

УЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ И МАССЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТРУБОПРОВОДАМИ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Проблема учета количества теплоты и массы теплоносителя в системах теплоснабжения с трубопроводами большого диаметра ($D_y > 300$ мм) стоит в настоящее время достаточно остро.

В России, как правило, в узлах учета с трубопроводами больших сечений используются преобразователи расхода на базе сужающих устройств и альтернативы сужающим устройствам пока еще не нашли.

Надо заметить, что за рубежом для измерения расхода и массы теплоносителя наравне с преобразователями расхода на базе СУ в настоящее время успешно применяются также и преобразователи других типов - ультразвуковые и электромагнитные. При этом отметим, что в этих случаях за рубежом, как правило, используются преобразователи расхода с измерительным участком (даже при $D_y = 2000$ мм), которые как единое целое поверяются на специальных стендах. Врезные (погружные) преобразователи расхода на трубопроводах большого сечения не используются из-за их недостаточной метрологической надежности.

Неоднократные попытки использования врезных (погружных) ультразвуковых и электромагнитных преобразователей расхода на трубопроводах большого диаметра в России заканчивались, как правило, неудачно.

Наш опыт использования погружных (врезных) преобразователей расхода «ВЗЛЕТ», КМ-5Б, ДРК на трубопроводах $D_y = 300-800$ мм показал низкую метрологическую надежность этих преобразователей.

Использование полнопроходных преобразователей расхода с $D_y = 300-2000$ мм в России сдерживается отсутствием специальных стендов и методик для поверки этих расходомеров. Пропливиочные стенды для поверки таких расходомеров в России отсутствуют, а имитационные способы поверки или отсутствуют или вызывают большие сомнения.

Несмотря на все вышеизложенное, Хабаровские тепловые сети решили внедрить в г. Хабаровске три узла учета с полнопроходными преобразователями расхода:

- узел учета на насосной станции по пер. Холмскому на базе электромагнитных расходомеров фирмы «Кроне» ($D_y = 400$ мм);
- узел учета на насосной станции «Энергомаш» на базе ультразвуковых расходомеров фирмы «Сименс» ($D_y = 800$ мм);
- узел учета на микрорайон ул. Флегонтова на базе электромагнитных расходомеров фирмы «Кроне» ($D_y = 600$ мм).

По различным причинам первые два узла учета в настоящее время не работают, а третий узел учета сдан в эксплуатацию с 1 ноября 2008г. В настоящее время специалистами Хабаровского центра энергоресурсосбережения на данном узле учета проводятся эксплуатационные испытания.

Эксплуатационные испытания преследуют следующие цели:

1. Проверить надежность и стабильность работы преобразователей расхода в процессе эксплуатации.
2. Разработать беспроливную методику поверки электромагнитных преобразователей расхода без их демонтажа.

Исследуемый узел учета состоит из двух полнопроходных электромагнитных расходомеров OPTIFLUX 4300 фирмы KROHNE с условным проходным диаметром $D_y = 600$ мм, комплекта термопреобразователей КТСПР и тепловычислителя СПТ 961. Последовательно с

электромагнитными расходомерами установлен ультразвуковой накладной расходомер РТ878 фирмы PANAMETRICS. Данный расходомер был сначала установлен на подающий трубопровод, а затем на обратный трубопровод и подключался к тепловычислителю СПТ 961. Данные с узла учета через GSM-модем выводились на сервер ХЦЭС.

Принципиальная схема измерительного участка приведена на рис.1. Как видно из этого рисунка, для накладного расходомера РТ878 использована 2-х ходовая схема звукового сигнала, когда оба датчика установлены по одной стороне трубы. При этом длина прямолинейного участка от первого сопротивления (конфузор) до ультразвукового расходомера l_1 равнялась примерно 8 диаметрам, а после расходомера l_2 составляла примерно 7 диаметров.

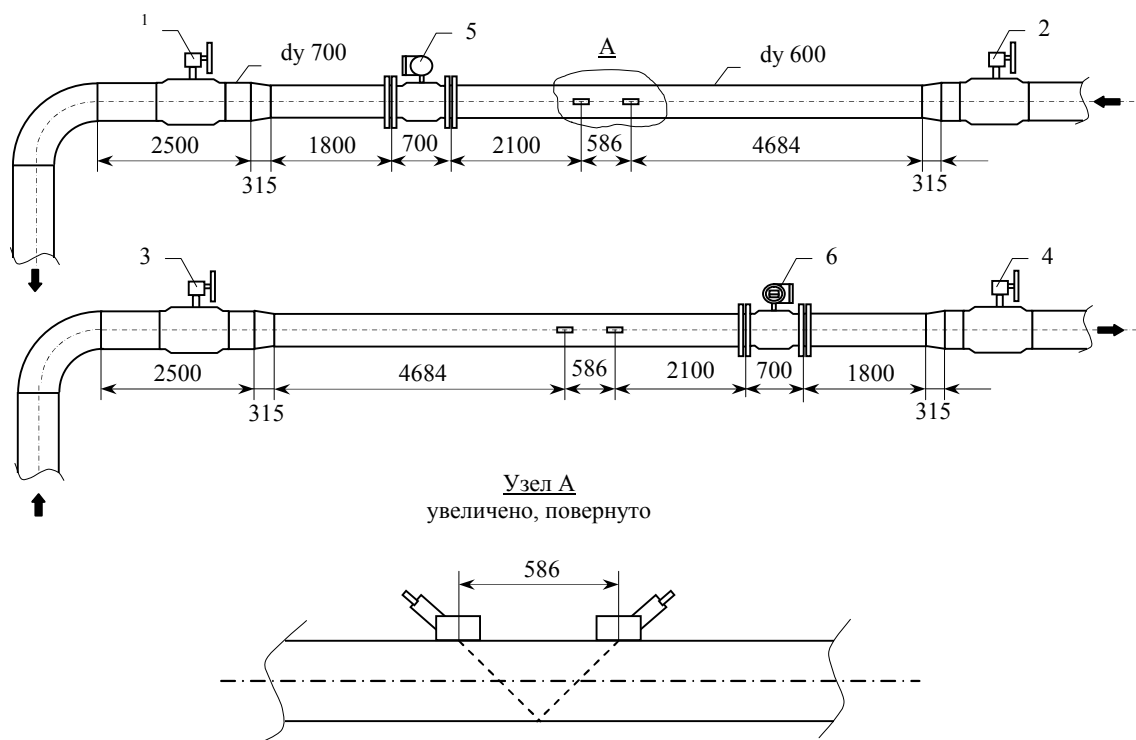


Рис 1. Принципиальная схема измерительного участка.
1, 2, 3, 4 – дисковые затворы; 5, 6 – расходомеры Optiflux 4300 С, А – место установки накладного расходомера РТ878.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации на РТ878 эти величины должны быть не менее 10 и 5 диаметров соответственно. Мы не смогли выполнить это условие, так как были ограничены габаритами помещения, в котором располагается узел учета (это отдельно стоящее здание длиной 18 м и шириной 8 м). Заметим, что на обратном трубопроводе перед накладным расходомером имеется совмещенное местное сопротивление: колено и конфузор. Все дисковые затворы 1-4 находятся в открытом состоянии.

В соответствии с НТД на РТ878, он имеет следующие технические характеристики:

- диапазон измерения скорости потока 0,3-12,2 м/с;
- условный диаметр трубопровода 12-5000 мм;
- динамический диапазон по расходу 1/400;
- пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\pm 1\%$ для времяимпульсного метода при объемном расходе $V \geq 0,01V_{max}$.

В качестве основных испытуемых преобразователей расхода, как следует из вышеизложенного, применялись полнопроходные электромагнитные преобразователи расхода OPTIFLUX 4300 фирмы KROHNE.

Эти преобразователи имеют следующие характеристики:

- условный диаметр измерительного участка 600 мм;
- динамический диапазон измерения по расходу 305,4-12215 м³/ч;
- диапазон измерения скорости 0,3-12,0 м³/ч;
- относительная погрешность измерения объемного расхода $\delta V = \pm(0,2 + 0,1/W)\%$, где $[W] = \text{м/с}$.

Для справки: цена одного такого преобразователя расхода составляет ориентировочно 20-25 тысяч евро.

Мы остановились на данного типа преобразователях расхода по следующим причинам:

1. В 2007 году на нашем натурном стенде были проведены эксплуатационные испытания преобразователя расхода OPTIFLUX 5300 с диаметром условного прохода $d_y=25$ мм. Результаты этих испытаний приведены в [1] и из них видно, что данный преобразователь расхода зарекомендовал себя очень хорошо.

2. В отличие от всех других преобразователей расхода данный тип преобразователей позволяет осуществлять 100% диагностику в процессе его эксплуатации, которая подробно описана в [1]. Отметим лишь некоторые главные проблемы, которые могут возникать в процессе эксплуатации и которые диагностирует этот прибор:

- наличие газовых включений в жидкости;
- коррозия электродов;
- повреждение футеровки (абразивное воздействие твердых величин);
- загрязнение электродов (отложение маслянистых продуктов и загрязнений на электродах);
- внешние магнитные поля;
- короткое замыкание на электродах (частички металла, приставшие к измерительной трубе);
- частичное заполнение (прибор неверно установлен);
- профиль потока (влияние местных сопротивлений);
- контроль катушки возбуждения на сопротивление, температуру, короткое замыкание/обрыв;
- неточность обработки сигнала (дрейф компонентов);
- повышение температуры обмотки выше допустимого значения;
- нелинейность магнитной системы и обработка сигнала (внешние магнитные поля, дефект электронного блока);
- неверное значение выходного тока возбуждения (перегрузка, обрыв провода в обмотке).

Как видно из вышеизложенного, диагностические инструменты в OPTIFLUX обеспечивают информацией:

- о процессе (проводимость, температура обмотки, газовые включения в жидкости, профиль потока);
- об окружающем пространстве (температура конвертора, внешние магнитные поля);
- о правильности работы расходомера (функциональность, линейность, точность, любые дрейфы).

В качестве примера самодиагностики рассмотрим, как в расходомере OPTIFLUX происходит идентификация профиля потока. На верхнюю обмотку возбуждения подается ток I_1 , а на нижнюю ток I_2 , которые генерируют магнитные поля противоположных знаков в верхней и нижней части измерительной трубы. Результирующие напряжения U_1 и U_2 , вызванные токами I_1 и I_2 , компенсируются на электродах.

Если $U_1=U_2$ ($U_1-U_2=0$), то профиль потока неискаженный (симметричный), если же $U_1 \neq U_2$, то профиль потока искаженный (несимметричный). Это может быть по следующим причинам:

- измерительная труба не полностью заполнена;
- отложения на данной части трубы;
- неверная установка сенсора (заступ прокладок внутри трубопроводной линии);
- влияние местных сопротивлений и т.д.

Большое количество внутренних тестов дает уверенность, что измерение осуществляется должным образом в сложных применениях и условиях окружающей среды. Именно это обстоятельство отличает расходомер OPTIFLUX от других расходомеров.

Результаты испытаний приведены в табл. 1-3 и на рис. 2-10. В табл. 1-3 приняты следующие обозначения: t_1, t_2, P_1, P_2 – температура и давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно; M_1, M_2 – масса теплоносителя, прошедшая по подающему и обратному трубопроводам и измеренная расходомером OPTIFLUX, M'_1, M'_2 – то же самое, но измеренное накладным расходомером PT878, $M_n = M_1 - M_2$; Q_1, Q_2 – количество теплоты, измеренное при помощи расходомеров OPTIFLUX и тепловычислителя СПТ, а $Q_n = Q_1 - Q_2$.

На рис. 2-4 приведены среднечасовые расходы, прошедшие по подающему трубопроводу, измеренные преобразователями расхода OPTIFLUX и PT878, а также расхождение между их показаниями δV , рассчитанное по формуле:

$$\delta V = \frac{V_1 - V'_1}{V_1}, \quad (1)$$

где V_1 – объемный расход, измеренный преобразователем OPTIFLUX, а V'_1 – объемный расход, измеренный преобразователем PT878.

Как видно из этих рисунков, расхождение между показаниями полнопроходного расходомера OPTIFLUX (Krohne) и накладного PT878 (Panametrics) не превышает $\pm 2\%$. Причем вначале испытаний (рис. 2) оно составляло около 1% со знаком плюс, а через месяц (рис.4) это расхождение увеличилось до 1,5% и при этом знак плюс изменился на минус. То есть вначале испытаний накладной расходомер показывал расход меньший, чем полнопроходной, а через месяц все поменялось местами.

19 февраля 2009 года накладной расходомер был переставлен с подающего на обратный трубопровод. На рис. 5-7 приведены среднечасовые расходы, измеренные преобразователем OPTIFLUX и PT878, установленным на обратном трубопроводе, а также расхождение между их показаниями, рассчитанное по формуле

$$\delta V = \frac{V_2 - V'_2}{V_2}, \quad (2)$$

где V_2 – объемный расход, измеренный полнопроходным расходомером, а V'_2 – накладным расходомером.

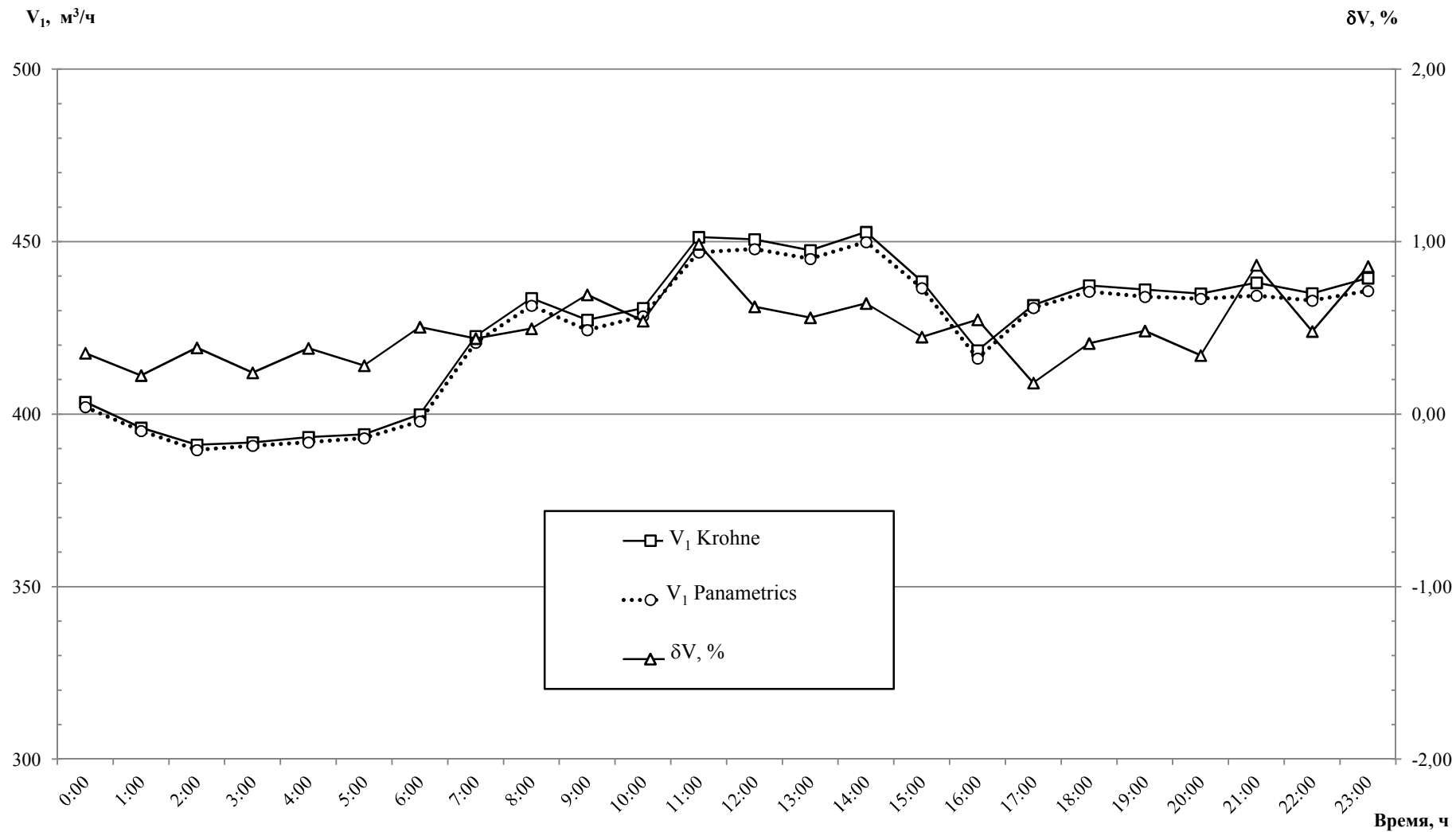


Рис. 2. Среднечасовой расход по подающему трубопроводу V_1 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 12.12.2008.

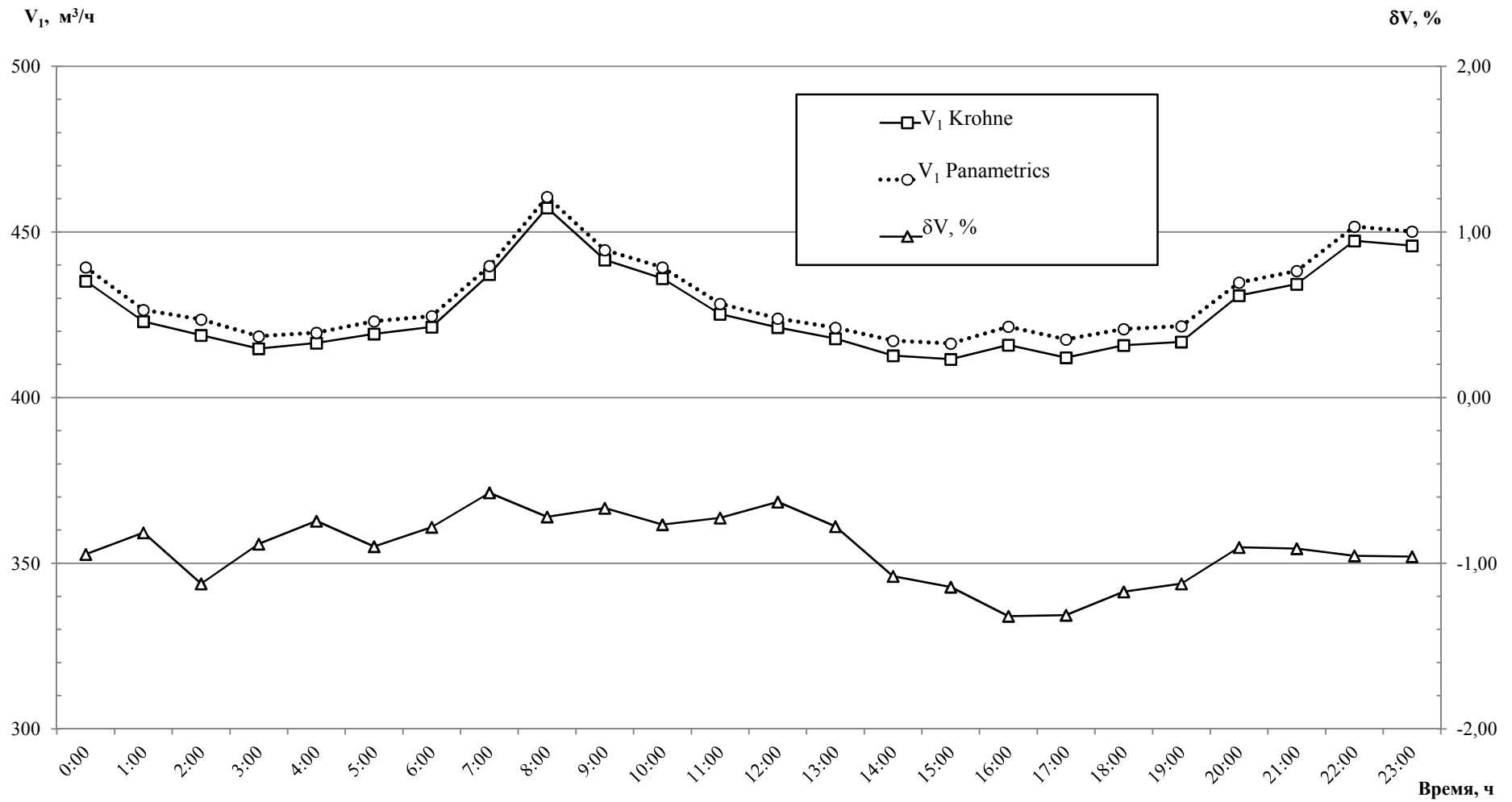


Рис. 3. Среднечасовой расход по подающему трубопроводу V_1 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 03.02.2009.

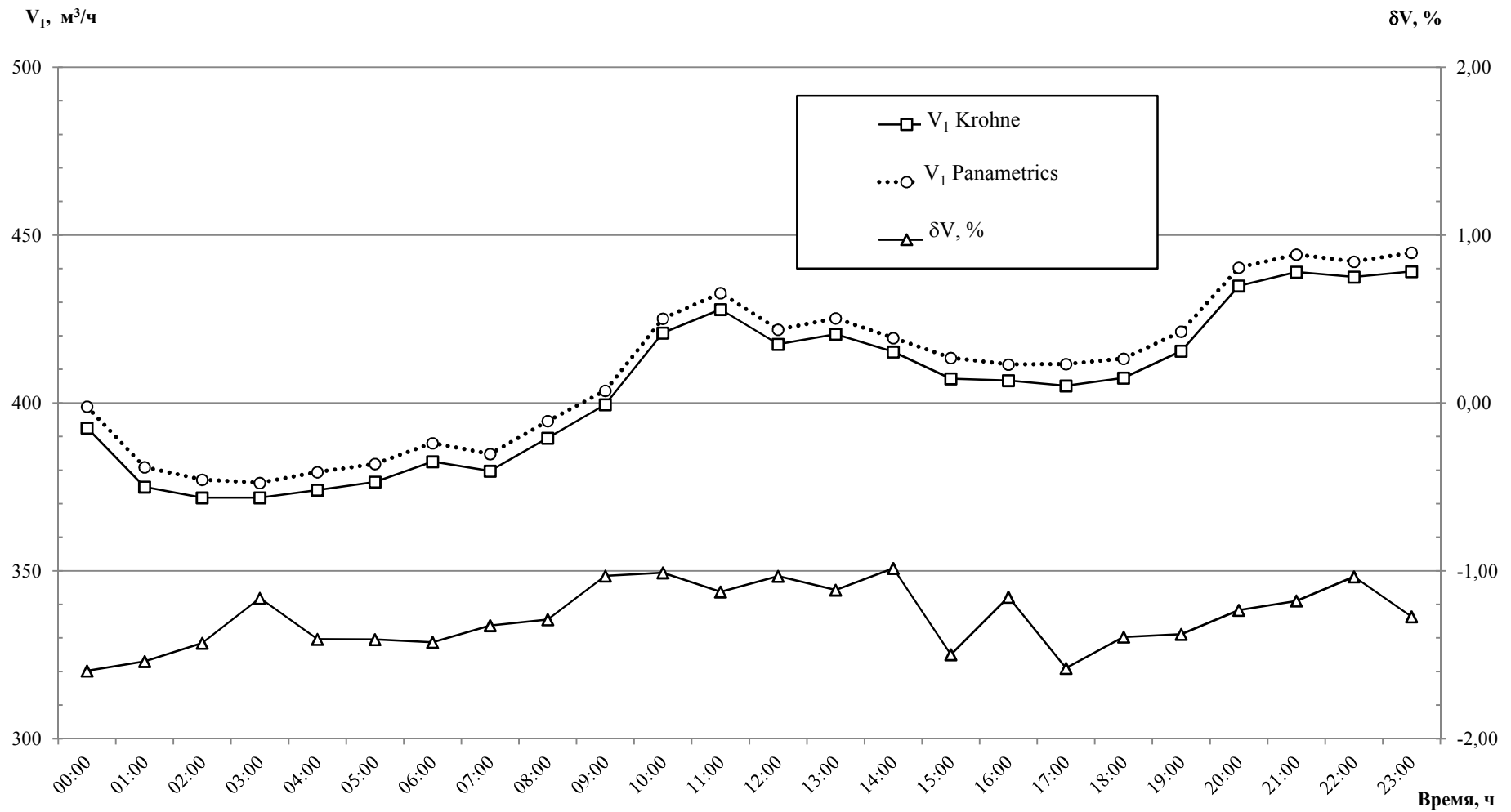


Рис. 4. Среднечасовой расход по подающему трубопроводу V_1 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 15.02.2009.

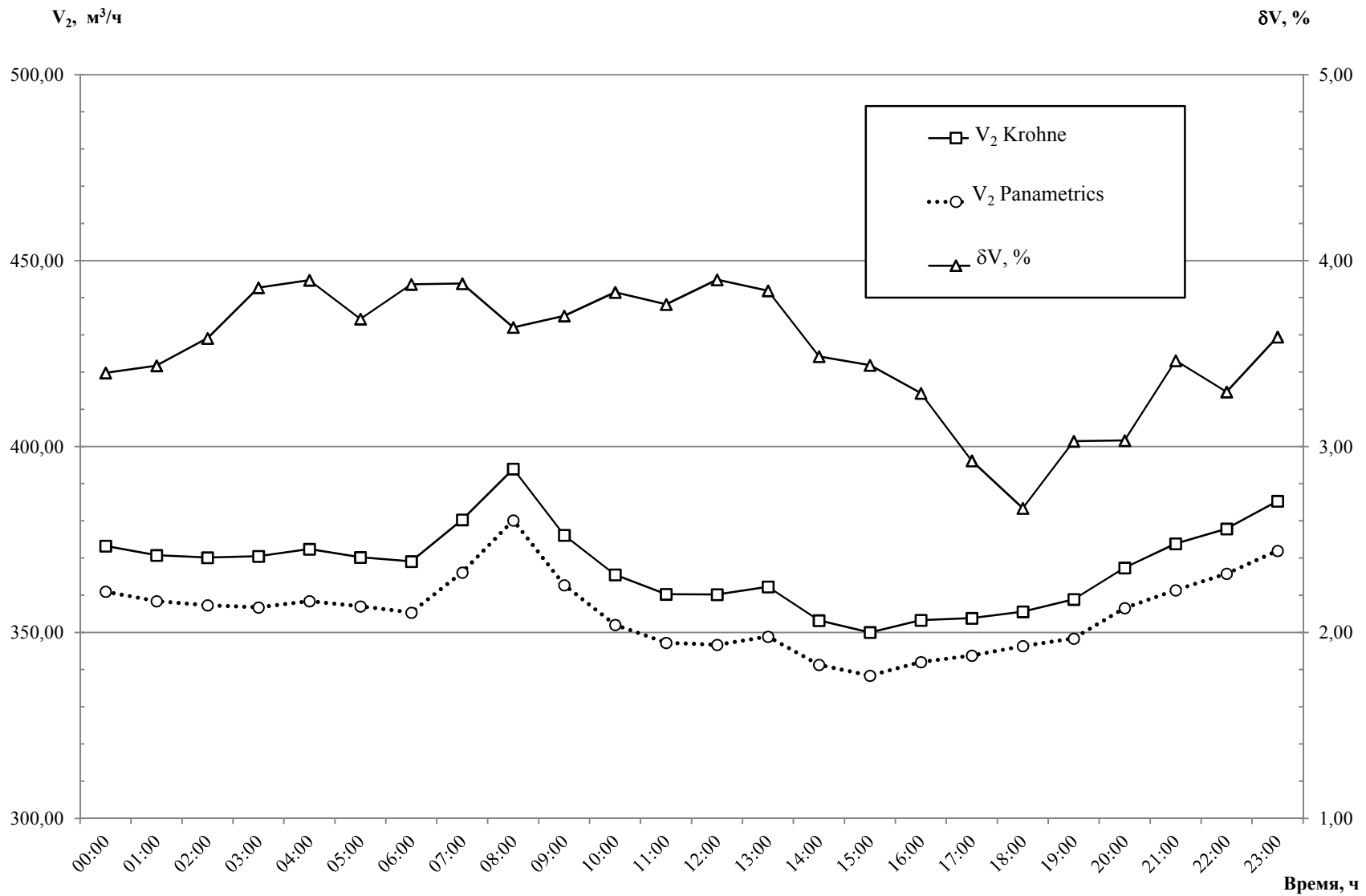


Рис. 5. Среднечасовой расход по обратному трубопроводу V_2 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 20.02.2009.

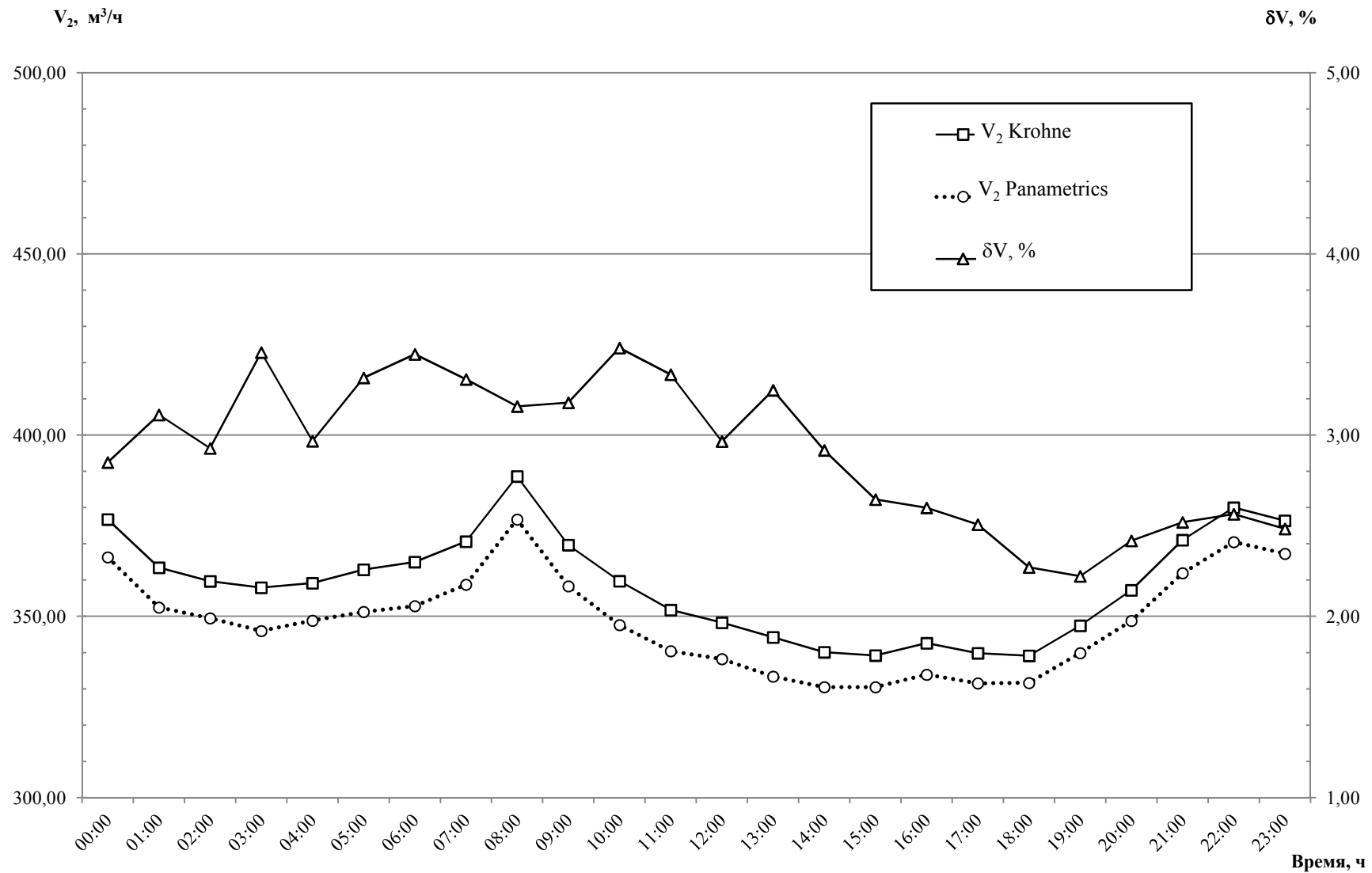


Рис. 6. Среднечасовой расход по обратному трубопроводу V_2 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 02.03.2009.

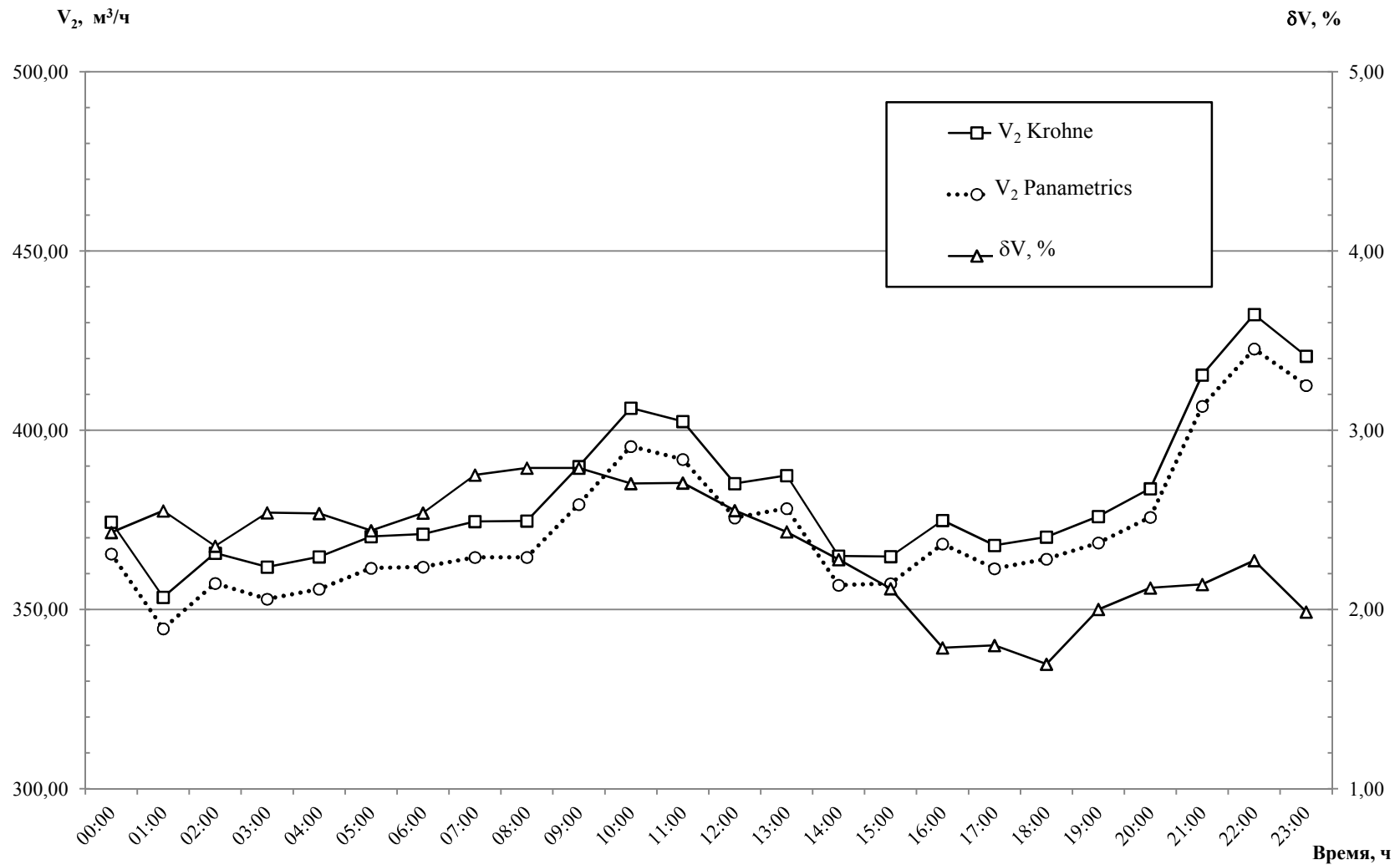


Рис. 7. Среднечасовой расход по обратному трубопроводу V_2 и расхождение между показаниями расходомеров δV за 15.03.2009.

Как видно из рис.5-7, расхождение между показаниями полнопроходного и накладного расходомеров, установленными на обратном трубопроводе, составляет +(3-4)%, т.е. оно примерно в 2 раза выше, чем в случае, когда эти расходомеры установлены на подающем трубопроводе. По моим предположениям это можно объяснить следующими причинами:

1. На подающем трубопроводе прямолинейный участок перед накладным расходомером составляет около $8d_y$ от первого местного сопротивления (конфузора) и на обратном трубопроводе также около $8d_y$, но от совмещенного местного сопротивления (колена + конфузор). Поэтому возможно в этом случае имеется асимметричность профиля, что сказывается на показаниях накладного расходомера. На показаниях полнопроходного электромагнитного расходомера это не сказывается, так как в обоих случаях прямолинейный участок от первого сопротивления до этого расходомера составляет около $10d_y$ при необходимых $5d_y$.

2. Давление в подающем трубопроводе $P_1=12-13$ бар, а в обратном $P_2=3-4$ бара. Поэтому в обратном трубопроводе возможно наличие газовой фазы, что также негативно сказывается на показаниях накладного расходомера.

На рис. 8-10 приведены среднесуточные расходы по подающему (рис. 8, 9) и обратному трубопроводу (рис. 10), измеренные полнопроходным и накладным расходомерами, а также расхождения между их показаниями. Отметим, что в период с 12.12.08 по 17.12.08 (рис. 8) расхождение между показаниями расходомеров, установленных на подающем трубопроводе, не превышает $\pm 1\%$, однако со временем оно возрастает и достигает $-1,5\%$ (рис. 9). Возможно это связано с «обрастанием» подающего трубопровода, так как скорость протекания теплоносителя довольно небольшая и составляет около (0,3-0,4) м/с. Это объясняется тем, что испытываемый узел учета рассчитан на большой жилой микрорайон.

На сегодняшний день теплотребление микрорайона не превышает 20% от расчетной нагрузки. Отметим, что с 17.12.08 по 02.02.09 данный узел учета был по техническим причинам отключен от электропитания и в этот период эксплуатационные испытания не проводились.

На рис.10 приведено сравнение среднесуточных показаний полнопроходного и накладного расходомеров, установленных в обратном трубопроводе. Как видно из этого рисунка, расхождение между их показаниями составляет от 2,5 до 4,5% .

В табл. 1 приведен отчет о среднечасовом потреблении узла учета, рассчитанный по показаниям полнопроходного расходомеров за период с 14.12 по 15.12.08, а в табл. 2-3 отчет о среднесуточном теплотреблении узла учета за периоды с 12.12 по 17.12.08 и с 03.02 по 16.02.09 (табл. 2) и период с 20.02 по 18.03.09 (табл. 3). Как видно из этих отчетов, узел учета тепла на базе полнопроходных электромагнитных расходомеров OPTIFLUX 4300 работает стабильно и надежно. То есть первую цель эксплуатационных испытаний можно считать достигнутой.

Что касается второй цели испытаний – разработать беспроливную методику поверки полнопроходных расходомеров без их демонтажа, то здесь можно отметить следующее. Медведевым В.А. предложен проект «Методики метрологического контроля (калибровки) расходомеров больших диаметров ультразвуковым накладным расходомером». В ходе наших испытаний мы хотели проверить данную методику. В этой методике предлагается проводить периодическую калибровку расходомеров большого диаметра (более 300 мм) непосредственно на месте эксплуатации с применением накладных ультразвуковых расходомеров два раза в год в режиме чередования «зима-лето» с оформлением протокола и сертификата о калибровке.

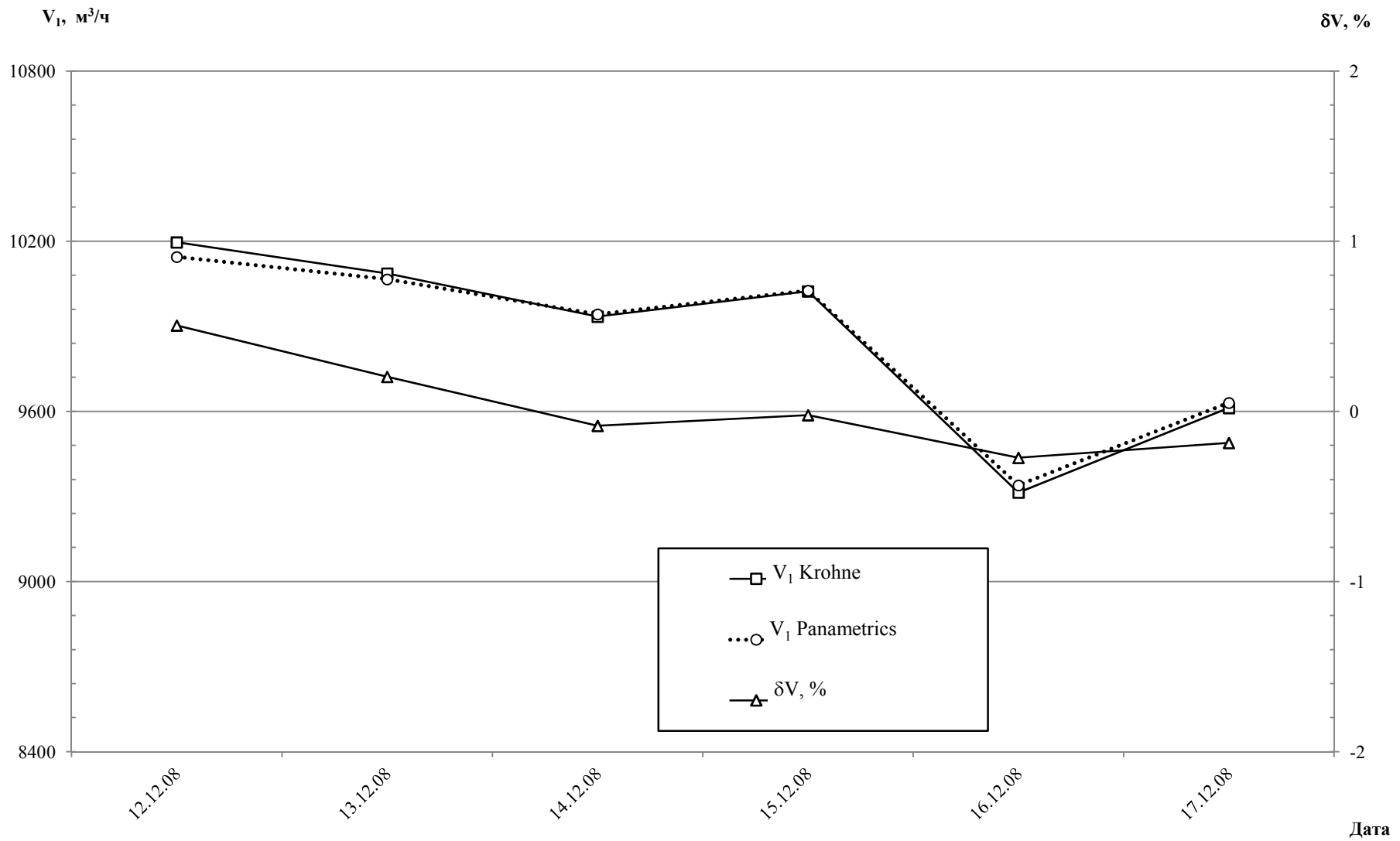


Рис. 8. Среднесуточный расход по подающему трубопроводу V_1 и расхождение между показаниями расходомеров δV с 12.12.2008 по 17.12.2008.

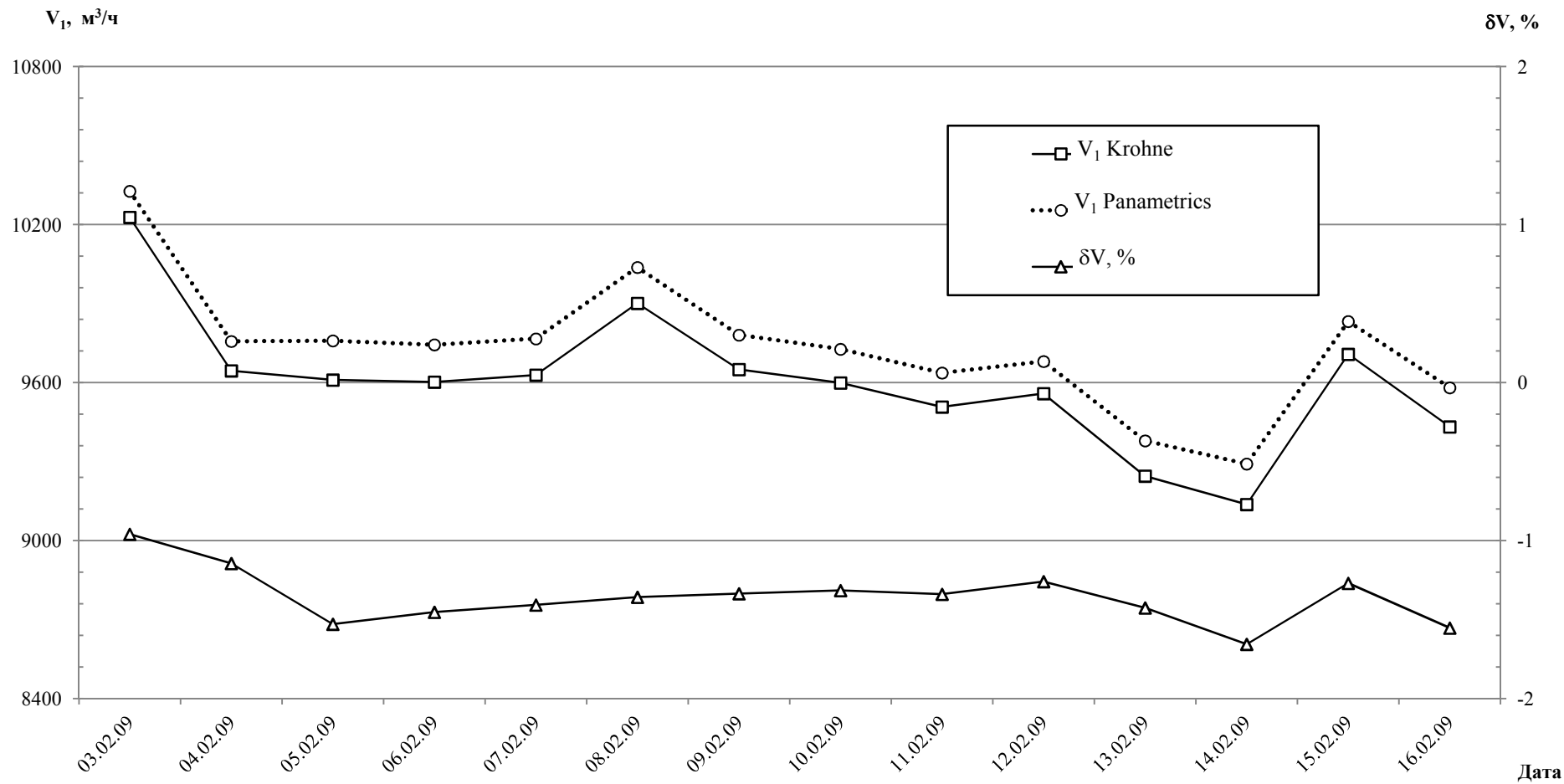


Рис. 9. Среднесуточный расход по подающему трубопроводу V_1 и расхождение между показаниями расходомеров δV с 03.02.2009 по 16.02.2009.

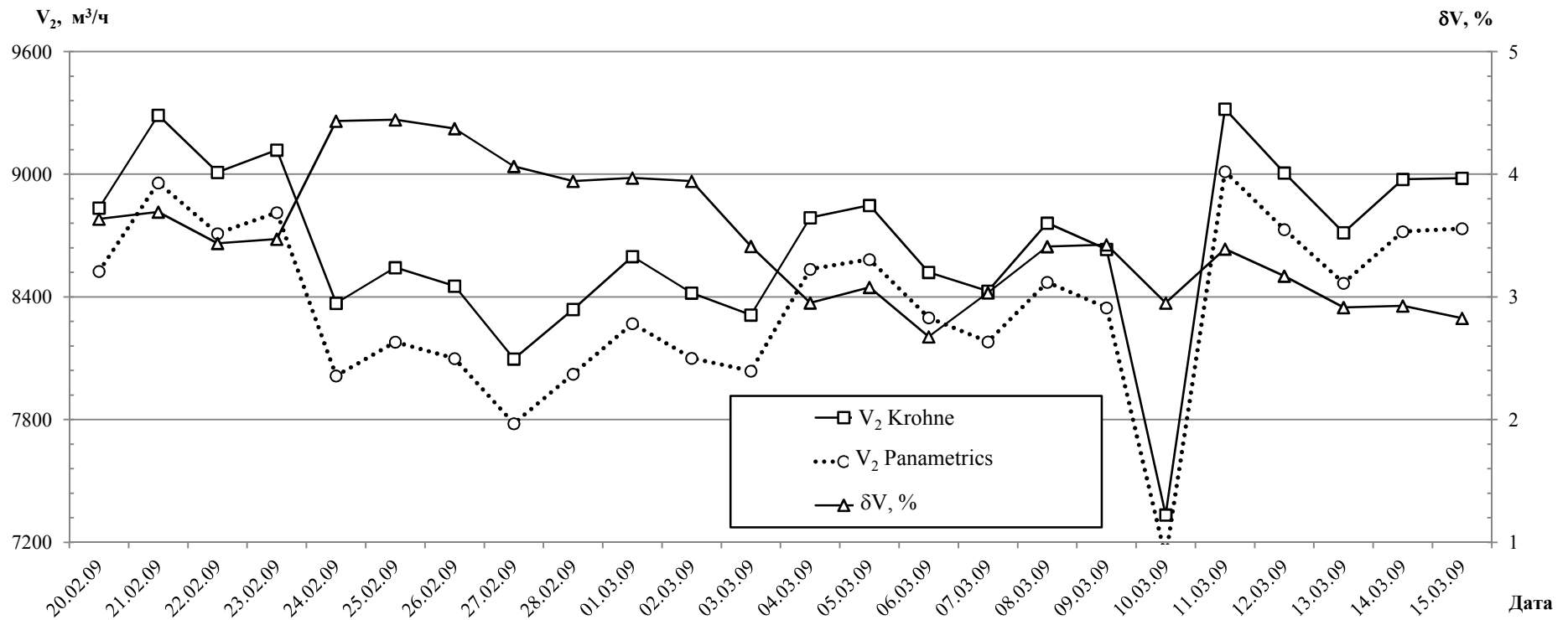


Рис. 10. Среднесуточный расход по обратному трубопроводу V_2 и расхождение между показаниями расходомеров δV с 20.02.2009 по 15.03.2009.

Отчет о среднечасовом теплотреблении за период с 14.12.2008 по 15.12.2008

Дата - Время	Температура, град С		Масса, т				Давление, ат		Тепло, ГКал		
	t ₁	t ₂	M ₁	M ₂	M _п	M ₁ '	P ₁	P ₂	Q ₁	Q ₂	Q _п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.12.2008 00:00	98,9	73,3	398,53	376,66	21,87	399,35	13,2	3,5	37,51	25,71	11,80
14.12.2008 01:00	98,8	73,5	391,14	375,37	15,77	391,74	13,0	3,5	36,76	25,70	11,06
14.12.2008 02:00	100,0	73,4	381,92	368,81	13,11	382,46	12,8	3,5	36,37	25,23	11,14
14.12.2008 03:00	99,7	73,8	379,55	368,45	11,10	379,46	13,1	3,6	36,01	25,34	10,67
14.12.2008 04:00	99,0	73,8	378,41	367,62	10,79	378,74	13,0	3,6	35,65	25,28	10,37
14.12.2008 05:00	97,2	74,4	379,59	369,10	10,49	380,02	12,9	3,6	35,07	25,61	9,46
14.12.2008 06:00	95,9	74,9	379,95	368,84	11,11	378,79	13,0	3,7	34,60	25,76	8,84
14.12.2008 07:00	95,8	75,2	383,90	369,09	14,81	383,45	13,2	3,8	34,94	25,90	9,04
14.12.2008 08:00	96,1	75,5	384,98	368,81	16,17	384,32	13,0	3,7	35,17	25,98	9,19
14.12.2008 09:00	96,0	75,1	392,38	371,99	20,39	391,99	12,8	3,7	35,80	26,06	9,74
14.12.2008 10:00	94,8	74,3	404,24	375,06	29,18	404,63	12,8	3,7	36,38	25,97	10,41
14.12.2008 11:00	94,5	73,8	407,26	376,59	30,67	406,05	12,7	3,6	36,51	25,89	10,62
14.12.2008 12:00	94,7	73,3	405,47	374,58	30,89	404,94	12,9	3,7	36,46	25,57	10,89
14.12.2008 13:00	94,4	72,9	399,73	368,42	31,31	400,39	12,9	3,6	35,80	25,01	10,79
14.12.2008 14:00	94,5	72,2	394,17	365,88	28,29	394,82	12,9	3,6	35,35	24,58	10,77
14.12.2008 15:00	93,4	71,7	398,84	369,75	29,09	399,70	13,1	3,7	35,35	24,67	10,68
14.12.2008 16:00	93,8	71,5	395,29	367,23	28,06	396,70	12,9	3,6	35,16	24,43	10,73
14.12.2008 17:00	92,9	71,1	398,21	370,13	28,08	400,21	13,1	3,6	35,10	24,44	10,66
14.12.2008 18:00	94,4	70,9	400,44	372,57	27,87	401,76	12,8	3,6	35,89	24,54	11,35
14.12.2008 19:00	95,7	70,7	408,76	378,28	30,48	409,96	12,9	3,6	37,17	24,84	12,33
14.12.2008 20:00	95,7	70,5	414,86	380,81	34,05	415,84	12,8	3,6	37,72	24,93	12,79
14.12.2008 21:00	96,2	70,0	422,42	385,96	36,46	423,19	12,8	3,6	38,60	25,09	13,51
14.12.2008 22:00	95,3	70,5	432,11	396,61	35,50	433,06	13,3	3,6	39,09	25,96	13,13
14.12.2008 23:00	94,9	70,2	422,00	389,69	32,31	422,93	13,3	3,6	38,02	25,39	12,63
15.12.2008 00:00	95,1	70,7	406,78	384,50	22,28	407,17	13,0	3,6	36,75	25,24	11,51
15.12.2008 01:00	94,2	71,1	400,04	380,26	19,78	400,23	12,9	3,6	35,78	25,13	10,65

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15.12.2008 02:00	93,5	71,1	395,88	383,02	12,86	395,99	13,1	3,6	35,12	25,31	9,81
15.12.2008 03:00	92,7	71,2	397,98	386,05	11,93	397,34	13,3	3,7	34,98	25,54	9,44
15.12.2008 04:00	93,8	71,8	394,14	384,26	9,88	392,98	12,8	3,4	35,07	25,66	9,41
15.12.2008 05:00	93,2	72,2	399,61	389,10	10,51	399,39	13,0	3,6	35,35	26,13	9,22
15.12.2008 06:00	93,3	72,6	401,42	388,04	13,38	400,60	12,8	3,6	35,51	26,21	9,30
15.12.2008 07:00	95,6	72,6	420,69	394,54	26,15	420,35	12,7	3,6	38,21	26,65	11,56
15.12.2008 08:00	92,9	72,9	431,88	404,20	27,68	431,24	13,2	3,7	38,06	27,42	10,64
15.12.2008 09:00	94,7	72,4	415,95	392,93	23,02	414,51	12,9	3,6	37,40	26,49	10,91
15.12.2008 10:00	93,8	72,6	414,23	390,68	23,55	414,11	13,1	3,7	36,87	26,42	10,45
15.12.2008 11:00	94,2	72,3	419,86	395,26	24,60	418,04	12,8	3,6	37,55	26,58	10,97
15.12.2008 12:00	93,8	71,3	427,08	403,15	23,93	426,66	13,1	3,7	38,01	26,73	11,28
15.12.2008 13:00	94,4	71,7	420,75	396,86	23,89	419,98	12,9	3,6	37,69	26,47	11,22
15.12.2008 14:00	94,3	71,7	411,91	388,74	23,17	412,77	12,9	3,7	36,88	25,92	10,96
15.12.2008 15:00	95,2	72,0	395,57	374,13	21,44	397,12	12,5	3,7	35,76	25,06	10,70
15.12.2008 16:00	95,2	72,5	382,31	360,88	21,43	385,07	13,0	3,6	34,58	24,34	10,24
15.12.2008 17:00	95,5	73,1	373,20	350,94	22,26	374,28	12,8	3,5	33,85	23,91	9,94
15.12.2008 18:00	94,2	73,9	383,55	358,40	25,15	386,44	12,9	3,6	34,31	24,68	9,63
15.12.2008 19:00	92,7	74,2	388,51	359,23	29,28	388,47	13,0	3,7	34,16	24,83	9,33
15.12.2008 20:00	92,6	73,7	388,50	359,29	29,21	389,52	13,1	3,7	34,12	24,69	9,43
15.12.2008 21:00	93,0	72,9	392,45	365,34	27,11	393,75	12,9	3,5	34,60	24,80	9,80
15.12.2008 22:00	91,2	72,1	395,65	366,53	29,12	395,99	13,1	3,6	34,18	24,59	9,59
15.12.2008 23:00	91,2	71,0	397,63	366,82	30,81	397,60	12,9	3,5	34,34	24,21	10,13

Отчет о среднесуточном потреблении за период с 12.12.2008 по 17.12.2008
и с 03.02.2009 по 16.02.2009.

Дата	Температура, град С		Масса, т				Давление, ат		Тепло, ГКал		
	t ₁	t ₂	M ₁	M ₂	M _п	M ₁ '	P ₁	P ₂	Q ₁	Q ₂	Q _п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12.12.2008	96,1	71,7	9 804,74	9 283,21	521,53	9 757,72	13,0	3,7	895,44	618,98	276,46
13.12.2008	97,8	73,0	9 687,23	9 144,50	542,73	9 669,76	13,0	3,6	901,3	621,82	279,48
14.12.2008	95,9	72,8	9 554,15	8 976,30	577,85	9 564,50	13,0	3,6	870,48	607,88	262,6
15.12.2008	93,8	72,2	9 655,57	9 123,15	532,42	9 659,60	12,9	3,6	859,13	613,01	246,12
16.12.2008	90,9	70,1	8 990,03	8 439,14	550,89	9 016,21	13,0	3,6	773,81	549,01	224,8
17.12.2008	83,2	66,1	9 326,42	8 713,18	613,24	9 345,61	13,0	3,6	730,18	530,86	199,32
03.02.2009	93,7	75,7	9 852,74	9 020,45	832,29	9 945,44	13,0	3,6	875,97	637,66	238,31
04.02.2009	93,9	75,2	9 289,92	8 485,69	804,23	9 394,87	13,0	3,5	827,88	595,93	231,95
05.02.2009	95,4	76,6	9 245,85	8 457,23	788,62	9 386,77	13,1	3,5	837,95	605,45	232,5
06.02.2009	95,6	76,5	9 237,54	8 464,88	772,66	9 371,15	13,0	3,5	838,75	605,21	233,54
07.02.2009	93,8	75,9	9 274,97	8 464,01	810,96	9 404,82	13,0	3,5	825,53	600,23	225,3
08.02.2009	90,6	74,3	9 559,10	8 729,99	829,11	9 688,05	13,0	3,5	820,06	604,87	215,19
09.02.2009	90,0	73,8	9 320,55	8 533,96	786,59	9 448,53	13,0	3,5	793,59	587,02	206,57
10.02.2009	91,5	74,2	9 260,89	8 463,43	797,46	9 386,26	12,9	3,6	803,1	585,38	217,72
11.02.2009	92,2	75,0	9 168,57	8 376,93	791,64	9 294,91	13,0	3,5	801,43	586,24	215,19
12.02.2009	92,2	74,8	9 217,67	8 416,68	800,99	9 337,12	13,0	3,6	805,68	587,57	218,11
13.02.2009	90,9	74,2	8 924,17	8 144,25	779,92	9 050,79	13,0	3,5	767,95	563,17	204,78
14.02.2009	88,7	73,4	8 833,35	8 007,19	826,16	8 979,65	12,9	3,6	740,46	547,11	193,35
15.02.2009	88,0	72,4	9 388,79	8 528,14	860,65	9 506,98	13,1	3,6	780,94	574,48	206,46
16.02.2009	89,4	73,3	9 113,12	8 304,69	808,43	9 254,40	13,1	3,6	771,21	566,65	204,56

Отчет о среднесуточном потреблении за период с 20.02.2009 по 18.03.2009.

Дата	Температура, град С		Масса, т				Давление, ат		Тепло, ГКал		
	t ₁	t ₂	M ₁	M ₂	M _п	M ₂ '	P ₁	P ₂	Q ₁	Q ₂	Q _п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20.02.2009	94,0	76,2	9 414,94	8 607,85	807,09	8 211,02	13,0	3,6	839,73	612,46	227,27
21.02.2009	93,5	76,3	9 870,04	9 049,02	821,02	8 630,75	13,0	3,6	875,31	645,45	229,86
22.02.2009	91,7	75,1	9 616,91	8 794,70	822,21	8 404,32	12,9	3,6	835,19	615,93	219,26
23.02.2009	89,9	73,9	9 754,26	8 907,23	847,03	8 513,79	13,0	3,5	830,40	613,89	216,51
24.02.2009	93,1	75,5	9 194,28	8 369,70	824,58	8 014,36	13,0	3,5	812,21	589,99	222,22
25.02.2009	90,9	75,0	9 369,53	8 543,53	826,00	8 180,01	13,0	3,5	806,29	597,47	208,82
26.02.2009	90,3	74,3	9 258,57	8 453,38	805,19	8 099,19	13,0	3,6	791,88	585,28	206,60
27.02.2009	90,5	75,2	8 918,32	8 097,04	821,28	7 780,76	13,0	3,6	763,95	568,55	195,40
28.02.2009	88,6	73,0	9 182,49	8 339,36	843,13	8 022,95	13,0	3,6	769,07	566,59	202,48
01.03.2009	87,7	72,7	9 470,44	8 598,37	872,07	8 270,07	13,0	3,5	784,81	581,84	202,97
02.03.2009	86,8	72,1	9 219,07	8 419,94	799,13	8 100,53	13,0	3,6	755,26	564,91	190,35
03.03.2009	83,5	71,0	9 013,53	8 312,30	701,23	8 037,99	12,9	3,6	709,62	548,43	161,19
04.03.2009	77,2	67,7	9 448,80	8 787,97	660,83	8 535,96	13,0	3,6	683,34	550,13	133,21
05.03.2009	75,5	66,1	9 532,00	8 847,77	684,23	8 583,49	12,9	3,6	673,56	540,46	133,10
06.03.2009	72,7	64,7	9 205,25	8 520,78	684,47	8 298,74	12,9	3,6	624,76	508,64	116,12
07.03.2009	78,4	66,6	9 136,72	8 429,10	707,62	8 180,86	12,8	3,5	672,26	519,16	153,10
08.03.2009	78,9	66,8	9 472,95	8 761,19	711,76	8 472,19	12,8	3,6	701,98	541,18	160,80
09.03.2009	80,2	67,9	9 352,82	8 633,07	719,75	8 347,19	12,8	3,6	704,61	542,42	162,19
10.03.2009	88,2	63,0	7 920,59	7 334,15	586,44	7 123,95	11,7	4,0	551,89	445,38	106,51
11.03.2009	75,0	65,1	10 045,36	9 319,16	726,20	9 013,46	12,6	3,6	704,66	559,18	145,48
12.03.2009	73,1	64,3	9 732,35	9 006,82	725,53	8 730,02	12,8	3,7	664,47	533,84	130,63
13.03.2009	71,8	63,7	9 428,77	8 714,43	714,34	8 467,68	12,8	3,7	631,06	511,49	119,57
14.03.2009	72,2	63,3	9 741,49	8 975,13	766,36	8 719,88	12,7	3,7	656,35	522,73	133,62
15.03.2009	72,8	63,9	9 796,35	8 981,44	814,91	8 734,60	12,7	3,7	665,06	528,60	136,46
16.03.2009	73,4	64,0	9 263,76	8 516,55	747,21	8 294,00	12,8	3,6	634,48	502,16	132,32
17.03.2009	73,5	64,7	9 110,56	8 400,20	710,36	8 200,58	12,8	3,7	625,61	501,45	124,16
18.03.2009	71,7	64,3	9 108,99	8 402,38	706,61	8 214,00	12,9	3,8	609,23	498,24	110,99

Для контроля сходимости показаний и стабильности метрологических характеристик накладные ультразвуковые расходомеры должны проходить процедуру калибровки на эталонной проливной установке. Вроде бы внешне все хорошо, но в этой методике не учтено влияние внешних факторов, в частности, «обрастание» трубопровода в процессе его эксплуатации. И если показания расходомеров при калибровке через полгода, год, два года будут расходиться, то возникает неопределенность: это произошло из-за метрологического отказа полнопроходного расходомера или это произошло из-за неучтенных факторов влияния («обрастания» трубопровода, наличия газовой фазы и т.д.).

Как видно из наших испытаний, даже в течение месяца расхождение между показаниями полнопроходного и накладного расходомеров увеличивается и, вероятно, это расхождение как раз и связано с неучтенными внешними факторами. Поэтому можно считать, что вторая цель испытаний не достигнута, так как в процессе эксплуатации расхождение между испытуемым расходомером и накладным расходомером нестабильно и возрастает и неясно, чем вызвана эта нестабильность.

И в заключение можно отметить следующее:

1. Данные испытания полнопроходных расходомеров большого сечения являются лишь первым этапом и будут продолжаться в 2009-2010 г.г.

2. Предварительные результаты испытаний полнопроходных электромагнитных расходомеров OPTIFLUX показали, что это надежный и точный прибор, имеющий хорошую самодиагностику.

3. Вторая цель испытаний – разработка беспроливной методики поверки полнопроходных расходомеров большого сечения с помощью эталонных накладных ультразвуковых расходомеров не принесла ожидаемых результатов по следующим причинам:

3.1. Основным исследуемым расходомером OPTIFLUX имеет класс порядка 0,5, а «эталонный» - РТ878 имеет класс 1,0. Поэтому сравнение не совсем корректно. Мы это прекрасно понимали, но хотели все-таки посмотреть, что из этого получится. Как видно из вышеизложенного, на начальном этапе эксперимента расхождение между этими расходомерами составляло около 1,5%, что, очевидно, соответствует истине.

3.2. Для достоверности результатов сравнения полнопроходного и накладного расходомеров необходимо в нашем случае использовать накладной расходомер класса не более 0,15, а с учетом погрешностей при его установке на трубопроводе не более 0,1. При этом необходимо быть уверенным, что измерительный участок не имеет ни каких отложений. Этого можно добиться следующим образом:

- измерительный участок для накладного расходомера футеруется специальным покрытием, например, эмаль, специальная краска и т.д.;
- измерительный участок длиной 3-5d_y изготавливается из нержавеющей стали;
- измерительный участок делается съемным, чтобы его можно было периодически очищать механическим способом перед проведением калибровки.

4. Очевидно, что для полнопроходных расходомеров большого сечения необходимо разработать беспроливной имитационный способ поверки или же использовать стандартный способ поверки на проливочном стенде. Это хоть дорогое и трудоемкое удовольствие, но оно проводится один раз в 4 года и поэтому надо просчитывать экономику (эксплуатационные, капитальные затраты и срок окупаемости), а также надежность и точность измерений.

5. Можно также рассмотреть «экзотический», вариант поверки. Исследуемый электромагнитный преобразователь расхода OPTIFLUX 4300 состоит из двух функциональных

частей: первичный преобразователь расхода OPTIFLUX 4000 и преобразователь IFC 300, которые соединены между собой кабелями.

При первичной поверке преобразователь расхода поверяется как единое целое. Однако при повторной поверке можно поверить только IFC300, а затем провести самодиагностику преобразователя OPTIFLUX 4000, т.е. проверить механическую часть расходомера, а именно: провести мониторинг измерительных электродов, измерить сопротивление обмотки возбуждения, оттестировать линейность магнитной системы, ток возбуждения, обработку сигналов и т.д.

Более того, при заказе расходомеров большого сечения можно приобрести второй комплект поверенных «голов» - IFC 300 и затем поменять их после окончания МПИ. Тем более что в инструкции на конвертор сигналов IFC 300 для электромагнитных расходомеров OPTIFLUX указано: первичный преобразователь и электронный конвертор калибруются совместно, но, если компоненты поставляются отдельно или в случае «смешанного» монтажа, в электронный преобразователь необходимо ввести условный диаметр и константы первичного преобразователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канев С.Н., Старовойтов А.А. Эксплуатационные испытания теплосчетчиков. Материалы 25-й Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», СПб., 2007 г.

Канев Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, генеральный директор Хабаровского центра энергоресурсосбережения

680033, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 221-А

тел./факс (4212) 72-55-01, 37-64-25

<http://www.lers.ru>, e-mail: kanev@lers.ru.