

Рекомендации к выбору преобразователей расхода и установке на трубопроводах узлов учета тепловой энергии

Ю.Н. Осипов

Выбор преобразователя расхода следует производить в следующей последовательности:

1. Определяется динамический диапазон измеряемых расходов в каждом трубопроводе двух- или четырех- трубных схем присоединения теплопотребляющих установок к тепловым сетям теплоснабжающих предприятий для отопительного и межотопительного сезонов.
2. Определяются требуемые нижние пределы измерения преобразователей расхода по п.5.2.4 «Правил учета...».
3. Определяются скорости потоков для преобразователей расхода, которые удовлетворяют измерение расхода во всем динамическом диапазоне измеряемых расходов.
4. Определяются диаметры условного прохода преобразователей расхода, которые удовлетворяют по допустимым скоростям в трубопроводах для общественных, административно-бытовых и промышленных зданий и помещений.
5. Определяется вид преобразования расхода в сигнал и выбирается его тип.
6. Определяются потери давления на сужениях для каждого преобразователя расхода и сравниваются с допустимыми значениями.
7. Определяется тепловычислитель, алгоритм которого обеспечивают измерение тепловой энергии для конкретной схемы присоединения в отопительной и межотопительный сезоны.
8. Производится проверка возможности использования выбранного типа преобразователя расхода в составе выбранного тепловычислителя.
9. Проверяется наличие действующих экспертных заключений и сертификатов соответствия и об утверждении типа измерения теплосчетчика, тепловычислителя и преобразователей расхода.
10. Проверяется наличие сведений о проведении испытаний на ЭМС всех приборов, входящих в выбранную конфигурацию теплосчетчика.

Определение динамического диапазона измеряемых расходов.

Динамический диапазон измеряемых расходов, определяется для каждого трубопровода узла присоединения с учетом схемы присоединения к тепловым сетям, схемы узла присоединения и схемы летнего горячего водоснабжения.

Таблица 1.

Наим тр-да	Расход	Схемы узлов присоединения при двухтрубной схеме подключения	
		Непосредственная или с элеватором	Непосредственная или с элеватором и с открытым ГВС
Т1	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{н.ут}$	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{звс.маx} + G_{н.ут}$
	G_{\min}	$0,5G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{н.ут}$	$0,5G_{от.ном} + G_{в.мин} + (0,1 \div 0,2)G_{звс.ср} + G_{н.ут}$

Т2	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном}$	$G_{от.ном} + G_{в.ном}$
	G_{\min}	$0,5G_{от.ном} + G_{в.мин}$	$0,5G_{от.ном} + G_{в.мин}$
Т3	G_{\max}	-	$G_{звс.макс}$
	G_{\min}	-	$(0,1 \div 0,2)G_{звс.ср}$
		С насосами смешения или теплообменниками и закрытым ГВС	С насосами смешения или теплообменниками и с открытым ГВС и цирк.
Т1	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{б.звс.макс} + G_{н.ут}$	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + (1 + K)G_{звс.макс} + G_{н.ут}$
	G_{\min}	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + (0,1 \div 0,2)G_{б.звс.ср} + G_{н.ут}$	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{звс.ср} + G_{н.ут}$
Т2	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{б.звс.ср}$	$G_{отн.ном} + G_{в.ном} + G_{звс.ср}$
	G_{\min}	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + (0,1 \div 0,2)G_{б.звс.ср}$	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{звс.ср}$
Т3	G_{\max}	-	$(1 + K)G_{звс.макс}$
	G_{\min}	-	$(0,1 \div 0,2)G_{звс.ср}$
Т4	G_{\max}	-	$G_{ц.звс}$
	G_{\min}	-	$0,05G_{ц.звс}$

Обозначения:

$G_{от.ном}$ - расчетный расход на систему отопления в первичном контуре или до узла смешения при -26°C (для Спб);

$G_{в.ном}$ - расчетный расход на систему вентиляции в первичном контуре при -26°C или -11°C (для Спб);

$G_{в.мин}$ - расчетный расход а систему вентиляции в первичном контуре при $+8^{\circ}\text{C}$ или полном отключении;

$G_{звс.макс}$ - максимальный часовой расход на ГВС;

$G_{звс.ср}$ - среднечасовой расход на ГВС;

$G_{б.звс.макс}$ - максимальный часовой расход через бойлер ГВС при -26°C ;

$G_{б.звс.ср}$ - среднечасовой расход через бойлер ГВС при -26°C ;

$G_{ц.звс}$ - расчетный циркуляционный расход в системе ГВС;

$G_{н.ут}$ - нормативные утечки систем отопления и вентиляции;

K - определяется по нижеприведенной таблице или по следующей приближенной формуле $K = 0,58713 \times (2,1 - G_{звс(макс)} / G_{ц})^{0,6145}$.

Таблица 2.

$G_{звс(макс)} / G_{ц}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
K	0,57	0,48	0,43	0,4	0,38
$G_{звс(макс)} / G_{ц}$	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
K	0,36	0,33	0,25	0,12	0

В случае наличия у потребителя двух и более узлов присоединения от одного ввода следует определять тепловые потери и нормативные утечки в тепловых сетях от общего

узла учета тепловой энергии до узлов присоединений и соответственно учитывать эти расходы в расчетах динамического диапазона измеряемых расходов.

Определение динамического диапазона измеряемых расходов на нужды подпитки вторичного контура независимых систем при подключении подпиточного трубопровода после преобразователя расхода следует производить с учетом нижеприведенных условий.

В случае подключения подпиточного трубопровода к трубопроводу ГВС после преобразователя расхода (при двухтрубном присоединении) минимальные и номинальные расходы подпиточной воды следует добавить расходам в трубопроводе Т1 и Т3. Преобразователь расхода, установленный на Т3, должен выдерживать максимальный расход в режиме заполнения системы.

В случае подключения подпиточного трубопровода к трубопроводу Т2 до преобразования расхода (при двухтрубном присоединении) минимальные и номинальные расходы подпиточной воды следует добавить расходам в трубопроводе Т1.

Способ учета подпиточной воды приведенный в «Правилах учета...» является самым нерациональным, так как требует наличия дополнительного канала измерения в тепловычислителе и применения высокоточного и широкодиапазонного преобразователя расхода. При этом для корректного измерения разности расхода теплоносителя на Т1 и Т2 требуется установка преобразователей расхода с относительной погрешностью 1%, при установке на подпиточном трубопроводе преобразователя расхода с относительной погрешностью 2%. Все это приводит к значительному завышению стоимости узла учета при строительстве и эксплуатации.

Нормативная утечка 0,75% от объема заполнения открытых систем теплоснабжения и тепловых сетей потребителя с зависимым присоединением должна учитываться узлом учета.

Для открытых и закрытых систем теплоснабжения с независимым присоединением верхний предел измерения преобразователя расхода на подпитке должен охватывать значения максимального расхода через редукционный клапан (регулятор давления прямого действия «после себя»), пропускная способность которого определяется с учетом нормативной утечки, давления в обратном трубопроводе и в трубопроводе прямой воды вторичного контура до насосов. Минимальный расход должен нормироваться, как 4% от максимального расхода.

В случае применения прессостата (электромеханическое реле давления) и соленоидного клапана, максимальный подпиточный расход определяется его пропускной способностью по коэффициенту K_v . В этом случае минимальный расход не нормируется.

Таблица 3.

Наим тр-да	Расход	Схемы узлов присоединения при двухтрубной схеме подключения	
			Непосредственная или с элеватором и с открытым ГВС
Т1	G_{max}		$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{н.ут}$
	G_{min}		$0,5G_{от.ном} + G_{в.min} + G_{н.ут}$
Т2	G_{max}		$G_{от.ном} + G_{в.ном}$
	G_{min}		$0,5G_{от.ном} + G_{в.min}$
Т3	G_{max}		$G_{звс.max}$
	G_{min}		$(0,1 \div 0,2)G_{звс.ср}$
		С насосами смешения или теплообменниками и закрытым ГВС	С насосами смешения или теплообменниками и с открытым ГВС и цирк.

Т1	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + G_{н.ут}$	$G_{от.ном} + G_{в.ном} + (1 + K)G_{звс.маx} + G_{н.ут}$
	G_{\min}	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{н.ут}$	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{звс.ср} + G_{н.ут}$
Т2	G_{\max}	$G_{от.ном} + G_{в.ном}$	$G_{отн.ном} + G_{в.ном} + G_{звс.ср}$
	G_{\min}	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин}$	$0,15G_{от.ном} + G_{в.мин} + G_{звс.ср}$
Т3	G_{\max}	$G_{б.звс.маx}$	$(1 + K)G_{звс.маx}$
	G_{\min}	$(0,1 \div 0,2)G_{б.звс.ср}$	$(0,1 \div 0,2)G_{звс.ср}$
Т4	G_{\max}	$G_{б.звс.ср}$	$G_{ц.звс}$
	G_{\min}	$(0,1 \div 0,2)G_{б.звс.ср}$	$0,05G_{ц.звс}$

Определение нижних пределов измерения преобразователя расхода.

Определение нижних пределов измерения преобразователей расхода следует производить по п.5.2.4 «Правил учета...», т.е. 4% от максимального расхода в каждом трубопроводе.

В ряде случаев расчетный минимальный расход теплоносителя может быть ниже требуемого нижнего предела измерения. В этом случае требования в сторону расширения нижнего предела измерения должен предъявить Потребитель.

Для 2-х трубной открытой зависимой или независимой системы присоединения с циркуляцией ГВС преобразователь расхода, установленный на подающем трубопроводе ГВС, должен охватывать своими пределами измерения летний минимальный расход при работе в тупик и зимний максимальный расход при минимальной циркуляции, т.е. $G_{под.звс.маx} = G_{звс.маx} + G_{ц.мин}$.

Для 4-х трубной открытой зависимой системы присоединения с циркуляцией ГВС требования к пределам преобразователя, установленного на подающем трубопроводе, такие же.

Нижний предел преобразователей расхода, установленных на Т1 и Т2, должен охватывать расходы теплоносителя при температуре наружного воздуха +8°C.

Определение допустимой скорости потока теплоносителя и диаметра условного прохода преобразователя расхода.

Скорости потока теплоносителя в преобразователях расхода следует определять при максимальных рабочих параметрах для максимального измеряемого расхода в преобразователе расхода.

При определении требуемого условного прохода преобразователя расхода следует учитывать, что скорость потока максимального расхода теплоносителя в преобразователе расхода не должна превышать допустимых значений допустимого эквивалентного уровня звука в помещении (СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование»):

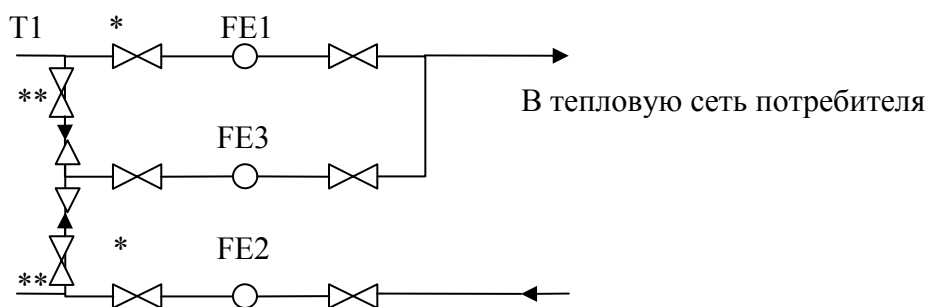
- 1,5м/с для общественных зданий;
- 2м/с для административно-бытовых зданий;
- 3м/с для промышленных зданий.

Требуемые пределы измерения преобразователя расхода определяется таким образом, чтобы измерялся минимальный расход теплоносителя по п.5.2.4 «Павил учета...» и максимальный расход в отопительный период.

Требуемые пределы измерения преобразователя расхода определяются для каждого трубопровода одиночного узла присоединения.

В случае организации общего узла учета для 2-х трубного присоединения нескольких узлов присоединений требуется учитывать летний и максимальный зимний расходы. В ряде случаев невозможно подобрать преобразователь расхода с соответствующими пределами измерения, и требуется установка преобразователя расхода на летний период. В этом случае следует использовать схему установки летнего преобразователя расхода, приведенную на рис. 1.

Рис. 1.



*места установки заглушек на межотопительный период.

**места установки заглушек на отопительный период.

Определение вида преобразования расхода и выбор типа.

При определении требуемого вида преобразования измеряемого расхода следует учитывать достоинства и недостатки каждого вида.

В таблице 4 приведены факторы, оказывающие влияние на измерение расхода теплоносителя. При этом следует учитывать: фазовое состояние теплоносителя, динамический диапазон измеряемых расходов, требуемую точность измерения и гидравлические потери давления.

В качестве примера в таблице 5 приведены технические характеристики для некоторых преобразователей расхода с учетом вида преобразования измеряемого расхода.

Таблица 4.

Факторы, влияющие на измерение расхода	Вид преобразования							
	В И	ВА	ТК	ТТ	И	УК	УД	ПД
химический состав	+	+	-	-	+	-	-	-
удельная проводимость	+	+	-	-	+	-	-	-
несоосность расходомера к тр.	+	+	+	+	+	-	-	+
сварочные токи	+	+	-	-	+	-	-	-
ферромагнитный состав	+	-	+	+	+	-	-	-
кальцинированный осадок	+	-	+	+	+	-	-	+
плохое заземление	+	+	-	-	+	-	-	+
температура окруж. воздуха	+	-	-	-	+	-	-	+
электромагнитные наводки	+	+	-	-	+	+	-	+
механические включения	+	-	+	+	-	-	-	-
гидравлическое сопротивление	+	+	+	+	-	-	-	-
износ движущихся деталей	-	-	+	+	-	-	-	-

Таблица 5.

Тип прибора	Удельная проводимость, См/м	Динамический диапазон	Отн. погрешность, %	Гидравлические потери, кгс/см ²
+Вихревой индукционный (ВИ)				
ВЭПС Т(И)	$\geq 5 \cdot 10^{-4}$	$\cong (1 : 25)$	± 1	0,3
ВЭПС (ПБ)	$\geq 5 \cdot 10^{-4}$	$\cong (1 : 31)$	$\pm 1,5$	0,3
Вихревой акустический (ВА)				
Метран-300ПР	-	$\cong (1 : 50)$	$\pm 1,5$	0,3
Метран-336	-	$\cong (1 : 35)$	$\pm 1,5$	0,3
Тахометрический крыльчатый (ТК) или турбинный(ТТ)				
ТЭМ	-	1:25	± 2	1,0
ВСТ	-	$\cong (1 : 20)$	± 2	1,0
Индукционный (И)				
MP200 EESA	$\geq 5 \cdot 10^{-4}$	1:257	± 2	-
PM-5	от 10^{-3} до 10	1:1000	± 1	-
ПРЭМ-3	от 10^{-3} до 10	1:450	± 2	-
Ультразвуковой корреляционный (УК)				
ДРК-3	-	$\cong (1 : 100)$	± 2	-
Ультразвуковой двунаправленный (УД)				
Ultraflow	-	1:50	± 2	0,04
Перепад давлений (ПД)				
Метран-350	-	1:10	$\pm 0,5$	0,1

Выбор типа преобразователя расхода осуществляется по основным критериям. К ним следует отнести:

- пределы измерения должны охватывать динамический диапазон измеряемых расходов;
- потери давления при измерении максимального расхода должны удовлетворять допустимым значениям.

Остальные критерии являются второстепенными, и их влияние на выбор вида преобразования не значительно.

Определение гидравлических потерь давления в сужении.

К учитываемым местным сопротивлениям относятся: строительная длина преобразователя расхода, прямолинейные участки трубопровода, переходы, запорная арматура на участке сужения между переходами.

В расчетах гидравлических потерь давления в сужении следует учитывать влияние коэффициента неравномерности распределения поля скоростей при максимальных значениях рабочих параметров теплоносителя.

Определение модели тепловычислителя.

Выбор тепловычислителя следует производить с учетом следующих критериев:

- преобразователи расхода должны входить в перечень преобразователей расхода разрешенных к применению в составе теплосчетчика, а их технические характеристики должны удовлетворять эксплуатации;

- преобразователи расхода, тепловычислитель и теплосчетчик должны иметь действующие Сертификаты соответствия со сведениями о проведении испытаний на ЭМС, Экспертные заключения, Сертификаты об утверждении типа средств измерения;
- тепловычислитель должен иметь требуемое количество каналов измерения расхода, температуры, давления и обладать алгоритмами, необходимыми для обеспечения учета тепловой энергии теплотребляющей установки в отопительный и межотопительный периоды в соответствии с требованиями «Правил учета...»;
- комплекты термопреобразователей сопротивления должны входить в перечень преобразователей, разрешенных к применению в составе теплосчетчика и иметь действующие Сертификаты об утверждении типа средств измерения;
- преобразователи давления должны входить в перечень преобразователей, разрешенных к применению в составе теплосчетчика, и иметь действующие Сертификаты об утверждении типа средств измерения;
- межповерительный интервал измерительных приборов теплосчетчика следует подбирать с одинаковыми значениями.

Монтаж преобразователей расхода.

Установку преобразователей расхода на трубопроводах узлов учета энергии следует производить в соответствии с согласованным рабочим проектом, действующими Правилами, Нормами, инструкцией по эксплуатации изготовителя и техническим требованиям к монтажу сборочного узла измерительных участков преобразователя расхода (СУ).

Технические требования должны содержать сведения о допусках не параллельности, не перпендикулярности и не соосности деталей СУ.

Сварку стыковых швов соединений типа «концентрический переход-прямолинейный участок» и «прямолинейный участок-плоский фланец» следует производить по техническим требованиям к монтажу сборочного узла в соответствии со сборочным чертежом, в котором должны быть представлены сведения о толщине стенок и наружном диаметре прямолинейных участков и концентрических переходов, а также требования к разделке кромок под сварку. Предъявление сертификатов соответствия для деталей в эксплуатационной документации обязательно. Соединения типа «труба в переход» и наличие ступеньки между внутренними диаметрами преобразователя расхода и прямолинейного участка недопустимы.

Преобразователи расхода и присоединительные детали должны иметь отверстия, подготовленные для пломбирования в целях исключения несанкционированного демонтажа.

Переходы конфузorno-диффузornoго типа должны иметь сборочный чертеж, технические требования на изготовление и монтаж, Акт испытаний на прочность с применением методов неразрушающего контроля. Технические требования на изготовление должны содержать сведения к чистоте обработки внутренней поверхности изделия и продольных швов, эллипсности, не перпендикулярности, не параллельности, разделке торцов и кромок в соответствии с требованиями действующих стандартов. Технические требования должны содержать сведения о способе монтажа.

Длина прямолинейных участков должна соответствовать требованиям инструкций по эксплуатации изготовителя с учетом влияния ближайшего местного сопротивления.

Наличие выступающего грата на продольных и поперечных сварных швах сборочного узла недопустимо.

В качестве материала для изготовления прямолинейных участков удобно применять трубы стальные бесшовные холоднодеформированные по ГОСТ 8734-75.

В качестве составных переходов следует применять кованные стальные переходы по ГОСТ 22826-83, для одиночных переходов по ГОСТ 1738-01 исполнения 1 или 2.

В случае применения одиночных переходов исполнения 2 длина прямолинейных участков должна быть увеличена в соответствии с рекомендациями изготовителя для местного сопротивления данного типа. Для переходов исполнения 1 допускается сохранение минимальных длин, так как угол раскрытия переходов находится в интервале $(7\div 20)^\circ$ в зависимости от их длины.

В случае применения комплекта переходов конфузorno-диффузornoго типа с продольными сварными швами, каждый комплект должен иметь Акт о прохождении термообработки по режиму нормализации, как детали, подвергавшиеся пластической деформации при температуре ниже 700°C . В Акте следует указывать номера комплектов, прошедших термообработку, и полное отсутствие сварного грата.

Спецификация оборудования и материалов рабочего проекта должна содержать сведения о ремонтных вставках для периодической метрологической поверки и ремонта преобразователей расхода. Ремонтные вставки должны иметь технические требования на изготовление и монтаж, также паспорт на изделие.

При установке преобразователей расхода на сужении следует фиксировать трубопровод до и после сужения на неподвижных опорах с одинаковой отметкой для исключения искривления измерительного участка, как результат ослабления трубопровода.

Измерительный участок, переходы и отборные устройства для измерения температуры необходимо изолировать тепловой изоляцией с составлением Акта скрытых работ. В Акте следует указывать:

- тип и толщину тепловой изоляции;
- тип, наружный диаметр, толщину, длину трубопроводов измерительных участков;
- тип, диаметры, толщину, длину конических переходов;
- катеты и качество сварных швов.

Осипов Юрий Николаевич
ГП «ТЭК Санкт-Петербург»
osipov@gptek.spb.ru