

НОВЫЙ ГОСТ 12.2.085-2017 И НОВАЯ ВЕРСИЯ ПРОГРАММЫ «ПРЕДКЛАПАН»

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

С 1 ноября 2018 года введен 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 подходах [1–7]. Рассказывалось и о разработанной НТП Трубопровод программе «Предклапан», позволяющей быстро и правильно рассчитывать системы аварийного сброса и выбирать требуемые предохранительные клапаны [8].

Сейчас, когда Вы читаете данную статью, новая версия 3.5 программы «Предклапан» с поддержкой расчетов по ГОСТ 12.2.085-2017, как мы надеемся, уже выпущена и доступна всем пользователям с активной технической поддержкой. Расскажем кратко, что же именно из нового ГОСТа и каким образом реализовано в новой версии и с чем связана некоторая задержка ее выпуска.

На первый взгляд кажется, что адаптация программы «Предклапан» к новому ГОСТ не должна была быть особенно трудной задачей, поскольку основные подходы к расчету, заложенные в новом ГОСТ, уже были реализованы

в программе ранее при реализации расчета сброса двухфазных газо-жидкостных продуктов, а также при расчете по API 520 и другим иностранным стандартам. В основном это действительно так – однако есть нюансы.

В программе ранее уже был реализован наиболее универсальный метод расчета пропускной способности клапана – метод прямого интегрирования. Теперь он на уже узаконенных основаниях применяется при расчете по ГОСТ 12.2.085-2017 для продукта с заданным «неопределенным» состоянием. Для газов используется расчет по уравнениям постоянного показателя изэнтропии (п. Е.2.2 нового ГОСТ), для жидкостей – по уравнению несжимаемой жидкости (п.Е.2.1). Соответственно, в использовании омега-метода в программе не было особой необходимости, поэтому относящаяся к этому методу часть стандарта не реализована.

Вместо коэффициентов B_1, B_2, B_3 ГОСТ 12.2.085-2002 (физический смысл которых не всегда ясен и которые к тому же не все безразмерны) для расчета теперь используются более универсальные безразмерные коэффициенты $K_{гв}, K_{лкр}, K_b = K_{л}/K_{лкр}$ имеющие ясный физический смысл (безразмерная массовая скорость, массовая скорость при критическом истечении, отношение массовой скорости к критической). При этом во всех случаях $K_{гв}, K_{лкр}$ и K_b выводятся в протокол расчета клапана и экспликацию (рисунок 1).

Реализован учет всех введенных в ГОСТ 12.2.085-2017 дополнительных поправочных коэффициентов (аналогичных используемым при расчете по API 520): K_c для учета влияния предохранительных мембран до и/или после клапана, K_v для учета влияния вязкости при сбросе высоковязких продуктов и K_w для учета влияния высокого противодавления для сбалансированных (сильфонных) клапанов.

Расчет K_v при этом выполняется по формулам п. Д.7 нового стандарта: формулам (Д.12) и (Д.13) при выборе клапана, и формуле (Д.11) при окончательной проверке или поверочном расчете (включая необходимые итерации, как это описано в п. Д.9.1). При этом при выборе клапана при расчете числа Рейнольдса по формуле (Д.19) приходится сначала использовать некоторое характерное значение коэффициента расхода через клапан (поскольку до выбора клапана оно точно неизвестно). Кроме того, обнаружилось некоторые сочетания параметров, при которых формула (Д.11) дает величины коэффициента K_v несколько больше 1. Очевидно, они лежат вне той области параметров, для которой она была предложена, и в этом случае ее применение не имеет смысла. Программа в этом случае просто принимает $K_v = 1$. Соответствующую оговорку надо будет добавить и при дальнейшей работе над стандартом.

Протокол расчета предохранительного клапана (Программа Предклапан, версия 3.5)	
Проект: тестовый проект	Титул: Титул 1
Клапан пк-1-01 на аппарате А-101	
Выбран клапан КПП6 150-16 PN 1,6 МПа DN 150 - 1 шт. таблица фигур 28с7нж	
по стандарту ТУ 3742-005-64164940-2013 Изготовитель ООО "Арматурный завод"	
Давление настройки пружины на стенде изготовителя 0.057 МПа Пружина № 72	
Расчетные параметры (Критическое истечение)	
Давление начала открытия (в условиях эксплуатации), изб. МПа	0,077
Давление начала открытия (на стенде изготовителя), изб. МПа	0,077
Давление настройки (в условиях эксплуатации), изб., МПа	0,057
Давление настройки (на стенде изготовителя), изб., МПа	0,057
Давление полного открытия (в условиях эксплуатации), изб. МПа	0,107
Давление полного открытия (на стенде изготовителя), изб. МПа	0,107
Давление в системе сброса, изб., МПа	0,000
Расчетное давление защищаемого оборудования, МПа	0,120
Максимально допустимое давление при сбросе, изб., МПа	0,132
Давление перед клапаном при сбросе, изб., МПа	0,107
Максимальное давление за клапаном, изб., МПа	0,005
Давление продукта в седле клапана, изб., МПа	0,013
Температура продукта до клапана, град. °С	0,0
Температура продукта за клапаном, град. °С	-0,5
Температура продукта в седле клапана, град. °С	-36,8
Плотность продукта до клапана, кг/м3	1,469
Коэффициент адиабаты	1,311
Необходимая заданная пропускная способность, кг/час	9700,0
β кр (критическое отношение давлений) по ГОСТ 12.2.085-2017	0,544
Коэффициент $K_{л}$ по ГОСТ 12.2.085-2017	0,669
Коэффициент $K_{лкр}$ по ГОСТ 12.2.085-2017	0,669
Коэффициент K_b по ГОСТ 12.2.085-2017	1,000
Площадь минимального сечения клапана, мм2	15386,00
Коэффициент расхода клапана	0,600
Количество клапанов	1
Пропускная способность всех клапанов, кг/час	12264,5
Запас	26,4%
Примечания	
1. Расчет максимально допустимого давления при сбросе по ГОСТ 34233.1-2017	

Рисунок 1

Расчет K_w выполняется по формулам таблицы Д.1 стандарта, аппроксимирующим соответствующие графики. При этом была обнаружена опечатка, загадочным образом проникшая в окончательный вариант ГОСТ 12.2.085-2017: 3-я из формул (Д.21) для случая жидкости должна иметь вид $1,175 - P_n / P_{но}$ и применяться при $P_n / P_{но} > 2,25$ (соответственно, область применения 2-й формулы $0,15 < P_n / P_{но} \leq 2,25$). Добавлена также возможность учета поправочного коэффициента K_t для учета возможного влияния разных температур на испытательном стенде и при рабочих условиях на настройку клапана. Пользователь может ввести его зависимость от температуры (рисунок 2).

Уточнена также проверка допустимости противодействия для обычных (несбалансированных) клапанов – соответствующие ограничения на максимальное динамическое противодействие теперь стали более дифференцированными (таблица Б.1). Заметим, что данные ограничения, видимо, следовало бы все же формулировать относительно давления настройки при стендовых испытаниях – это более корректный и по сути более консервативный подход (именно он сейчас и реализован в программе).

Одна из главных проблем, возникшая при реализации нового ГОСТ 12.2.085-2017, связана с реализацией итерационного расчета пропускной способности согласно пп. Д. 9.2 и Д. 9.3 нового стандарта. Возникло желание не просто проверить, что система «клапан – отводящий трубопровод» работоспособна (как это описано в п. Д. 9.3), но итерационно рассчитать ее пропускную способность и соответствующий запас по расходу и противодействию. Лучшее, как известно, враг хорошего, и это оказалось сложнее, чем мы ожидали (хотя в конечном итоге это удалось сделать). С этим в первую очередь и связана задержка с выпуском программы.

Наиболее сложным оказался редкий и недостаточно изученный случай докритического сброса сжимаемого продукта (газа или двухфазной среды) через клапан (особенно для сильфонных клапанов). Для этого случая неясно, каким следует брать коэффициент расхода. В программе для него был реализован подход, описанный в подпункте 2) пункта Д. 4.3 стандарта, – применять

коэффициент расхода для газов (как и раньше), но рассчитывать массовую скорость по модели идеального сопла с противодействием, равным давлению в седле (а не за клапаном), при этом для расчета последнего применять приближенную формулу, использующую значения коэффициентов расхода для газа и для жидкости. Однако поскольку для критического режима течения такой подход не использовался, при расчете все равно получается скачок пропускной способности в случае, когда изменение противодействия приводит к изменению режима течения (от критического к докритическому или наоборот). Этого скачка можно было бы избежать, если бы

всегда использовать для расчета именно давление в седле. Однако это привело бы к тому, что переход в докритический режим течения происходил бы при несколько меньших противодействиях. На самом деле так и происходит даже без учета потерь в теле клапана (см. классическую статью [9]). Но поскольку опытных данных по этому вопросу пока недостаточно, автор не решился вводить такие поправки в ГОСТ. Очевидно, по

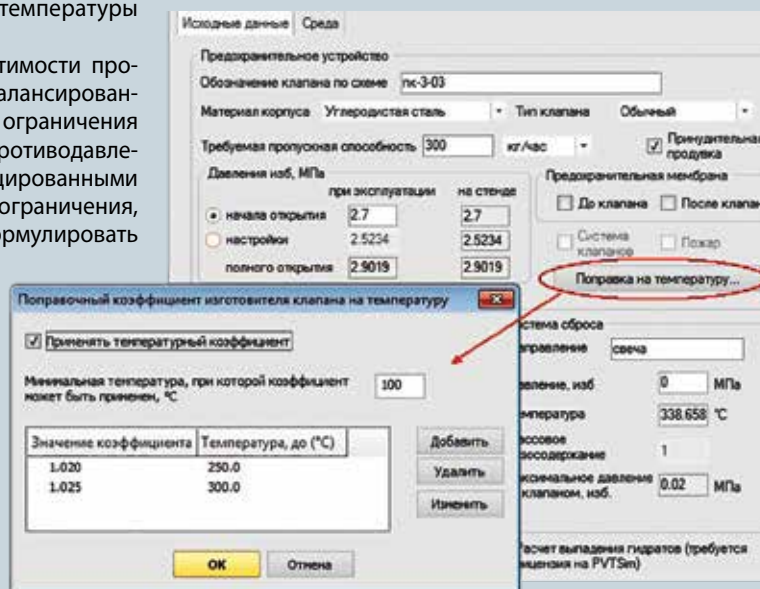


Рисунок 2

этому вопросу также необходима совместная работа с изготовителями предохранительных клапанов.

Конечно, версия 3.5 охватывает далеко не все содержание нового ГОСТ. Остался пока за рамками программы расчет по омега-методу, учет термодинамической неравновесности, расчет температуры стенок клапана и труб. Все это (как и такие продвинутые возможности, как расчет количества сброса, расчет устойчивости работы системы сброса и др.) в наших планах дальнейшего развития программы. Следите за новостями!

Автор благодарит команду разработчиков программы «Предклапан» за помощь в подготовке статьи!

Москва, декабрь 2018 года

ЛИТЕРАТУРА:

1. Корельштейн Л. Б. Новый ГОСТ 12.2.085-2017 на выбор и расчет предохранительных клапанов: часто задаваемые вопросы // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2018. – № 5 (98). – С. 74–75.
2. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранительных клапанов в проекте нового ГОСТа // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2016. – № 5 (86). – С. 40–43.
3. 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.
4. 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.
5. Корельштейн Л. Б. Расчет пропускной способности предохранительных клапанов в проекте нового ГОСТа. Расчет температур и учет термодинамической неравновесности // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 2 (89). – С. 46–47.
6. 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.
7. 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.
8. Лисин С. Ю., Корельштейн Л. Б. «Предклапан»: программа проектирования систем аварийного сброса // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2013. – № 1 (64). – С. 74–77.
9. S. D. Morris. Choked Pressure in Pipeline Restrictions // Journal of Hazardous Materials. – 1996. – Vol. 50. – P. 65–69.