

# НОВЫЙ ГОСТ 12.2.085-2017 НА ВЫБОР И РАСЧЕТ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ: ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ

Корельштейн Л. Б., заместитель директора ООО «НТП Трубопровод» по научной работе

## ? Зачем вообще понадобилось разрабатывать новый вариант ГОСТа 12.2.085?

Содержание старого ГОСТ на десятилетия отстало от современной мировой инженерной практики в области систем аварийного сброса. Он не охватывал особенностей расчета многофазного течения через предохранительные клапаны (ПК), течения высоковязких продуктов, примене-

ния сбалансированных (сильфонных) клапанов. Вдобавок в нем имела место терминологическая путаница, не было четкого разделения между параметрами защищаемой системы и самой системы сброса. В новом ГОСТе сделана попытка устранить эти недостатки.

## ? Какие добавления и изменения введены в новый ГОСТ по сравнению со старым?

Вот список наиболее важных (на взгляд автора) новшеств.

**1.** В новом ГОСТ наведен порядок с терминологией, четко разграничены параметры защищаемой системы (рабочее, расчетное и разрешенное да-

вление, максимально допустимое давление аварийного сброса) и системы сброса (давления настройки, начала открытия и полного открытия клапана). В Приложении А описано их соответствие терминам зарубежных стандартов (как это ранее было описано в статье) [5].

**2.** Четко изложены требования к параметрам клапана и системы сброса в целом, последовательность определения параметров системы сброса по параметрам защищаемой системы (разделы 4 и 5 ГОСТ) – так, как это ранее было предложено в статье [5].

**3.** Дана базовая классификация сценариев аварийного сброса (приложение Г, основанное на статье [6]).

**4.** В Приложении В описаны типы и схемы работы предохранительных клапанов (традиционных незгруженных, незгруженных сильфонных, импульсных предохранительных устройств (ИПУ)). В тексте ГОСТ учтены все особенности работы сбалансированных (сильфонных) ПК.

**5.** Четко определено, как учитывать противодействие различных типов клапанов (этому посвящено отдельное Приложение Б стандарта). В частности,

ограничения на максимальное противодействие теперь более дифференцированные (таблица Б.1). В этом же приложении даны рекомендации по применению незгруженных ПК или незгруженных вместе с предохранительными мембранами.

**6.** Учтено возможное влияние разных температур на испытательном стенде и при рабочих условиях на настройку клапана. Для этого введен соответствующий поправочный коэффициент  $K_t$  и даны его рекомендованные значения (пп. 5.12, 5.13).

**7.** Изложены общие принципы и уравнения расчета пропускной способности, основанные на модели идеального сопла и одностороннего равновесного течения (Приложение Д).

**8.** Учтено (через поправочный коэффициент  $K_v$ ) влияние вязкости при сбросе высоковязких продуктов. Даны формулы и графики для расчета  $K_v$  как при предварительном, так и при поворочном расчете (пункты Д. 7 и Д. 9).

**9.** Учтено (через поправочный коэффициент  $K_c = 0,9$ ) влияние предохранительных мембран до и/или после клапана (п. Д. 6).

**10.** Учтено влияние высокого противодействия (через поправочный коэффициент  $K_{v2}$ ) для сбалансированных клапанов. Даны формулы и графики для его расчета (п. Д. 8).

**11.** Предложен более корректный «компромиссный» способ расчета противодействия и коэффициента расхода для докритического течения сжимаемых продуктов (см. п. Д. 4.3, подпункт 2), который позволяет примирить уже сложившуюся практику применения в этом случае коэффициента расхода для газа при сбросе газа с рекомендациями для двухфазного течения применять в этом случае коэффициент расхода для жидкости.

**12.** При расчете пропускной способности вместо коэффициентов  $V_1, V_2, V_3$  ГОСТ 12.2.085-2002 (физический смысл которых не всегда ясен и которые к тому же не все безразмерны) используются более универсальные безразмерные коэффициенты  $K_{n1}, K_{n\text{кр}}, K_b = K_n/K_{n\text{кр}}$ , имеющие ясный физический смысл (безразмерная массовая скорость, массовая скорость при критическом истечении, отношение массовой скорости к критической).

**13.** Описаны типы режимов течения через клапан, показано, как определять их с использованием фазовых диаграмм (п. Д. 10). В зависимости от типа режима течения приведены рекомендации, какие методы расчета пропускной способности для него рекомендуется использовать (п. Д. 11 и таблица Д. 2), включая границы применимости различных методов.

**14.** Введен в стандарт и детально описан метод прямого интегрирования – наиболее универсальный метод расчета пропускной способности ПК (п. Е. 1).

**15.** Подробнейшим образом описаны (со всеми необходимыми уравнениями и графиками) аналитические методы расчета на основе упрощенных уравнений состояния несжимаемой жидкости, сжимаемой среды с постоянным показателем изэнтропии и уравнения состояния омега-метода (п. Д. 11 и пп. Е. 2, Е. 3),

С 1 ноября 2018 года вводится в действие ГОСТ 12.2.085-2017, заменяющий аналогичный стандарт 2002 года. На страницах журнала ТПА неоднократно рассказывалось о проблемах расчета и выбора предохранительной арматуры, публиковался как проект нового ГОСТа, так и целая серия статей о проблемах, решаемых новым стандартом, и заложенных в нем подходов [1–6]. Тем не менее продолжают поступать вопросы, связанные с новым ГОСТом и его правильным применением, его возможностях и применяемых в нем методов расчета. В данной статье сделана попытка кратко ответить на наиболее частые и типичные из них.

включая некоторые более точные формулы по сравнению с зарекомендованными стандартами.

16. Даны новые, простые и удобные диаграммы для расчета сброса насыщенного и влажного водяного пара (п. Е. 4).

17. Описаны случаи, когда целесообразно учитывать термодина-

мическую неравновесность течения, и описаны в наиболее полном возможном виде три используемых сегодня в мире метода учета такой неравновесности (п. Д. 12 и п. Е. 5).

18. Описаны методы расчета температуры продукта, а также стенок ПК и трубы в процессе сброса (Приложение Ж).



### Автор специально сделал Приложения Д и Е о расчете пропускной способности такими сложными, чтобы заставить всех пользоваться программой «Предклапан»?

Ни в коей мере. Правильный расчет пропускной способности предохранительных клапанов в самом общем случае вообще-то дело весьма ответственное и непростое, требующее хорошего понимания и знания «матчасти». Большой объем различных формул в данных приложениях связан как раз с желанием представить в распоряжение расчетчика наиболее полный набор расчетных методов, применимых в самых разнообразных случаях, для всех типов течения через клапан. При этом автор стремился изложить все методы максимально ясно и детально, чтобы любой квалифицированный инженер-технолог имел возможность сделать все расчеты самостоятельно – вручную, в MS Excel или собственных программах.

Заметим, что в программе «Предклапан» используется метод прямого интегрирования, поэтому большая часть содержания пп. Д. 10, Д. 11, Е. 2, Е. 3 и Е. 4 вообще не имеет никакого отношения к программе «Предклапан» и включена в ГОСТ именно для расширения возможностей выполнения расчетов без использования программы. Разумеется, программа «Предклапан» также будет приведена в соответствие с новым ГОСТ – соответствующая работа уже ведется. В дальнейшем планируется также подготовка соответствующего пособия с примерами расчета, при работе над которым планируется учесть пожелания пользователей стандарта.



### Заложенными в старый ГОСТ 12.2.085-2002 расчетными формулами теперь нельзя пользоваться?

Формулы старого ГОСТ полностью перенесены в новый (только записаны в новых обозначениях). Это формулы (Е.2. 1) для несжимаемой жидкости и (Е.2. 2) – (Е.2. 7) для газа (при приближенно постоянном коэффициенте адиабаты), которые

по-прежнему применимы для большей части случаев однофазного сброса (когда поведение сбрасываемого продукта не слишком сильно отклоняется от идеальной жидкости или газа).



### Новый вариант ГОСТа теперь охватывает все проблемы расчета и выбора предохранительных клапанов?

Конечно, нет. Новый ГОСТ – это только первый шаг на этом пути, целый ряд важных вопросов пришлось пока оставить «за кадром». Вот лишь некоторые наиболее важные из них:

1. Расчет требуемого количества сброса (минимального расхода) для различных аварийных ситуаций. Полное рассмотрение этого вопроса, с описанием имеющихся на сегодня методик, заняло бы в несколько раз больше места, чем весь объем нового ГОСТа!

2. Расчет примыкающих трубопроводов, в том числе с множественным критическим течением в отводящем трубопроводе. Это опять-таки огромная отдельная тема. Некоторые методы расчета приведены в п. Г.3. 2 ГОСТ 31294-2005, а также в статьях автора (например, [7]).

3. Устойчивость работы клапана. По этому вопросу ведущие ми-

ровые эксперты в последнее время прилагают огромные усилия для выработки приемлемых инженерных методов предсказания устойчивости работы системы клапана и примыкающих трубопроводов, однако, несмотря на значительный прогресс, пока предлагаемые методы с трудом применимы на практике. Поэтому в новом ГОСТе по этой проблеме ограничились записью в п. 8.2.1 о допустимости применения соответствующих методов инженерного анализа.

4. Учет термодинамической неравновесности. Хотя в новый ГОСТ в итоге и были включены целых три метода такого учета, все они не отличаются большой точностью и имеют ограниченную область применения. В частности, они вряд ли применимы для расчета сложных многокомпонентных смесей. По этой проблеме сейчас также проводятся активные исследования.



### Обнаружились ли уже в тексте ГОСТа неточности и опечатки?

Вот список обнаруженных на данный момент опечаток.

1. В примечаниях к таблице 3 начало второго подпункта пункта 4 должно быть таким:  $P_{н0} \leq P_p$  (или  $P_{раз}$ ) – условие обязательное и обеспечивает срабатывание системы аварийного сброса при превышении давления над расчетным давлением. В случае если расчетное давление превышает рабочее (разрешенное) давление менее

чем на 10%, давление начала открытия должно отвечать условию:  $P < P_{н0} \leq 1,1P$  (при условии, что  $P_{н0} \leq 1,03P$ ).

2. Формула (Д. 13) (как легко понять из сравнения с (Д. 11)) должна выглядеть, как:  $K_v = 0,975 \sqrt{(1/(170/Re + 0,980))}$ .

3. Формула (Е. 2.11) должна выглядеть так:  
 $[2\omega - (\omega - 1)\beta_{кр}]^2 - (\omega + 1)^2 + 2\omega^2 \ln \beta_{кр} + 1 = 0$ .

#### Литература

1. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранительных клапанов в проекте нового ГОСТа // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2016. – № 5 (86). – С. 40–43.

2. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранительных клапанов в проекте нового ГОСТа. Расчет массовой скорости по модели идеального штуцера // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2016. – № 6 (87). – С. 40–43.

3. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранительных клапанов в проекте нового ГОСТа. Поправочные коэффициенты к модели идеального штуцера // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 1 (88). – С. 72–74.

4. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранитель-

ных клапанов в проекте нового ГОСТа. Расчет температур и учет термодинамической неравновесности // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 2 (89). – С. 46–47.

5. Корельштейн Л. Б., Лисин С. Ю., Задорожный А. В. Проблемы проектирования систем аварийного сброса и выбора предохранительных клапанов (программа «Предклапан») // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2015. – № 6 (81). – С. 52–57.

6. Болдыжев А. В., Иткина Д. М., Корельштейн Л. Б. Системы аварийного сброса и сценарии аварийных ситуаций // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2015. – № 5 (80). – С. 83–84.

7. Корельштейн Л. Б. Приближенные уравнения течения Fanno реальных газов и двухфазных газожидкостных смесей // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2015. – № 4 (79). – С. 82–83.