнение, выделяемое установкой).

Согласно TA Luft: «Фланцевые соединения должны использоваться только в тех случаях, когда они необходимы по причинам обработки, безопасности или технического обслуживания. В этих случаях должны использоваться технически герметичные фланцевые соединения». В соответствии со справочником 2440 VDI «Сокращение выбросов – нефтеперерабатывающие заводы» требуется использование уплотнительных элементов «высокой производительности» в болтовых фланцевых соединениях [9]. «Высокая производительность» в соответствии с TA Luft означает: «... что конструкция уплотнительной системы позволит нормально функционировать в долгосрочной перспективе в данных условиях эксплуатации». В других случаях аппаратура должна быть сварная. Однако руководящие принципы TA Luft и VDI 2440 являются репрезентативными только для конкретных граничных условий тестирования. Как правило, полученные результаты не переносятся на другие условия, поэтому использование рекомендаций TA Luft в настоящее время не очень удобно.

В зарубежных стандартах введены три класса герметичности, в которых определенная величина утечки принята за условную герметичность. В немецких и английских стандартах они расположены по убывающему, а в американских – по возрастающему порядку. В немецких стандартах у классов герметичности  $L_{0,01}$ ,  $L_{0,1}$ ,  $L_{1,0}$ , скорости утечки составляют соответственно  $0,01$ ;  $0,1$  и  $1,0 \text{ мг} \cdot (\text{с} \cdot \text{м})^{-1}$ , где длина окружности прокладки определяется по среднему диаметру, м. Это определение класса герметичности было принято и Европейской стандартизацией (EN 13555 [3]).

Аналогичным образом в США определены классы герметичности ( $T1$ ,  $T2$ , ...), но с другой более низкой количественной утечкой. Независимо от диаметра прокладки каждому классу соответствует определенная утечка. На рисунке 1 для сравнения показаны уровни утечек для разных стандартов по классам герметичности [7]: классы герметичности по американскому стандарту пересчитаны и соотносятся с окружностью для целей сравнения, также даны значения утечки согласно немецкому техническому руководству по чистому воздуху – TA Luft [8].

В российских и зарубежных стандартах для определения прокладочных коэффициентов проводят примерно одинаковые испытания, в результате которых получают зависимости утечки от удельной нагрузки на сопрягаемые поверхности и от давления среды.

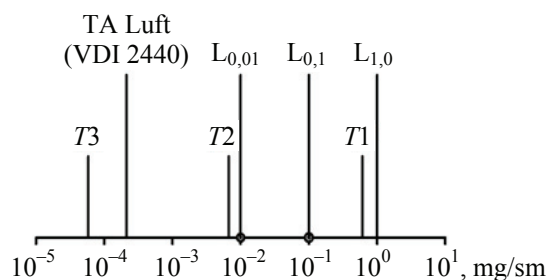


Рис. 1. Классы герметичности в европейских и американских стандартах

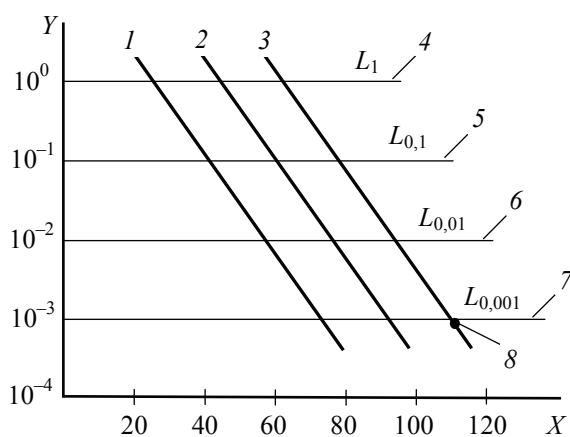
Например, по Европейскому стандарту EN 13555:2004 [3] определяют усилия на поверхность прокладки при нагрузке  $Q_{\min(L)}$  и разгрузке  $Q_{\min(L)}$ , МПа, при которых нагрузка на прокладку не должна превышать  $Q_{\max}$ , при которой происходит ее смятие – превышение предела текучести.

Процедура испытания состоит из нагрузки и разгрузки прокладки циклическим образом через каждые 10 МПа с измерением скорости утечки при эффективных нагрузках на поверхности, с изменением давления инертного газа с 4 МПа либо до завершения цикла «нагрузки – разгрузки» при 160 МПа, либо до превышения значения  $Q_{\max}$  в следующей точке загрузки.

На рисунке 2, в качестве примера, представлены данные, полученные при испытании прокладки под разным внутренним давлением. Прокладка работает по циклу «нагрузка – разгрузка», при сборке РС она нагружается, в рабочих условиях, когда РС находится под давлением среды, она частично разгружается. Измеренная скорость утечки нанесена на график в зависимости от эффективного напряжения (критерия герметичности). Скорости утечки для циклов нагрузки уменьшаются с увеличением контактного напряжения на уплотняемых поверхностях. Значения  $Q_{\min(L)}$  для испытанной прокладки определяются как пересечение линий 1, 2, 3 с соответствующими линиями 4, 5, 6, 7.

При снятии или уменьшении нагрузки в какой-либо точке прямых 1, 2, 3 скорости утечки проявляют обратную тенденцию в сравнении с циклами нагрузки. Это является следствием уровня напряжения, существовавшего перед разгрузкой, что моделирует фактические условия обслуживания и, следовательно, линии разгрузки обеспечивают значения  $Q_{\min(L)}$  (на графике не показаны) при окружающей температуре.

По нашему мнению, снятие или уменьшение нагрузки в какой-либо точке прямых 1, 2, 3 влияет на разность между коэффициентами трения покоя и движения. Изменение характера зависимости удельной нагрузки на прокладку при колебаниях нагрузки (нагрузка – разгрузка) зависит от величины реверса сил трения в зоне контакта прокладки и фланцев и разности значений коэффициентов трения покоя и движения.



**Рис. 2. Зависимость скорости утечки от нагрузки, действующей на прокладку (при различном внутреннем давлении):**

$X$  – эффективное напряжение, действующее на прокладку, МПа;  $Y$  – скорость утечки, мг (м сек)<sup>-1</sup>; 1 – 3 – зависимости скорости утечки от эффективного напряжения, действующего на прокладку, соответственно для давления  $p_1, p_2, p_3$ ; 4 – 7 – линии допустимых уровней утечки, определенные герметичности; 8 –  $Q_{\min(L)}$

Из стандарта EN 13555:2004 [3] следует, что дополнительные данные должны быть получены с другими значениями внутреннего давления газа, МПа, например,  $p_2$  и  $p_3$ . Далее берутся допустимые уровни утечки, определенные тремя классами [3], и строятся кривые зависимости эффективного давления (критерия герметичности) на поверхности прокладки  $Q_{\text{min(L)}}$  от давления среды. По этим кривым получают прокладочный коэффициент  $m$ , используемый далее в расчетах на прочность деталей соединения.

В отличие от EN 13555:2004, в немецком стандарте DIN 3535-6 2018.04 [4] испытание подразумевает определение герметичности материала уплотнения. Поэтому между прокладкой и поверхностями фланцев прокладывается полиэтиленовая пленка для снижения течи по поверхности уплотнения, что на наш взгляд не является правомерным действием.

### Результаты и обсуждения

Применение для расчета соединений американских, а также европейских стандартов требует определения большого числа коэффициентов, для получения которых приводятся различные источники информации. Все это усложняет процесс расчета. По существу, некоторые рекомендуемые коэффициенты практически не дают никакой полезной информации и, по-видимому, вошли в нормативную документацию по настоянию отдельных компаний, желающих быть в числе авторов расчетных документов.

Применяемая в РФ методика расчета и конструирования РС значительно проще европейских и американской и более доступна пониманию. В российской методике расчета используется только один необходимый параметр – коэффициент жесткости соединения  $\alpha$ , который выражает всю рассчитываемую конструкцию соединения, а именно герметичность самого соединения при выбранном критерии герметичности и прочность его элементов. С помощью данного коэффициента можно влиять на нагрузку и конструкцию деталей соединения, изменяя его в диапазоне 0...1. В зарубежных стандартах все решается коэффициентами, без изменения конструкции.

Для учета влияния температурного воздействия в российской методике расчета используется выражение, полученное с помощью анализа разности температурных деформаций элементов соединения.

Учет релаксации напряжения в соединении в зарубежных стандартах проводится также с помощью коэффициента, определяемого при проведении эксперимента. В Российской методике расчета релаксация напряжений в РС учитывается с помощью скорости падения нагрузки во взаимосвязи со временем их эксплуатации. В результате релаксация учитывается через полученные зависимости коэффициента и показателя ползучести. Данные параметры также относятся к физико-механическим характеристикам материала прокладки и определяются для каждого материала с помощью экспериментов во времени и изменении температуры на основе теории пластичности. Кроме того, используя такой подход, можно либо определять время эксплуатации соединения под заданной нагрузкой, либо, задавшись временем, определять саму нагрузку на уплотнение.

В европейском и американском стандартах используются по три степени герметичности, но с разными значениями утечек. Какие группы реактивов подпадают под каждый указанный класс в стандартах не сказано. При испытании на герметичность используется только стандартное соединение DN40. Чем обусловлены нормы утечек для каждого класса и определенное соединение для испытаний в стандартах также не указано.

В Российской Федерации не принято классов герметичности, но есть ГОСТ на нормы предельно допустимых концентраций и ГОСТ по расчету приточно-вытяжной вентиляции с учетом утечек установки. Действительно, каждая установка содержит большое число разъемных соединений и арматуры, и применение классов герметичности ничего не дает. При разработке оборудования надо закла-

дывать определенную минимальную утечку всех соединений, которая связана со многими факторами, в частности, и с экономическими, и производственными характеристиками, поэтому ее величина должна быть рекомендована технологами.

В зарубежных стандартах нигде не указывается учет проницаемости среды через материал прокладки, что очень важно при применении пористых материалов. Кроме того, при расчете на герметичность ширина контакта уплотняющих поверхностей определяется по заданному интервалу значений, хотя при фильтрационном характере утечки данная величина является важной. Эффективная ширина прокладки и место ее расположения существенно влияют на материалоемкость соединения и, следовательно, его экономичность. В расчетной практике РФ данный вопрос решен с точки зрения работы прокладки при сборке и в рабочих условиях.

В мировой практике не существует всеобъемлющей документации на единую допускаемую величину протечки уплотняемой среды. Практически каждая компания, выпускающая уплотнения, имеет свои данные по этой проблеме. В зарубежных стандартах рассматриваются только соединения принудительного типа (по нашей терминологии), но ничего не говорится о самоуплотняющихся разъемных соединениях. В Российской Федерации выпущены специальные ГОСТы по расчету и конструированию сосудов высокого давления с самоуплотняющимися затворами.

### Заключение

На сегодняшний день подход к вопросам исследования герметичности и расчету разъемных соединений в европейском, американском и российском стандартах достаточно близкий. Однако существует немало принципиальных отличий.

Основное отличие – классы герметичности, которые, на наш взгляд, не очень понятны и мало что дают. Предлагаем создать банки данных по зависимостям утечки газовой (воздух, азот) и жидкой (вода) сред от удельной нагрузки на уплотняющих поверхностях и давления среды для используемых прокладок из разного материала.

В данном случае можно принять любую утечку, в зависимости от условий эксплуатации, экологической опасности среды, и определить критерий герметичности при заданной условной герметичности. Далее вести расчет согласно российской методике расчета.

Однако, это достаточно длительный процесс, рассчитанный на перспективу, и возможен в случае интеграции научно-исследовательских разработок. Поэтому в настоящий момент для проведения сравнения данных по герметичности с российскими требованиями и успешного внедрения импортного оборудования в России предлагаем взять за основу те же скорости утечки среды из РС, которые приняты в Европейском стандарте EN 13555:2004: 0,01; 0,1 и 1,0 мг·(с·м)<sup>-1</sup> соответственно для классов герметичности L<sub>0,01</sub>, L<sub>0,1</sub>, L<sub>1,0</sub>. Кроме того, считаем необходимым учет вышеупомянутых параметров, которых не хватает в зарубежных стандартах.

### *Список литературы*

1. ГОСТ 34233.4–2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. – М. : Стандартинформ, 2018. – 41 с.

2. EN 1591-1:2013. European Standard. English Version. Flanges and Their Connections-Rules for Calculating Circular Flange Connections with Gaskets-Part 1: Calculation Method.

3. BS EN 13555:2004. British Standard. Flanges and Their Joints – Gasket Parameters and Test Procedures Relevant to the Design Rules for Gasketed Circular Flange Connections.

4. DIN 3535-6: 2018-04. Germany. Seals for Gas Supply. Part 6: Materials for Flat Seals Based on Synthetic Fibers, Graphite or Polytetrafluoroethylene (PTFE) for Gas Fittings, Gas Equipment and Gas Pipelines.

5. ASME BPVC.VIII.1-2015, USA. SECTION VIII. Rules for Construction of Pressure Vessels.

6. F3149 – 15, USA. Standard Practice for Determining the Maintenance Factor (m) and Yield Factor (y) Loading Constants Applicable to Gasket Materials and Designs1.

7. Proceedings of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Engineering (Smart 17), August 17 – 22, 2003, Prague, Czech Republic.

8. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesumweltschutzgesetz (TA Luft); 24 Juli, 2002, in Kraft Getreten am 1 Oktober 2002.

9. VDI Guideline 2440 “Emissionsreduzierung - Raffinerien”; November 2000; VDI / DIN-Handbuch “Saubere Luft”, Vol. Drei.

---

## The Analysis of the Conditions of Permissible Leakage from Detachable Joints of Process Equipment Based on Russian and Foreign Standards

G. V. Bozhko<sup>1</sup>, V. D. Prodan, M. S. Fokina<sup>2</sup>, N. I. Vorobyeva<sup>1</sup>

*Department of Processes and Devices of Chemical Technology (1), hitema@npp-htm.ru;  
Center for Project Activities (2), Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia*

**Keywords:** tightness; fasteners; gasket; laying factor; detachable connections; thermally expanded graphite; sealing surfaces; flanges.

**Abstract:** In the petrochemical, nuclear and gas industries, high technological parameters are used, and first of all, they include temperature and pressure. Technological processes, as a rule, are carried out in capacitive equipment, the reliability of which is determined by the tightness of its detachable joints. In the period of integration of the development, manufacture and use of equipment for chemical, petrochemical and other industries, there is a need for common regulatory documents for their calculations and manufacture. In different areas, there are already many common European standards applied in individual countries. Recently, the issue of creating uniform standards in the field of tightness of detachable joints has arisen. The analysis of literary sources and, first of all, the existing standards of leading industrial countries for the calculation of detachable joints for strength and tightness is given.

### References

1. GOST 34233.4–2017 *Sosudy i apparaty. Normy i metody rascheta na prochnost'. Raschet na prochnost' i germetichnost' flantsevykh soyedineniy* [Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation. Calculation of strength and tightness of flange connections], Moscow: Standartinform, 2018, 41 p. (In Russ.)

2. EN 1591-1:2013. European Standard. English Version. Flanges and Their Connections-Rules for Calculating Circular Flange Connections with Gaskets-Part 1: Calculation Method.

3. BS EN 13555:2004. British Standard. Flanges and Their Joints – Gasket Parameters and Test Procedures Relevant to the Design Rules for Gasketed Circular Flange Connections.

4. DIN 3535-6: 2018-04. Germany. Seals for Gas Supply. Part 6: Materials for Flat Seals Based on Synthetic Fibers, Graphite or Polytetrafluoroethylene (PTFE) for Gas Fittings, Gas Equipment and Gas Pipelines.

5. ASME BPVC.VIII.1-2015, USA. SECTION VIII. Rules for Construction of Pressure Vessels.



6. F3149 – 15, USA. Standard Practice for Determining the Maintenance Factor (m) and Yield Factor (y) Loading Constants Applicable to Gasket Materials and Designs1.

7. Proceedings of the 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Engineering (Smart 17), August 17 - 22, 2003, Prague, Czech Republic.

8. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesumweltschutzgesetz (TA Luft); 24 Juli, 2002, in Kraft Getreten am 1 Oktober 2002.

9. VDI Guideline 2440 "Emissionsreduzierung - Raffinerien"; November 2000; VDI / DIN-Handbuch "Saubere Luft", Vol. Drei.

---

### **Analyse der Bedingungen der zulässigen Leckage aus trennbaren Verbindungen der technologischen Ausrüstung aufgrund der russischen und ausländischen Standards**

**Zusammenfassung:** In der Petrochemie-, Nuklear- und Gasindustrie werden hohe technologische Parameter verwendet, zu denen vor allem Temperatur und Druck gehören. Technologische Prozesse werden in der Regel in kapazitiven Geräten durchgeführt, deren Zuverlässigkeit durch die Dichtheit der trennbaren Verbindungselemente bestimmt wird. In der Zeit der Integration der Entwicklung, Herstellung und Verwendung von Geräten für die chemische, petrochemische und andere Industrie sind gemeinsame Regulierungsdokumente für deren Berechnungen und Herstellung erforderlich. In verschiedenen Bereichen gibt es bereits viele gemeinsame europäische Standards, die in einzelnen Ländern angewendet werden. In letzter Zeit ist das Problem der Schaffung einheitlicher Standards im Bereich der Dichtheit von trennbaren Verbindungselementen akut geworden. Es ist die Analyse der literarischen Quellen gegeben und vor allem der bestehenden Standards der führenden Industrieländer nach der Berechnung der trennbaren Verbindungen auf Festigkeit und Dichtheit.

---

### **Analyse des conditions de fuite admissibles à partir des raccords des équipements technologiques à la base des normes russes et étrangères**

**Résumé:** Dans les industries pétrochimiques, nucléaires et gazières on utilise des paramètres technologiques élevés, notamment la température et la pression. Les procédés technologiques sont généralement réalisés dans des équipements capacitifs, dont la fiabilité est déterminée par l'étanchéité de ses connexions séparables. Pendant la période de l'intégration du développement, de la fabrication et de l'utilisation de l'équipements de la production chimique, pétrochimique et autres, il est nécessaire de disposer de documents normatifs communs sur leur calcul et leur fabrication. Il existe déjà de nombreuses normes européennes communes dans différents pays. Le dernier temps, la question de la mise en place de normes uniformes et de l'étanchéité des connecteurs s'est posée. Est donnée une analyse des sources littéraires et, en particulier, des normes existant dans les principaux pays industriels pour le calcul de la résistance et de l'étanchéité des raccords.

---

**Авторы:** *Божко Григорий Вячеславович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Процессы и аппараты химической технологии»; *Продан Василий Дмитриевич* – доктор технических наук, профессор; *Фокина Мария Сергеевна* – кандидат технических наук, доцент Центра проектной деятельности; *Воробьева Наталья Ивановна* – старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химической технологии», ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Россия.

**Рецензент:** *Першин Владимир Федорович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.