

Применение тепловычислителя ТВ7 для учета тепловой энергии при реверсе теплоносителя

Перечень принятых сокращений

- КТЗ – назначение трубопровода 3 в тепловом вводе;
НС – нештатная ситуация;
СИ – схема измерений;
ТВ – тепловой ввод (теплосистема);
ФРТ – расчетная формула тепла.

Общие положения

В процессе функционирования системы теплоснабжения может возникнуть ситуация, при которой поток теплоносителя изменяет свое направление, то есть, возникает реверс. Изменение направления потока теплоносителя может рассматриваться как нештатная ситуация (НС), о чем говорится в п. 122 г) Правил коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя (постановлением Правительства РФ от 18 ноября 2013 г. № 1034) и в п. 56 г) Методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя (приказ Минстроя России от 17.03.2014 N 99/пр):

«К нештатным ситуациям относятся следующие ситуации:

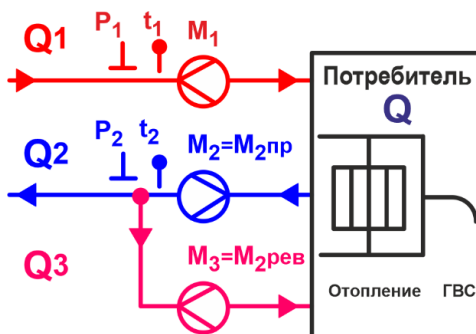
а) изменение направления потока теплоносителя, если в теплосчетчик специально не заложена такая функция»

То есть, **если в алгоритме теплосчетчика заложена функция корректного расчета** тепловой энергии, теплоносителя при реверсе, **то изменение направления потока не относится к нештатной ситуации**. В противном случае должна фиксироваться нештатная ситуация и определяться время её длительности.

В тепловычислителе ТВ7 заложена функция учета реверса для двухтрубной открытой системы теплоснабжения.

Формулы расчета тепловой энергии при реверсе

Для вывода формулы расчета тепловой энергии при реверсе следует составить уравнение баланса тепловой энергии. Тепловая энергия поступает к потребителю по подающему трубопроводу (Q_1) а неиспользованное тепло (Q_2) возвращается по обратному трубопроводу. В случае изменения направления потока (реверсе) теплоносителя в обратном трубопроводе, тепловая энергия (Q_3) начинает поступать к потребителю и по обратному трубопроводу. Таким образом, для корректного расчета потребленного тепла тепловычислитель обязан знать о изменении направления потока в обратном трубопроводе, то есть, должен получать некий признак о реверсе.



Формула расчета тепловой энергии при реверсе вытекает из уравнения баланса тепловой энергии. Суммарное потребленное тепло Q составляет:

$$Q = Q_1 - Q_2 + Q_3; \quad (1)$$

где:

$Q_1 = M_1 \cdot (h_1 - h_x)$ - тепло, поступившее по подающему трубопроводу;

$Q_2 = M_{2пр} \cdot (h_2 - h_x)$ - тепло, возвращенное по обратному трубопроводу;

$Q_3 = M_{2рев} \cdot (h_2 - h_x)$ - тепло, поступившее по обратному трубопроводу при реверсе.

Здесь:

M_1 , $M_{2пр}$ и $M_{2рев}$ - масса теплоносителя, прошедшего по подающему, обратному трубопроводам и по обратному в режиме реверса;

h_1 , h_2 - энтальпия (удельное теплосодержание) теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;

h_x - энтальпия исходной холодной воды, поступающей на источник тепла для подпитки тепловой сети.

Таким образом формула (1) принимает вид:

$$Q = M_1 \cdot (h_1 - h_x) - M_{2пр} \cdot (h_2 - h_x) + M_{2рев} \cdot (h_2 - h_x) \quad (2)$$

Заменяя $M_{2пр}$ на M_2 и $M_{2рев}$ на M_3 , формулу (2) представим в виде:

$$Q = M_1 \cdot (h_1 - h_x) - M_2 \cdot (h_2 - h_x) + M_3 \cdot (h_2 - h_x) \quad (3)$$

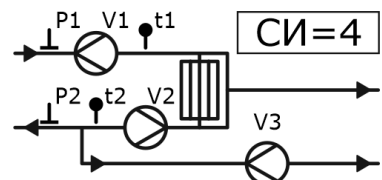
Формулу (3) можно преобразовать в эквивалентные выражения:

$$Q = M_1 \cdot (h_1 - h_2) + (M_1 - M_2 + M_3) \cdot (h_2 - h_x) \quad (4)$$

или

$$Q = M_2 \cdot (h_1 - h_2) + (M_1 - M_2 + M_3) \cdot (h_1 - h_x). \quad (5)$$

Данные выражения реализуются в вычислителе ТВ7 при выборе конфигурации СИ=4, КТЗ=1, ФРТ=1 (формула 4) или ФРТ=3 (формула 5) (см. табл.2.7 Схемы измерений в системах ТВ1...ТВ3 Руководства по эксплуатации тепловычислителя ТВ7 исполнения М).

Схема измерений	КТЗ	ФРТ	M1	M2	M3	dM	Q12
	1	1	V1·ρ1	V2·ρ2	V3·ρ2	(M1-M2)+M3	M1·(h1-h2)+dM·(h2-hx)
		3	V1·ρ1	V2·ρ2	V3·ρ2	(M1-M2)+M3	M2·(h1-h2)+dM·(h1-hx)

Здесь:

dM = (M1-M2) + M3 – разность масс в тепловом вводе;

Q12 – суммарное значение тепловой энергии в тепловом вводе.

В качестве признака изменения направления потока (реверса), при появлении которого поток перенаправляется с канала V2 на канал V3, можно использовать:

- импульсы на реверсном выходе расходомера;
- логический сигнал «Реверс» от расходомера;
- информация о смене направления потока в режиме «Телеметрия» расходомера Питерфлоу РС/К.

Факт наступления реверса принимается в случае непрерывного присутствия признака реверса в течение не менее 2 мин.

Примечания:

1. Обработка логического сигнала «Реверс» или работа в режиме «Телеметрия» возможны только для тепловычислителей ТВ7 исполнения М.

2. Большинство производителей расходомеров реализуют возможность настройки выходов на режимы логического сигнала «Реверс» или импульсного режима для раздельного измерения потоков. Режим выхода «Телеметрия» реализован только в расходомерах Питерфлоу РС/К.

Управление функцией учета реверса

Включение/отключение функции учета реверса определяется значением настроечного параметра **Контр. R** – контроль реверса.

Существует 4 варианта значений параметра **Контр. R**:

1) «**Контр. R=НЕТ**» – признак реверса не анализируется. Расчет массы и тепловой энергии выполняется по фактическим значениям расходов. **НС по реверсу не фиксируется**. Расчет тепловой энергии будет некорректным.

2) «**Контр. R=Без подстан.**» – контролируется только сам процесс реверса. Расчет массы и тепловой энергии выполняется по фактическим значениям расхода и **фиксируется НС по реверсу**. Расчет тепловой энергии, как и в предыдущем варианте будет некорректным.

3) «**Контр. R=С подстан.**» – вариант, при котором происходит корректный расчет тепловой энергии. При этом реверсный поток в обратном трубопроводе

перенаправляется в трубопровод 3. То есть, при реверсе наращиваются итоговые показания по V3 и M3. Нарачивание V2 и M2 останавливается. При этом отключается контроль разности температур, поскольку в данном режиме систему следует рассматривать как сумму двух тупиковых систем. **НС по реверсу не фиксируется.**

4) «Контр. R=Счет отменен» – **расчет массы и тепловой энергии останавливается**, в архивы заносятся фактические значения объемов V2 и V3, а также **фиксируется НС по реверсу** в обратном трубопроводе (труба 2).

Факт возникновения нештатной ситуации по реверсу отображается на главном экране вычислителя:

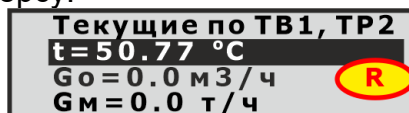


здесь: НС – признак наличия нештатной ситуации;

TB1 – номер теплового ввода, по которому обнаружена НС;

R2 – НС по реверсу в трубе 2 (обратный трубопровод).

При просмотре текущих значений по обратному трубопроводу (меню Текущие-TP2) отображается код НС по реверсу.

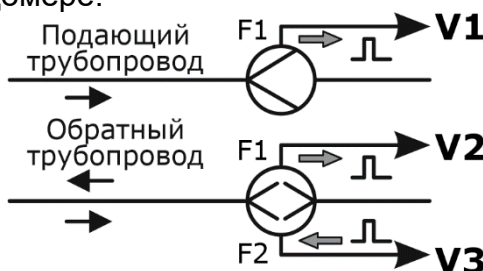


Варианты подключения расходомеров для учета реверса

Вариант 1

На обратном трубопроводе устанавливается расходомер с **двумя импульсными выходами**, настроенными на выдачу импульсов при движении теплоносителя в прямом направлении (F1) и обратном направлении (F2). При движении теплоносителя от потребителя к источнику (прямое направление потока) импульсы с выхода F1 подаются на вход V2, при изменении направления потока (реверс) – на вход V3.

Таким образом перенаправление расхода с канала V2 на канал V3 реализовано непосредственно в расходомере.

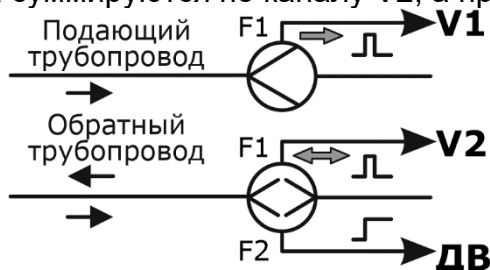


Применение возможно в ТВ7 **любых исполнений.**

Вариант 2

На обратном трубопроводе устанавливается расходомер с двумя выходами. Выход F1 **импульсный**, настроен на выдачу импульсов при движении теплоносителя в обоих направлениях (прямом и обратном направлении), а выход F2 **логический (дискретный выход)**, состояние которого сигнализирует о направлении потока. Выход F1 подключается на канал V2, а выход F2 - на один из дискретных входов вычислителя (ДВ1...4).

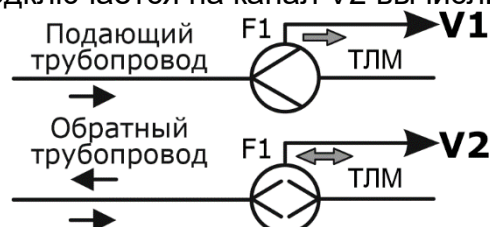
В данном случае коммутация потока реализовано в вычислителе на основе анализа состояния уровня сигнала на выходе F2. При прямом направлении потока импульсы от расходомера суммируются по каналу V2, а при реверсе - по каналу V3.



Применение возможно в ТВ7 исполнения М комплектации Стандарт.

Вариант 3

На обратном трубопроводе устанавливается расходомер Питерфлоу, выход которого (F1 или F2) имеет **режим «Телеметрия»**. В данном режиме результаты измерений и диагностики передаются в цифровом формате. В том числе передается информация о направлении потока. При изменении направления потока (при реверсе) вычислитель принимает решение о перенаправлении потока на канал V3. Выход расходомера F1 или F2 подключается на канал V2 вычислителя.



Дискретный вход вычислителя (ДВ1...4) не используется.

Применение возможно в ТВ7 исполнения М комплектаций Стандарт и Лайт.

Примеры настроечных баз данных для корректного расчета тепловой энергии при возникновении реверса для различных вариантов подключения расходомеров приведены в Приложении 2.

Расчет тепловой энергии при различных режимах теплопотребления

В **отопительный (зимний) период** имеется циркуляция теплоносителя в двухтрубной открытой системе теплопотребления в направлении от подающего трубопровода к обратному. Часть теплоносителя отбирается на нужды ГВС. При отсутствии реверса в обратном трубопроводе ($M3=0$) разность масс принимает значение $dM=(M1-M2)$, и формула расчета тепла (4) принимает вид:

$$Q=M1(h1-h2) + (M1-M2)(h2-hx), \quad (6)$$

где $(M1-M2)$ – количество теплоносителя, потраченного на ГВС.

Схема измерений СИ=4 становится эквивалентной схеме СИ=2 (см. Приложение 1).

В **межотопительный (летний) период** при наличии циркуляции расчет тепла также выполняется по формуле (6).

При остановке циркуляции подача теплоносителя может осуществляться либо по подающему трубопроводу ($M1 \neq 0, M2=M3=0$), либо по обратному ($M1=M2=0, M3 \neq 0$), либо по обоим трубопроводам ($M1 \neq 0, M2=0, M3 \neq 0$). Схема измерений СИ=4 становится эквивалентной схемам СИ=9, СИ=10 или СИ=11 (см. Приложение 1).

Расчетная формула тепла (4) после подстановки значений $M1...M3$ принимает вид:

при поступлении теплоносителя по подающему трубопроводу ($M1 \neq 0, M2 = M3 = 0$)

$$Q = M1(h1 - hx) \quad (7)$$

при поступлении теплоносителя по обратному трубопроводу ($M1 = M2 = 0, M3 \neq 0$)

$$Q = M3(h2 - hx) \quad (8)$$

при поступлении теплоносителя по обоим трубопроводам ($M1 \neq 0, M2 = 0, M3 \neq 0$)

$$Q = M1(h1 - hx) + M3(h2 - hx) \quad (9)$$

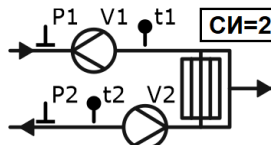
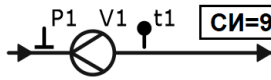
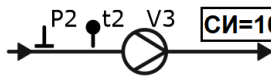
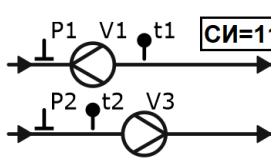
Поскольку формулы (7), (8) и (9) соответствуют тупиковым схемам теплоснабжения, то контроль разницы температур в тепловычислителе отключается.

Вывод Предлагаемые варианты подключения расходомеров и настройки тепловычислителя ТВ7 обеспечивают корректный учет тепловой энергии в соответствии с требованиями действующего законодательства в двухтрубной открытой системе теплоснабжения как при наличии циркуляции, так и при изменении направления потока (реверсе) теплоносителя.

Руководитель отдела технической поддержки ООО ТЕРМОТРОНИК В.А.
Жульков

e-mail: support@termotronic.ru

Приложение 1 – Расчетные формулы и эквивалентные схемы измерений в зависимости от направления потока теплоносителя

Режим теплopotребления	Направление потока			Результат измерений			Тепловая энергия Q12	Эквивалентная схема измерений
	V1	V2	V3	M1	M2	M3		
Зимний режим: Система ГВС с циркуляцией	➡ V1	⬅ V2	0	V1·p1	V2·p2	0	$M1(h1-h2)+(M1-M2)(h2-hx)$	
Летний режим: Тупиковая ГВС, подача по подающему трубопроводу	➡ V1	☒	0	V1·p1	0	0	$M1(h1-hx)$	
Летний режим: Тупиковая ГВС, подача по обратному трубопроводу	☒	0	➡ V3	0	0	V3·p2	$M3(h2-hx)$	
Летний режим: Тупиковая ГВС, подача по подающему или обратному трубопроводам Зимний режим: Подача по обоим трубопроводам в часы максимального водоразбора	➡ V1	0	➡ V3	V1·p1	0	V3·p2	$M1(h1-hx)+M3(h2-hx)$	

Условные обозначения:

➡ – поток от источника к потребителю; ⬅ – поток от потребителя к источнику; ☒ – трубопровод перекрыт.

Приложение 2 – Примеры настроечной базы данных ТВ7-04.1М

Вариант подключения расходомеров 1

ОТЧЕТ О НАСТРОЙКАХ ТЕПЛОВОЧИСЛИТЕЛЯ ТВ7

Модель **ТВ7-04.1М** Заводской номер 000000

Контрольная сумма настроек KCH=AE0C

Общие

Идентификация	Сетевой адрес:	000
	Код организации:	0
	Договор:	0
Системные	Час отчета:	23
	Дата отчета:	25
	Система единиц:	МКС
	Термопреобр.:	Согласно паспорту на ТСП
	Переход зимнее/летнее время:	Нет
Доп.имп.вход	Назначение:	Нет
Управление БД	Использование БД2:	Нет

Настройки БД1

Параметр:	Тепловой ввод 1		
СИ:	4		
КТЗ:	1		
ФРТ:	1		
Контр.t:	Счет отм.		
Контр.dt:	Без подст.		
dt min (°C):	2		
Исп.tx	Не исп. (hx=0) или Договор		
txd (°C):	txd договорное значение при Исп.tx=Договор		
Рхд (кгс/см2):	Рхд договорное значение при Исп.tx=Договор		
Контр.Q:	С подст.		
Контр.dM:	С подст.1		
dM max (%):	2.00000		
Исп.tnv:	Не исп.		
Контр.R:	С подст.		
Исп.Qтв:	Есть		
	Труба 1	Труба 2	Труба 3
Тип ВС	Электрон.	Электрон.	Электрон.
Вес имп.(л)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Контр.ВС	Сеть общ или Инд.РС*	Сеть общ или Инд.РС*	Нет
Контр.V	Без подст.	Без подст.	Без подст.
Vmax (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vmin (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vдог (м3)	Расчетное значение	Расчетное значение	Расчетное значение
tдог(°C)	90.000	60.000	---
Рдог(кгс/см2)	6.11832	6.11832	6.11832
Датчик Р	Есть,не исп.	Есть,не исп.	Нет
Рв(кгс/см2)	16.3155	16.3155	---
Рп(м)	0.00000	0.00000	---
Конт.отс.воды	Нет	Нет	Нет
Вход.отс.воды	0	0	0
Вход реверса	0	0	0

Настройки дискретных входов

	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Тип датчика	НР	НР	НР	НР
Время подтв.	0	0	0	0

* Только для Питерфлоу РС/К

Вариант подключения расходомеров 2

ОТЧЕТ О НАСТРОЙКАХ ТЕПЛОУЧИСЛИТЕЛЯ ТВ7

Модель **ТВ7-04.1М** Заводской номер 000000

Контрольная сумма настроек КСН=АЕ0С

Общие

Идентификация	Сетевой адрес:	000
	Код организации:	0
	Договор:	0
Системные	Час отчета:	23
	Дата отчета:	25
	Система единиц:	МКС
	Термопреобр.:	Согласно паспорту на ТСП
	Переход зимнее/летнее время:	Нет
Доп.имп.вход	Назначение:	Нет
Управление БД	Использование БД2:	Нет

Настройки БД1

Параметр:	Тепловой ввод 1		
СИ:	4		
КТЗ:	1		
ФРТ:	1		
Контр.t:	Счет отм.		
Контр.dt:	Без подст.		
dt min (°C):	2		
Исп.tx	Не исп. (hx=0) или Договор		
txd (°C):	txd договорное значение при Исп.tx=Договор		
Рхд (кгс/см2):	Рхд договорное значение при Исп.tx=Договор		
Контр.Q:	С подст.		
Контр.dM:	С подст.1		
dM max (%):	2.00000		
Исп.тнв:	Не исп.		
Контр.R:	С подст.		
Исп.Qtв:	Есть		
	Труба 1	Труба 2	Труба 3
Тип ВС	Электрон.	Электрон.	Электрон.
Вес имп.(л)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Контр.ВС	Сеть общ или Инд.РС*	Сеть общ или Инд.РС*	Нет
Контр.V	Без подст.	Без подст.	Без подст.
Vmax (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vmin (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vдог (м3)	Расчетное значение	Расчетное значение	Расчетное значение
tдог(°C)	90.000	60.000	---
Рдог(кгс/см2)	6.11832	6.11832	6.11832
Датчик Р	Есть,не исп.	Есть,не исп.	Нет
Рв(кгс/см2)	16.3155	16.3155	---
Рп(м)	0.00000	0.00000	---
Конт.отс.воды	Нет	Нет	Нет
Вход.отс.воды	0	0	0
Вход реверса	0	1	0

Настройки дискретных входов

	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Тип датчика	НР	НР	НР	НР
Время подтв.	10	0	0	0

* Только для Питерфлоу РС/К

Вариант подключения расходомеров 3

ОТЧЕТ О НАСТРОЙКАХ ТЕПЛОУЧИСЛИТЕЛЯ ТВ7

Модель **ТВ7-04.1М** Заводской номер 000000

Контрольная сумма настроек КСН=АЕ0С

Общие

Идентификация	Сетевой адрес:	000
	Код организации:	0
	Договор:	0
Системные	Час отчета:	23
	Дата отчета:	25
	Система единиц:	МКС
	Термопреобр.:	Согласно паспорту на ТСП
	Переход зимнее/летнее время:	Нет
Доп.имп.вход	Назначение:	Нет
Управление БД	Использование БД2:	Нет

Настройки БД1

Параметр:	Тепловой ввод 1		
СИ:	4		
КТЗ:	1		
ФРТ:	1		
Контр.t:	Счет отм.		
Контр.dt:	Без подст.		
dt min (°C):	2		
Исп.tx	Не исп. (hx=0) или Договор		
txд (°C):	txд договорное значение при Исп.tx=Договор		
Рхд (кгс/см2):	Рхд договорное значение при Исп.tx=Договор		
Контр.Q:	С подст.		
Контр.dM:	С подст.1		
dM max (%):	2.00000		
Исп.тнв:	Не исп.		
Контр.R:	С подст.		
Исп.Qtв:	Есть		
	Труба 1	Труба 2	Труба 3
Тип ВС	Телеметрия*	Телеметрия*	Электрон.
Вес имп.(л)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Контр.ВС	Инд.РС*	Инд.РС*	Нет
Контр.V	Без подст.	Без подст.	Без подст.
Vmax (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vmin (м3)	По паспорту ВС	По паспорту ВС	По паспорту ВС
Vдог (м3)	Расчетное значение	Расчетное значение	Расчетное значение
tдог(°C)	90.000	60.000	---
Рдог(кгс/см2)	6.11832	6.11832	6.11832
Датчик Р	Есть,не исп.	Есть,не исп.	Нет
Рв(кгс/см2)	16.3155	16.3155	---
Рп(м)	0.00000	0.00000	---
Конт.отс.воды	Нет	Нет	Нет
Вход.отс.воды	0	0	0
Вход реверса	0	0	0

Настройки дискретных входов

	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Тип датчика	НР	НР	НР	НР
Время подтв.	0	0	0	0

* Только для Питерфлоу РС/К