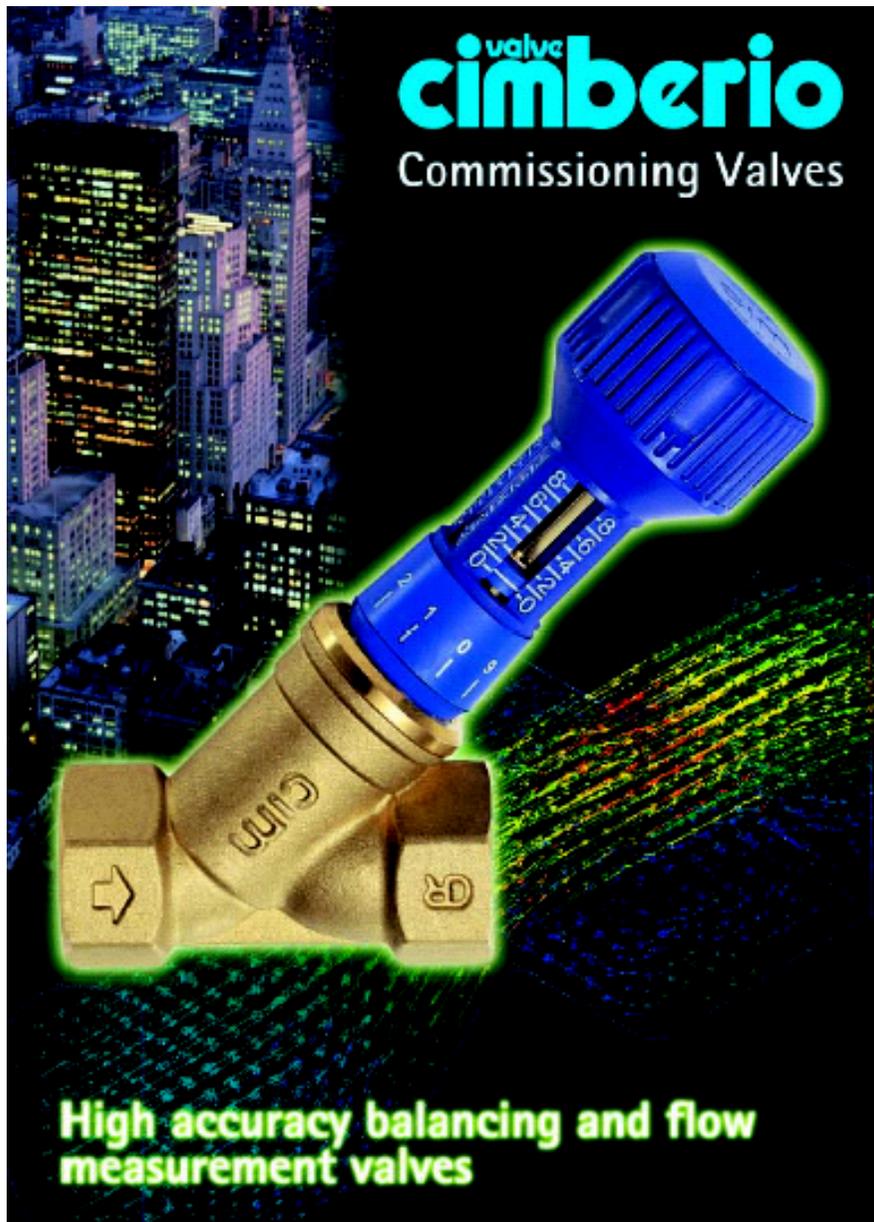


## БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ КЛАПАНЫ CIMBERIO РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Изготовитель: CIMBERIO S.p.A., Via Torchio, 57-28017-San Maurizio d'Opaglio (NO), Italy



## Клапаны высокой точности балансировки и измерения расходов потока

Стр. 2

### 1. Введение

В настоящем руководстве представлен установочный комплект Cimberio CIM 737, CIM 3737 – комбинированный клапан с двойной регулировкой и отдельный блок измерения расхода потока, обеспечивающий высокую точность балансировки и измерения расхода потока при всех настройках клапана.

Установочные комплекты подходят как для нагревательных (LPHW), так и для охлаждающих систем при рабочем давлении до 20 бар. Клапаны от 15 до 50 мм – латунные, наклонные и имеют колоколообразную форму “CR”; клапаны от 65 до 1000 мм имеют вид дисковых затворов из литого пластичного чугуна.



Основные характеристики установочных комплектов Cimberio:

- диафрагменный блок измерения расхода потока, обеспечивающий высокую точность измерения расхода потока в пределах  $\pm 5\%$ , независимо от настроек клапана (CIM 721)
- резьбовое соединение типа «металл-металл», что позволяет фиксировать настройки клапана, т.е. закрывать и открывать клапан в точном заданном положении
- рукоятка с защелкивающейся крышкой, в которой размещается регулирующий шток под шестигранный ключ для фиксации положения клапана
- шкала-индикатор положения клапана, читаемая под любым углом
- заглушка клапана с EPDM прокладкой, обеспечивающая плотность перекрытия клапана

Клапаны прошли испытания в BSRIA на воде с повышенным содержанием воздуха и примесей (см. Раздел 7). Результаты показали отличную устойчивость к такого рода условиям, и вселяют уверенность в том, что клапаны сохраняют высокий уровень точности повторения измерения расхода потока в наихудших для работы системы условиях.

Клапан с двойной регулировкой

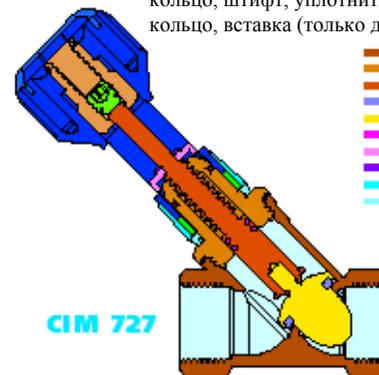
- Пониженный уровень накопления воздуха и примесей
- Точность фиксации шестигранным ключем
- Неподнимающаяся рукоятка



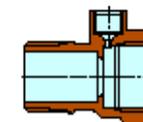
Клапан с двойной регулировкой

DN 1/2 - DN 2"

Корпус, крышка, стержень, прокладка, клапан, уплотнительное кольцо, указатель, фиксатор, указатель поворота 1/10, указатель поворота, память, уплотнительное кольцо, штифт, уплотнительное кольцо, рукоятка, муфта, крышка, эластичное кольцо, вставка (только для DN 3/4-1 1/4")



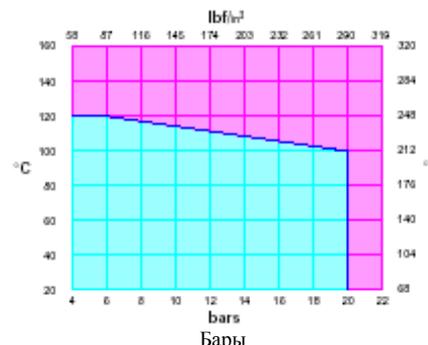
CIM 727



CIM 722

Body	CC7525	Memory	CW602N
Bonnet	CW602N	O-Ring	HNBR
Stem	CW602N	Pin	Steel
Gasket	EPDM	O-Ring	HNBR
Shutter	CW602N	Knob	Nylon 6
O-Ring	HNBR	Entrainer	CW602N
Index	Hostafom	Cap	Hostafom
Seeger	Bronze	Elastic ring	Steel
1/10 turn Index	Hostafom	Oxiditanop	Nylon
Turn Index	Hostafom	only for DN 3/4-1 1/4"	

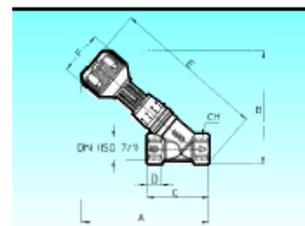
Диапазон по давлению/ температуре для 1/2 до 2"  
Фунт/дюйм<sup>2</sup>



20 бар при t от -10°C до 100°C  
6 бар при t 120°C

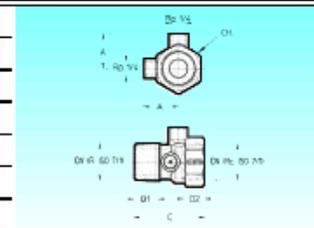
Материалы – Основные характеристики

Корпус: литая стойкая к децинкованию латунь "CR"CC7525  
Крышка: прессованная стойкая к децинкованию латунь "CR" EN12164 CW602N  
Стержень и металлические компоненты: прессованная латунь "CR" EN12164 CW602N  
Герметизирующий элемент: Уплотнительное кольцо – HNBR  
Задвижка: обработанная, из тянутого латунного прута "CR" EN12164 CW602N  
Рукоятка: нейлон  
Лицевая поверхность диска: резина EPDM  
Испытательное гидростатического давление:  
Корпус 24 бара  
Седло клапана 18 бар  
Резьба: цилиндрическая. согласно ISO 7/1Rd – BS 21 Rd



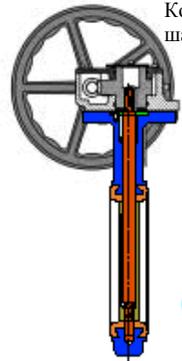
DN	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Gms.	475	645	860	1275	1890	2800
A	137,5	157	160	171	212	231
B	119	138,5	154	168,5	211	230
C	68	77	91	108	116	143
D	15	16,3	19,1	21,4	21,4	25,7
E	162,5	190	201,5	220	276	301,6
F	52	52	52	52	58	58
CH	28	33	40	51	56	71

DN	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Gms.	161	207	252	400	460	710
A	25	28	31	36	39	45
C	66,5	66,5	63,5	71	71	79,5
D1	15	16,3	19,1	21,4	21,4	25,7
D2	15	16,3	19,1	21,4	21,4	25,7
CH	28	34	40	51	56	71



Клапан с двойной регулировкой

DN 65 – DN300



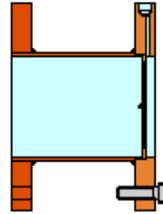
Корпус, резина седла клапана, диск, стержень, втулка, уплотнительное кольцо, шайба, болт, фиксатор, маховик, диафрагма, корпус

- Body
- Seat rubber
- Disc
- Stem
- Bushing
- O-Ring
- Washer
- Bolt
- Seeger
- Handwheel

- GGG40
- EPDM
- Stainless steel AISI 316
- Stainless steel AISI 316
- Polymid
- EPDM
- St 37
- M8x8
- Stainless steel
- GGG40

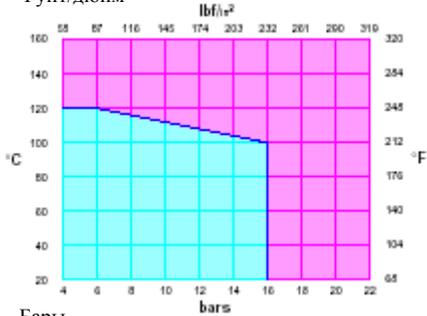
- Diaphragm
- Body
- Stainless steel AISI 316
- Fe 360B

CIM 3110 DRV



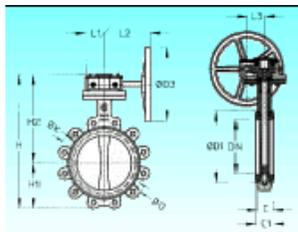
CIM 3722

Диапазон по давлению/ температуре для DN65 до 300  
Фунт/дюйм<sup>2</sup>



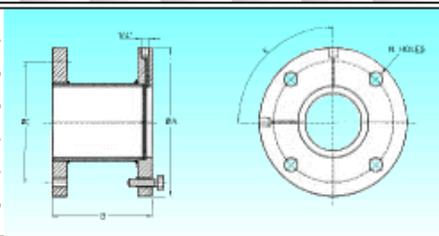
**Материалы – Основные характеристики**  
 Корпус клапана: GGG40  
 Штуцер корпуса: Fe360B  
 Калиброванная диафрагма: нержавеющая сталь AISI 316  
 Резина опорной поверхности: EPDM  
 Диск: нержавеющая сталь AISI 316  
 Стержень: нержавеющая сталь AISI 316  
 Втулка: полиамид  
 Фланцевые соединения: согласно UNI 2223 – PN 16

Бары  
 16 бар при температуре от -10°C до 100°C  
 6 бар при температуре 120°C



DN	65	80	100	125	150	200	250	300
Gms	4500	6200	7800	10000	12000	18500	27900	44700
C	46	46	52	56	56	60	68	78
C1	50	50	56,5	60,5	60,5	64,5	72,5	84,5
Ø D	188	204	234	258	290	343	412	485
Ø D1	112	126	152	185	210	262	316	372
H1	74	96	110	122	135	160	201	237
H2	152	159	177	190	203	241	273	311
N	40	40	42	46	46	48	58	64
Ø K	145	160	180	210	240	295	350	400
Ø Max	16x4	16x8	16x8	16x8	20x8	20x8	20x12	20x12

DN	65	80	100	125	150	200	250	300
PN	16	16	16	16	16	16	16	16
Ø A	185	200	220	250	285	340	405	450
B	150	150	150	200	230	300	400	450
Ø C	145	160	180	210	240	295	355	410
K	90°	90°	90°	90°	45°	30°	30°	30°
N. holes	4	8	8	8	8	12	12	12



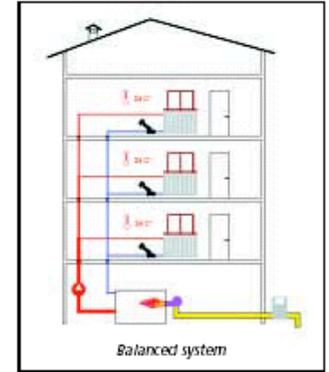
3. Необходимость обеспечения высокой точности балансировки и измерения расхода потока

Создание равномерной температуры в здании:

Терминалы, в которые поступает слишком слабый поток, не могут обеспечить заданный уровень тепла или холода. Это значит, что на обслуживаемой ими площади не могут быть достигнуты расчетные температуры в условиях пиковой нагрузки. Системы с охлажденной водой с функцией латентного охлаждения (т.е. влагопоглощения) очень чувствительны к отклонениям от расчетного расхода потока.

Улучшение характеристик управляющего клапана:

Управляющие клапаны плавного регулирования могут оказаться неспособными выполнять свою функцию должным образом, если контролируемые ими контуры начинают работу при слишком большом или слишком малом расходе потока. Если в контур поступает слишком большой расход, первый этап работы клапана направлен на возврат уровня потока к расчетному; если в контур поступает слишком малый расход, то действие клапана может привести к критическому падению эффективности передачи тепла, т.о. клапан начинает работать как контроллер включения/ выключения.



Оптимизация экономии электроэнергии:

При обеспечении точного баланса расходов потока общий уровень расхода потока от насоса не должен превышать проектных величин для здания. Более того, контроль экономии электроэнергии станет более эффективным. Например, если балансировка потоков плохая, то различные части здания будут прогреваться и охлаждаться с различной степенью. Чтобы компенсировать это, оптимизирующие блоки должны будут включать нагревательные/ охлаждающие системы заранее, и тем самым обеспечить равномерное прогревание/ охлаждение здания.

Обеспечение клиента данными по конечным значениям расходов потока в системе:

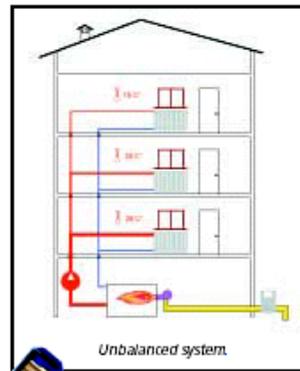
Точность балансировки потока и измерения расходов потока означает, что клиент может получить свидетельство того, что система соответствует проектным значениям потока. Это убедит клиента в том, что система удовлетворяет требованиям.

Облегчение устранения неисправностей:

В случае плохой эффективности системы наличие балансировочных клапанов и приборов измерения расходов потока позволит инженерам определить расположение и причину неисправности.

Облегчение будущих модификаций:

В случае модификации или изменения системы в будущем, наличие высокоточных балансировочных клапанов и приборов измерения параметров потока позволит обеспечить новую балансировку потоков.



#### 4. Преимущества блока измерения расхода потока с фиксированной диафрагмой перед блоком с переменной диафрагмой

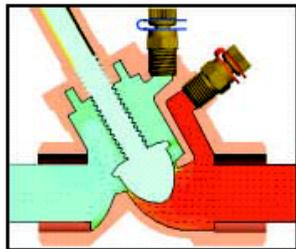
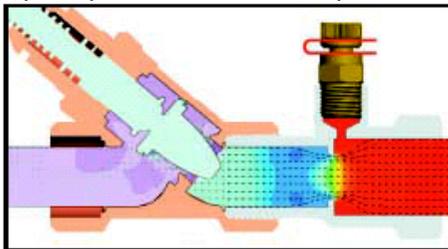
Идея соединить двойной регулирующий клапан с блоком с фиксированной диафрагмой возникла в Великобритании в 1980-х годах. Такое сочетание предназначено для решения проблем точности, связанных с измерением расхода потока путем использования перепадов давления на клапанах с переменной диафрагмой. Клапаны с переменной диафрагмой редко обеспечивают точность, характерную для клапанов с фиксированной диафрагмой. В клапанах с переменной диафрагмой сигнал давления поперек отвода используется для измерения параметров потока. График соотношения между перепадами давления и скоростью потока необходим при каждой настройке клапана.



Основная слабая черта этой схемы заключается в том, что

производственный допуск может вызвать значительные искажения измерения параметров потока, превышающие определенный порог перекрытия, обычно 50%. Если это значение превышено, то точность измерения резко падает, до 30% и более! Так как основная доля сопротивления клапана приходится на период его закрытия, то диапазон балансировки клапана резко ограничивается. В результате клапан имеет либо ограниченную способность балансировки, либо низкую точность измерения, или и то и другое. Ограниченность рабочего диапазона клапанов с переменной диафрагмой неизбежно усложняет проблему выбора клапана и часто приводит к тому, что клапан имеет размер меньше размера соединительных труб.

Клапаны с фиксированной диафрагмой эти проблемы не свойственны. Так как функции измерения параметров потока и балансировки разделены, то их регулирование может осуществляться почти до закрытого положения, обеспечивая гораздо более высокие значения давления балансировки при точности измерения параметров потока в пределах  $\pm 5\%$  от любых заданных настроек.



Фиксированная диафрагма

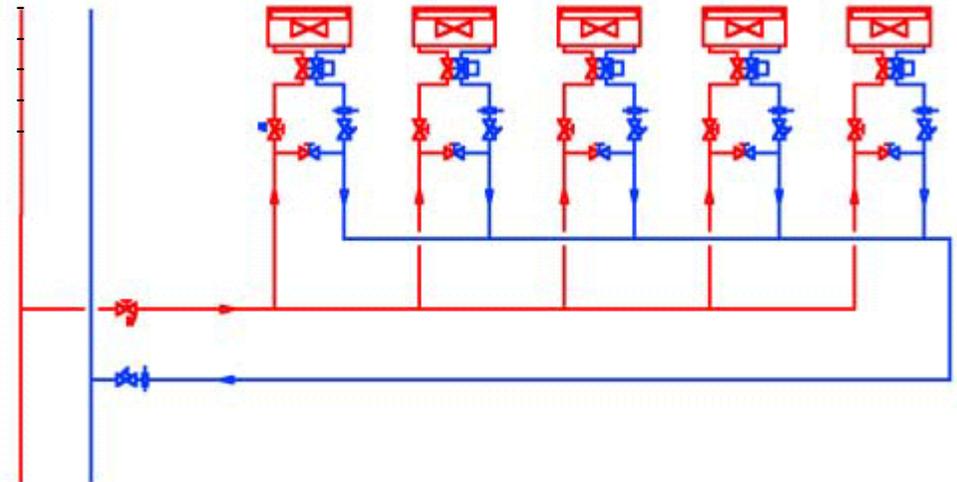
Переменная диафрагма

Со времени их внедрения, установочные комплекты с фиксированной диафрагмой пользуются большим предпочтением среди проектировщиков и монтажных организаций Великобритании.

#### 5. Преимущества схемы клапана с фиксированной диафрагмой

Чтобы избежать необходимости создавать высокие давления балансировки, проектировщики разрабатывают систему таким образом, что некоторая степень балансировки достигается уже за счет подбора размеров и схемы труб. Типичное такое решение может включать в себя использование обратного проходного трубопровода, схемы с распределением низких потерь давления основных или выбранных потребителей с одинаковым сопротивлением. Хотя такой подход и способствует достижению хорошей балансировки расходов потока в системе, следует обратить внимание на возникновение следующих отрицательных факторов:

- Использование возвратной схемы требует прокладки трубопроводов большой протяженности, что неизбежно приводит к росту стоимости системы, увеличению давления насоса и потребности в электроэнергии.



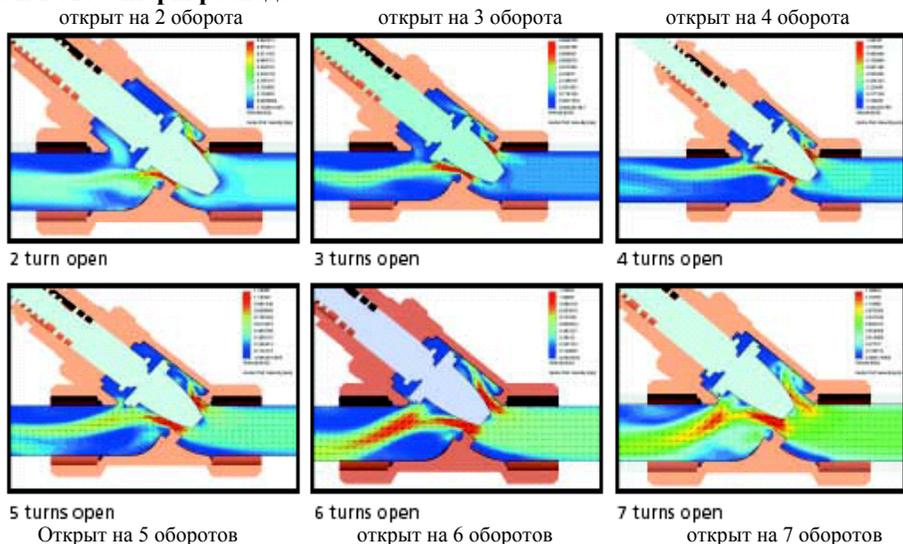
- Магистрали малых потерь давления представляют собой трубы увеличенного размера, превышающего необходимый, более дорогостоящие и создающие низкую скорость в коллекторных узлах, в связи с чем там может накапливаться воздух и возникать коррозия.
- Подбор потребителей с одинаковым сопротивлением может привести к тому, что во многих помещениях появятся тепловые единицы увеличенных габаритов, что означает увеличение стоимости и ухудшение качества управления.

Помимо изложенного выше, разрабатывая схему с самобалансировкой, проектировщик тратит много времени, чтобы добиться максимального снижения изменений давления, и так чтобы любой остаточный дисбаланс мог быть устранен в рамках ограниченных возможностей точности настройки балансировочного клапана малой точности.

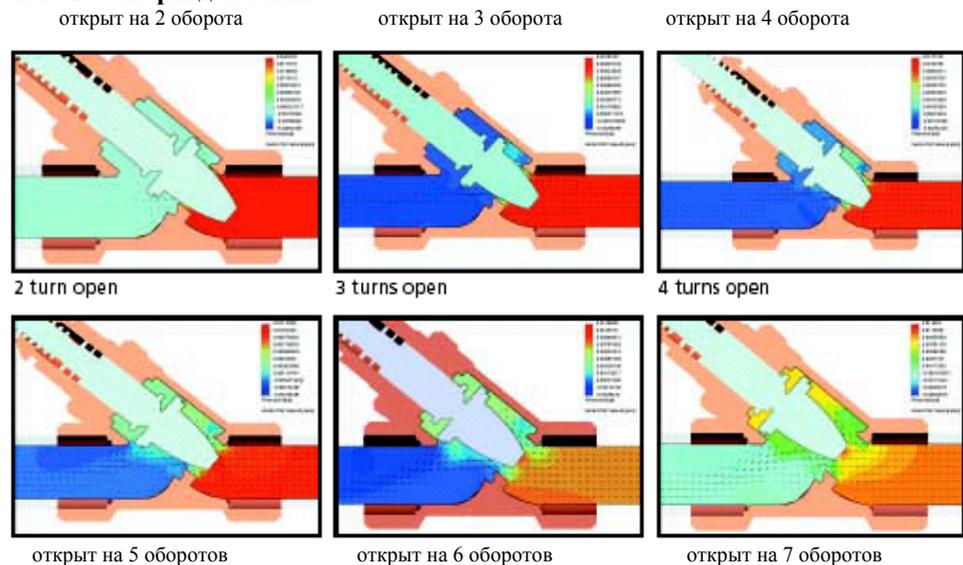
## 6. Эпюры расхода и давления

С помощью компьютерного моделирования созданы модели стационарного давления и потока в поперечных сечениях клапанов Cimberio с различными настройками. Анализ показал, что благодаря компактности корпуса клапана, турбулентные зоны и вихревые течения сведены к минимуму, таким образом обеспечивается стабильная работа и устойчивость к проблемам, связанным с аккумулярованием воздуха и грязи.

## CIM 727 Эпюры расхода



## CIM 727 Эпюры давления



## 7.1 Отчет об испытаниях клапанов в центре BSRIA

BSRIA – это ведущий центр Великобритании по проведению исследований в области строительства. BSRIA проводит независимые и авторитетные исследования, получение информации, испытания и консультации, а также исследование рынка.

(e-mail: [bsria@bsria.co.uk](mailto:bsria@bsria.co.uk)  
Web-сайт [www.bsria.co.uk](http://www.bsria.co.uk) )

Так как захват воздуха и грязи является основными причинами неповторяемости измерений на небольших клапанах, то мы заказали BSRIA исследование воздействия этого фактора на работу балансировочных клапанов Cimberio.

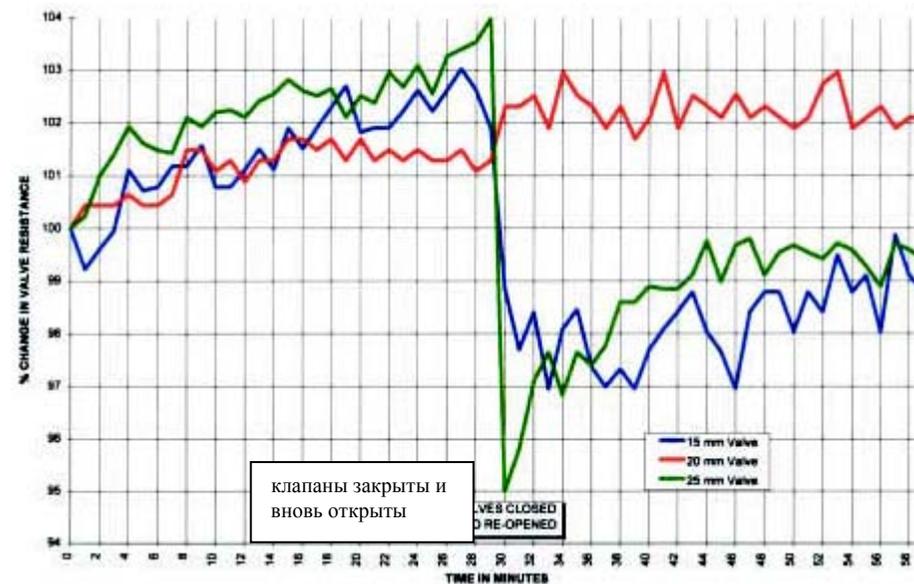
## Цели:

- определение влияния захвата воздуха на  $k_v$  клапанов каждой модели при 25% открытии
- определение влияния растворенной в воде грязи на  $k_v$  клапанов каждой модели при 25% открытии

## Результаты

На приведенном ниже графике представлены результаты воздействия захваченного воздуха на каждый из трех клапанов при 25% открытии.

% изменение сопротивления клапана

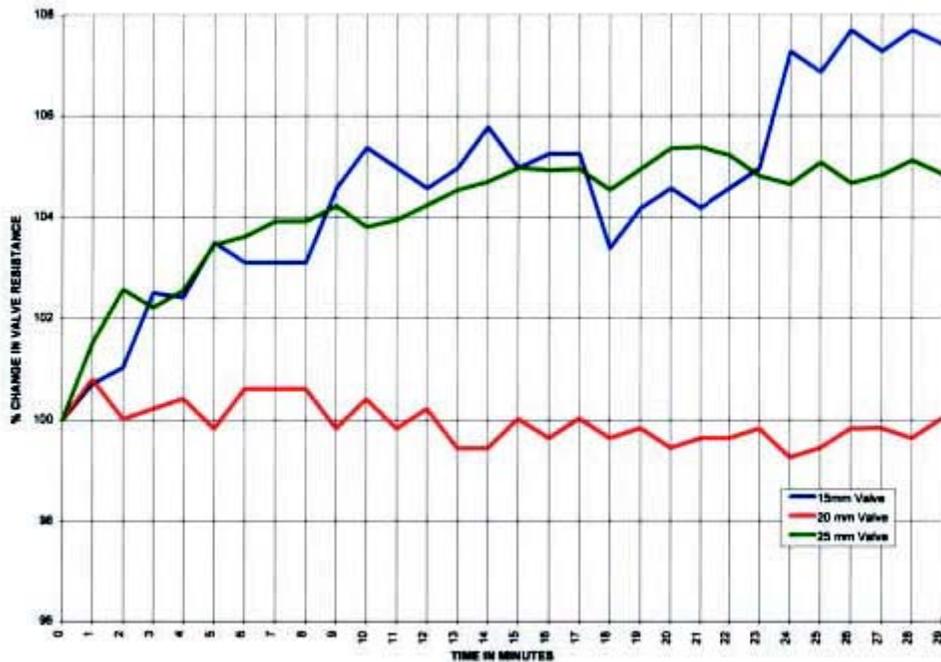


время в минутах

## 7.1 Отчет об испытаниях клапанов в центре BSRIA

На приведенном ниже графике представлены результаты воздействия взвешенных в воде примесей на каждый из трех клапанов при 25% открытии.

% изменение сопротивления клапана



время в минутах

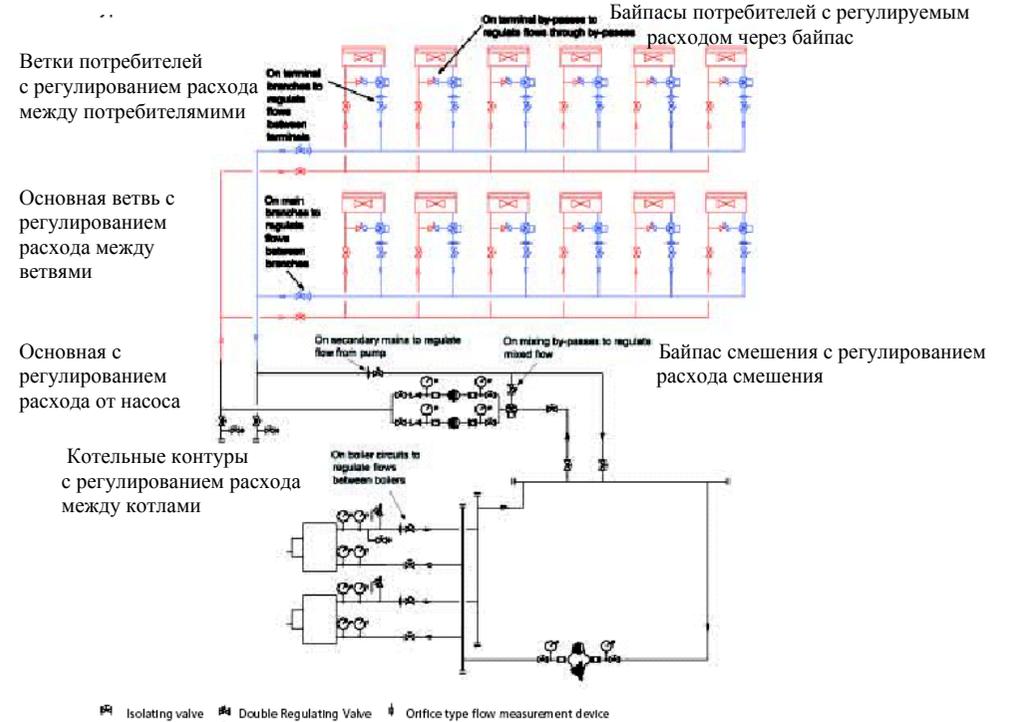
## Заключение BSRIA

Полученные результаты показали, что на испытанные клапаны не было оказано значительного воздействия в связи с присутствием воздуха или других примесей, присутствовавших в потоке жидкости.

В ходе каждого из испытаний было обнаружено, что сопротивление варьируется менее чем на 10%, и маловероятно, что такое изменение может вызвать сколь угодно заметное изменение расхода потока воды. Более того, результат подтвердил, что при закрытии и открывании клапана сопротивление на нем находится в приемлемых пределах.

## Расположение регулирующих клапанов и блоков измерения параметров потока

Обычно регулирующие клапаны располагают на всех ответвлениях, где ожидается значительный дисбаланс давления. Блоки измерения расходов потока устанавливаются в тех местах, где необходимо производить измерение расхода потока. На изображенных ниже схемах представлено типичное расположение блоков.



Типичное расположение регулирующих клапанов и блоков измерения расхода

При создании отопительных систем регулирующие клапаны располагают на обратном трубопроводе, где вода холоднее. При таком расположении давление в вентиле вероятнее всего будет выше давления паров воды (и области кавитации), так как давление пара возрастает с ростом температуры. В цепи с охлажденной водой расположение клапана не играет особой роли, тем не менее, применяется та же схема.

Для обеспечения точности измерений диафрагменными расходомерами обычно требуется равномерный поток. Поэтому, рекомендуется, чтобы вверх по ходу потока от каждого прибора приходилось расстояние равное, по меньшей мере, 5 диаметрам трубы.

9. Установочные комплекты для слабого потока

Наименьший клапан данного ряда имеет номинальный диаметр 15 мм. Так как многие современные системы укомплектованы отопительными приборами с требованиями малого расхода, (обычно ниже 0,02 л/с), 15 мм регулировочный набор способен обеспечить необычно большой диапазон расходов потока. По этой причине разработано четыре варианта комбинации клапан/ блок измерения расхода потока. Имеется три типа блоков измерения расхода потока: для стандартного, среднего и низкого расходов потока. Клапаны с двойной регулировкой имеются двух типов: для стандартного и низкого расходов потока. Комбинации, в которых может быть использован Sim737, приведены ниже.

**SIM737** Установочные комплекты для слабых потоков  
Только для 1/2"

	727L	727L	727S	727S
	+	+	+	+
	721L	721M	721M	721S
	=	=	=	=
	737L	737ML	737MS	737S

Как видно из таблицы подбора клапана (стр. 15), клапана для слабого потока и блоки измерения расхода потока имеют высокие значения ζ. Это объясняется тем, что при таких низких расходах потока для создания измеримого дифференциального давления необходимо высокое сопротивление. На практике, в связи с тем, что скорости потока очень малы, падение давления на этих блоках не является чрезмерно большим (обычно не более 3кПа).

Руководство по подбору клапана

Подберите размеры труб исходя из проектного расхода потока

Из таблицы подбора клапана выберите клапаны, линейные размеры которых соответствуют проектному расходу потока

К потерям давления в трубах добавьте потери давления полностью открытого клапана

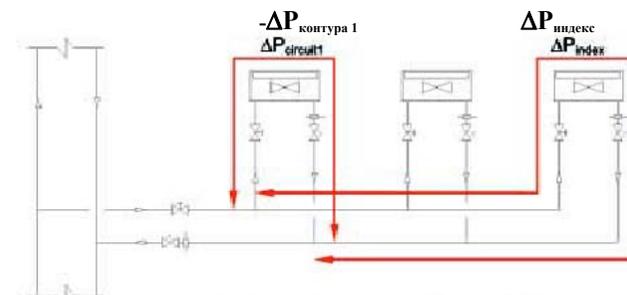
Потери давления полностью открытого клапана:

$$\Delta p = \zeta \rho \frac{V^2}{2} \quad \text{или} \quad \Delta p = 1.296 \times 10^6 \left[ \frac{Q}{k_v} \right]^2$$

NB: ζ иногда называют «к фактор»

$\Delta p$ =потери давления (Па)  $v$ =скорость (м/с)  
 $\rho$ =плотность (кг/м<sup>3</sup>)  $Q$ =расход (л/с)

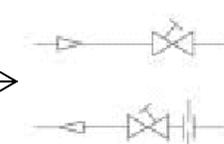
Вычислите остаточное Давление цепи



Остаточное давление контура 1 = ΔP индекс - ΔP контура 1

С помощью таблицы подбора клапана убедитесь, что величина остаточного давления не превышает балансировочного давление выбранного клапана

Если величина остаточного давления превышает допустимые значения, попробуйте разделить потерю давления между двумя клапанами, одним на подаче и один на обратной.



Создайте таблицу

Клапан	Модель	Размер	Расположение	Расход потока л/с	kvs	Сигнал потери давления кПа

## 10.2 Руководство по подбору клапана

ТАБЛИЦА ВЫБОРА КЛАПАНА

Номинальный диаметр (мм)	DRV, FMD или DRV+FMD	Мин. расход потока л/с	Модель	Макс. выравнивающее давление кПа	$\zeta$ к фактор	kv	kvs
--------------------------	----------------------	------------------------	--------	----------------------------------	------------------	----	-----

Nominal Diameter (mm)	DRV, FMD or DRV+FMD	Minimum Flow Rate (l/s)*	Model	Maximum Balancing Pressure (kPa)	$\zeta$ (k factor)	kv	kvs
15	FMD	0.015	721L	-	414.6	-	0.473
		0.028	721M	-	92.1	-	0.976
		0.055	721S	-	21.9	-	1.799
	DRV	-	727L	54200 Q <sup>2</sup>	65.8	1.278	-
		-	727S	2366 Q <sup>2</sup>	7.1	3.905	-
	DRV + FMD	0.015	737L	54200 Q <sup>2</sup>	480.4	0.473	0.473
		0.028	737ML	54200 Q <sup>2</sup>	157.9	0.825	0.976
0.028		737MS	2366 Q <sup>2</sup>	100.4	1.035	0.976	
0.055		737S	2366 Q <sup>2</sup>	29.4	1.911	1.799	
20	FMD	0.11	721	-	10.5	-	4.057
	DRV	-	727	1250 Q <sup>2</sup>	6.6	7.281	-
20	DRV + FMD	0.11	737	1250 Q <sup>2</sup>	17.8	4.427	4.057
	FMD	0.21	721	-	8.4	-	7.452
25	DRV	-	727	1203 Q <sup>2</sup>	6.4	11.757	-
	DRV + FMD	0.21	737	1203 Q <sup>2</sup>	15.0	7.684	7.452
32	FMD	0.46	721	-	4.8	-	16.628
	DRV	-	727	284 Q <sup>2</sup>	5.8	21.600	-
32	DRV + FMD	0.46	737	284 Q <sup>2</sup>	9.8	16.560	16.628
	FMD	0.7	721	-	4.5	-	23.000
40	DRV	-	727	203 Q <sup>2</sup>	6.1	28.461	-
	DRV + FMD	0.7	737	203 Q <sup>2</sup>	10.7	21.491	23.000
50	FMD	1.3	721	-	2.2	-	47.351
	DRV	-	727	49 Q <sup>2</sup>	4.9	50.519	-
	DRV + FMD	1.3	737	49 Q <sup>2</sup>	6.6	43.639	47.351
65	FMD	2.7	3721	-	1.5	-	88.7
	DRV	-	3110DRV	225 Q <sup>2</sup>	7.3	70	-
	DRV + FMD	2.7	3737	225 Q <sup>2</sup>	8.5	64.754	88.7
80	FMD	4.1	3721	-	1.4	-	136
	DRV	-	3110DRV	81 Q <sup>2</sup>	5.6	110	-
	DRV + FMD	4.1	3737	81 Q <sup>2</sup>	6.5	102	136
100	FMD	6.8	3721	-	1.4	-	234
	DRV	-	3110DRV	36 Q <sup>2</sup>	6.0	180	-
	DRV + FMD	6.8	3737	36 Q <sup>2</sup>	7.1	166	234
125	FMD	10	3721	-	1.4	-	358
	DRV	-	3110DRV	13 Q <sup>2</sup>	4.5	320	-
	DRV + FMD	10	3737	13 Q <sup>2</sup>	5.8	280	358
150	FMD	14	3721	-	1.4	-	512
	DRV	-	3110DRV	5.7 Q <sup>2</sup>	4.2	470	-
	DRV + FMD	14	3737	5.7 Q <sup>2</sup>	5.4	416	512
200	FMD	25	3721	-	1.5	-	911
	DRV	-	3110DRV	2.1 Q <sup>2</sup>	4.7	790	-
	DRV + FMD	25	3737	2.1 Q <sup>2</sup>	6.0	702	911
250	FMD	38	3721	-	1.6	-	1438
	DRV	-	3110DRV	0.8 Q <sup>2</sup>	4.7	1250	-
	DRV + FMD	38	3737	0.8 Q <sup>2</sup>	6.2	1089	1438
300	FMD	54	3721	-	1.6	-	2057
	DRV	-	3110DRV	0.4 Q <sup>2</sup>	4.6	1800	-
	DRV + FMD	54	3737	0.4 Q <sup>2</sup>	6.1	1569	2057

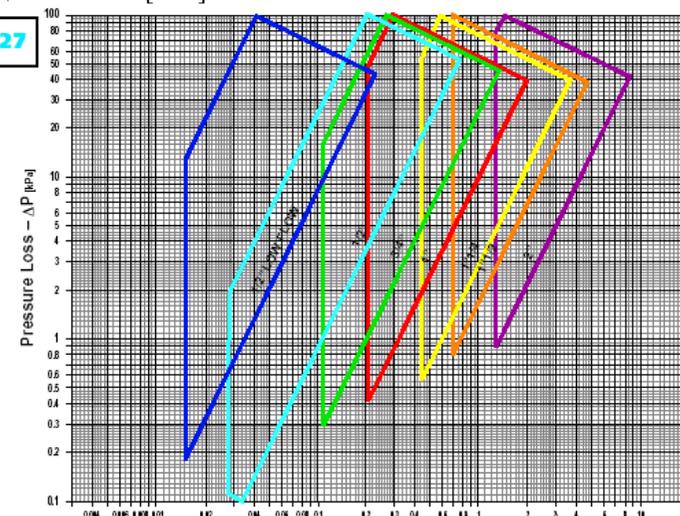
DRV - Клапан с двойной регулировкой FMD – Блок измерения расхода потока Q – расход потока  
\* - Расход потока, необходимый для создания сигнала потери давления минимум 1 кПа на FMD.

## 10.3 Руководство по подбору клапана

CIM 727

Потеря давления  $\Delta P$  [кПа]

CIM 727



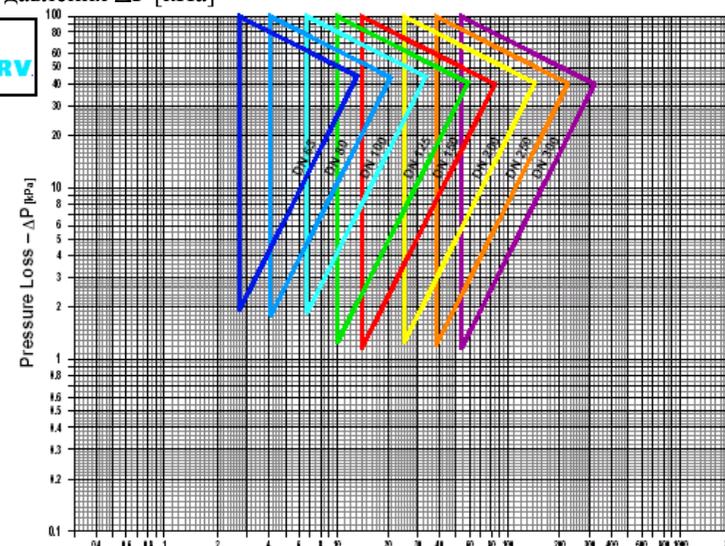
Расход потока Q [л/с]

Рекомендуемый рабочий диапазон клапанов с двойной регулировкой 727.

CIM 3110 DRV

Потеря давления  $\Delta P$  [кПа]

CIM 3110 DRV



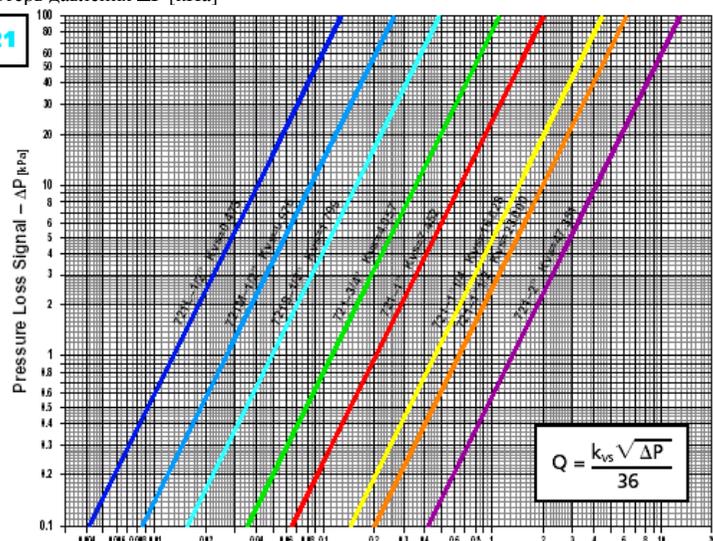
Расход потока Q [л/с]

Рекомендуемый рабочий диапазон клапанов с двойной регулировкой 3110 DRV.

## CIM 721

Показания потерь давления  $\Delta P$  [кПа]

CIM 721



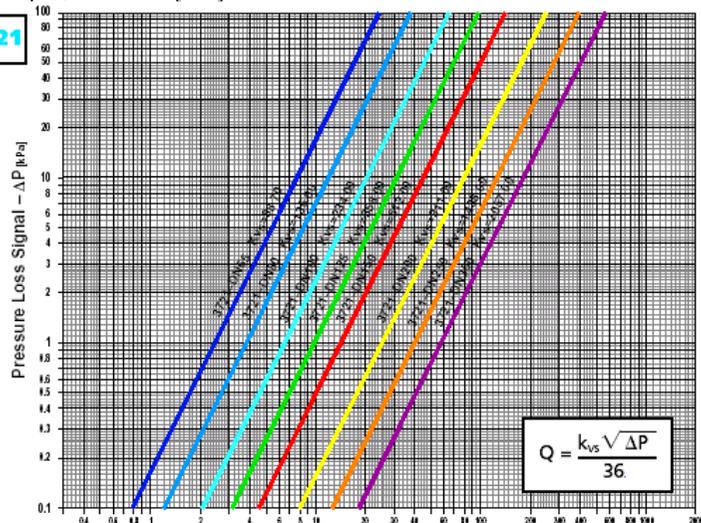
Расход потока Q [л/с]

График показаний потерь давления для расходомера 721 с условным проходом от 1/2 до 2".

## CIM 3721

Показания потерь давления  $\Delta P$  [кПа]

CIM 3721

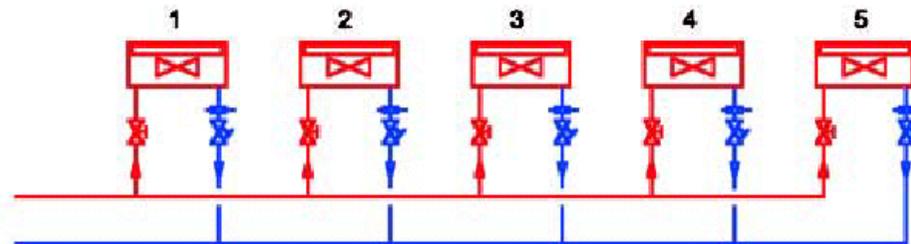


Расход потока Q [л/с]

График показаний потерь давления для расходомера 3721 с условным проходом от 65 до 300.

## Процедура

Рассмотрим ответвление цепи, обслуживающее несколько под-ответвлений. В несбалансированном состоянии вода, поступающая в ответвление, распределяется между ответвлениями, выбирая путь с наименьшим сопротивлением. Таким образом, чтобы добиться проектного расхода потока в каждом под-ответвлении, необходима балансировка потоков с помощью установленных регулирующих клапанов и расходомеров.



Начинаем с крайних точек системы (обычно это – ответвления, обслуживающие потребителей):

1. Убедитесь, что общий расход потока, входящий в ответвление, находится в диапазоне от 110% до 120% от проектного расхода потока. Возможно, что для того, чтобы достичь этого, будет необходимо перекрыть другие ответвления.
2. Измерьте расход потока в каждом под-ответвлении. Для каждого под-ответвления необходимо определить % от проектного расхода потока:

$$\% \text{ от проектного расхода потока} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{е}} \cdot \delta}{\Delta P_{\text{и}} \cdot \delta^2}}$$

Если показания на каком-то из установленных расходомеров ниже измерительного диапазона расходомера, еще увеличьте расход потока, входящего в ответвление, перекрыв смежные ответвления.

3. Определите индексное под-ответвление. Это то, которое имеет самый низкий % от проектного расхода потока. Обычно, но не всегда, таковым является конечное под-ответвление (дальнее от насоса), например, потребитель 5 в показанной выше схеме.

Если конечное под-ответвление не является индексным, закройте его регулирующий клапан до тех пор, пока его % от проектного расхода потока не станет приблизительно на 10% меньше, чем этот показатель для истинного индексного под-ответвления (таким образом, конечное под-ответвление станет искусственно индексным). Это необходимо осуществлять при одновременном измерении расхода для истинного индексного под-ответвления, так как его расход потока изменится при регулировке конечного под-ответвления. Ускорят этот процесс два оператора, каждый с манометром и 2-сторонней связью.

## 11.2 Пропорциональная балансировка расходов потока

4. Подсоедините манометр к расходомеру на конечном под-ответвлении. Начинайте с ближайшего под-ответвления вверх по подаче потока (например, терминал 4 на схеме) и продвигайтесь назад в направлении самого дальнего под-ответвления вверх по подаче потока, настройте регулирующий клапан каждого ответвления так, чтобы его % от проектного расхода потока стал равным этому параметру конечного под-ответвления. Это необходимо осуществлять при одновременном измерении расхода конечного под-ответвления, так как расход в нем изменится при регулировке клапанов, расположенных выше. Ускорят этот процесс два оператора, каждый с манометром и 2-сторонней связью.
5. После получения равной величины % от проектного расхода потока по всем под-ответвлениям, расходы потока в под-ответвлениях сбалансированы. Это равновесие не нарушается при настройке клапанов, расположенных выше по подаче, поэтому расположенные выше ответвления можно регулировать точно так же.
6. После балансировки всей системы отрегулируйте расход от насоса на 110% от общего проектного расхода системы. На всех ответвлениях и под-ответвлениях расходы потока должны быть близкими к 100% от проектного значения.

Более полное описание процедуры балансировки, сопровождаемое рабочим примером, можно получить в Cimberio Commissioning Guide (Руководство по вводу в эксплуатацию Cimberio).

Альтернативой описанному выше способу пропорциональной балансировки служит так называемый «компенсированный способ», в котором расход потока в дальнем под-ответвлении регулярно возвращается к проектным значениям путем регулировки клапана основного ответвления. Системы с расходомерами с фиксированной диафрагмой могут быть отрегулированы с помощью компенсированного способа, хотя мы считаем, что компенсированный способ имеет следующие недостатки:

- Необходимо наличие манометра с дистанционным указанием, чтобы специалист, осуществляющий ввод системы в эксплуатацию, находящийся на главном ответвлении, мог наблюдать изменения, происходящие в конечном под-ответвлении.
- В случае если конечное под-ответвление находится на значительном расстоянии от главного ответвления (за пределами действия манометра с дистанционным указанием), для проведения балансировки потребуется три оператора со связью.

## 12. Измерительное оборудование

### Оборудование для измерения потока

Измерив разность давлений на местном сопротивлении (таком как диафрагма), можно определить расход потока в трубе согласно закону квадратичной зависимости между разностью давлений и расходом потока. Опыт показал, что этот способ определения расхода потока является наиболее удобным для использования в инженерно-строительной области.



### Фтор-углеводородный манометр

Обычно для измерения разности давлений используют манометр. Традиционно манометры представляют собой установку в виде U-образной трубки, в которой для измерения разности давлений используется для вытеснения жидкости с известной плотностью, обычно - ртути или фтор-углеводорода. Высота вытесненного столба прямо пропорциональна разности давлений. Обычно фтор-углеводородные манометры используют для измерения разности давлений от 1 до 4,7кПа, в то время как ртутные манометры способны измерять разность давлений от 1 до 60кПа. В последние годы ртутные манометры стали использоваться реже по соображениям безопасности при обращении с ртутью.

### Цифровой манометр

Цифровой прибор измерения разности давлений и параметров потока представляет собой электронный прибор измерения давления, запрограммированный на обеспечение возможности считывать непосредственно показания разности давлений и расхода потока. Кроме того, коэффициент kv изготовителя регулирующего клапана может быть введен в прибор для того, чтобы параметры потока считывались непосредственно с манометра, что избавляет оператора от необходимости сверяться с графиком потери давления. Хотя цифровые манометры являются в основном надежными, они требуют бережного отношения и регулярной калибровки для поддержания точности.



### Клапан с двойной регулировкой

Клапан двойной регулировки называются так, потому что они выполняют двойную функцию регулировки потока и установки. После установки отрегулированного положения возможна его фиксация так, чтобы при последующих закрытии и открытии не произошло открывание сверх отрегулированного положения.

### Блок измерения расхода потока

Блок измерения расхода потока позволяет осуществлять измерение расхода для достижения и поддержания баланса потока. Фиксированная диафрагма обеспечивает высокую точность измерений в трубопроводных системах. Путем измерения перепада давлений на диафрагме можно получить расход потока, зная опубликованную производителем величину  $kvs$ .

### Соединение установочного комплекта

Этот термин обозначает плотное соединение регулирующего клапана с диафрагменным блоком измерения расхода потока. Диафрагма привинчивается со стороны входного отверстия регулирующего клапана.

### Индексный контур

Это такой контур, который оказывает наибольшее сопротивление потоку при нахождении системы в разбалансированном состоянии. Его можно определить путем вычисления как контур с наибольшей потерей давления при проектном расходе потока. На практике его можно определить путем измерения параметров потока; это будет контур с наименьшим отношением измеренного и проектного расходов потока.

Все системы будут иметь единый общий индексный контур, по которому рассчитывается давление насоса. Далее, для любого ответвления, обслуживающего под-ответвления, будет существовать индексное под-ответвление. В свою очередь, каждое под-ответвление может обслуживать ряд ответвлений потребителей, одно из которых будет индексным потребительским.

Если все потребительские ответвления имеют одинаковое сопротивление, то индексная цепь основной системы, вероятно, будет тянуться от насоса до самого удаленного терминала, так как эта цепь имеет наибольшую протяженность труб. Подобным образом, индексные под-ответвления, вероятно, будут тянуться от начала под-ответвления до самого удаленного потребителя, который они обслуживают. Однако если сопротивления потребительских ответвлений различны, то индекс системы и индекс ответвления не обязательно совпадет с самым удаленным потребителем. Расположение каждого индекса зависит от того, какая цепь имеет наибольшую общую величину потери давления в трубопроводе и потребительском ответвлении.

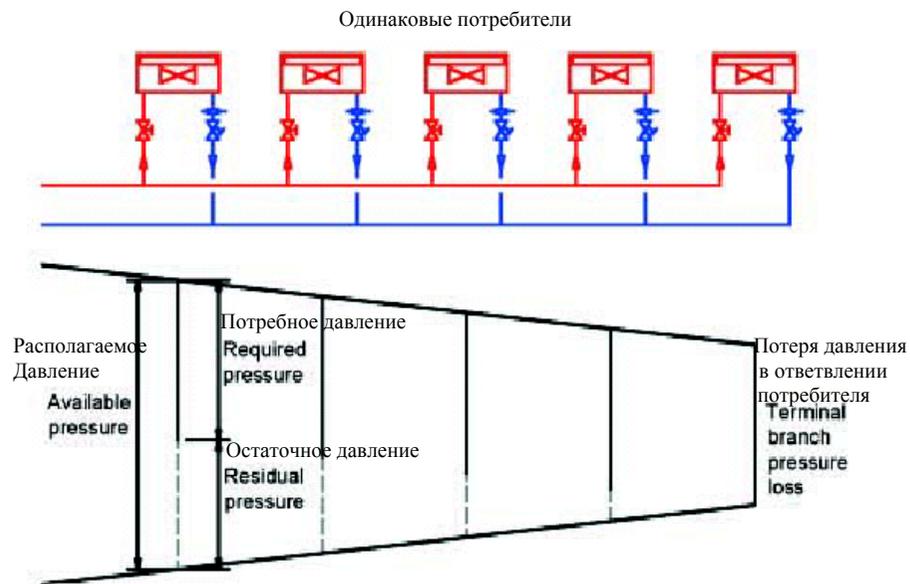
Если цепь начинается с самого высокого сопротивления, то нет необходимости регулировать поток по индексу. В конце процесса балансировки у индексного контура должен всегда быть полностью открыт регулировочный клапан.

### Остаточное давление

Остаточное давление конкретной цепи представляет собой разность между давлением в цепи и давлением, необходимым для достижения проектного расхода потока. Этот остаток, или избыточное давление, должно быть каким-либо способом сброшено, и обычно это достигается добавлением сопротивления в цепь в виде регулировочного клапана.

Таким образом, остаточное давление цепи является критическим фактором при выборе размеров клапана. Очевидно, что сопротивление клапана возрастает при закрывании клапана, но существует предел величины сопротивления создаваемого клапаном. Известно, что при закрывании клапана более чем на 25% от открытого положения, клапан становится чувствительным к образованию воздушных пузырей или проявляет тенденцию к блокировке циркулирующими частицами.

Таким образом, при выборе клапана необходимо проверять, не превышают ли прогнозируемые значения остаточного давления рабочий диапазон выбранного регулировочного клапана. К счастью, многие программы определения размеров труб рассчитывают остаточное давление автоматически. Эти величины могут быть сверены с данными рабочего диапазона выбранного клапана.



**$k_v$**   
 $k_v$  – расход потока через полностью открытый клапан при температуре от 5 до 40 градусов С, выраженная в кубических метрах в час, при потере давления в 1 бар. Таким образом, величина  $k_v$  является эффективной мерой сопротивления клапана. В случае плотного соединения клапана с блоком измерения расхода потока величина  $k_v$  представляет собой сопротивление на полностью открытом вентиле и блоке измерения расхода потока.

Падение давления можно определить в системе Си на полностью открытом вентиле из уравнения:

$$\Delta p = 1.296 \times 10^6 \left[ \frac{Q}{k_v} \right]^2, \text{ где } Q = \text{расход потока в л/с, } \Delta p = \text{падение давления в Па.}$$

Величина  $k_v$  выражает сопротивление в виде обратной величины – другими словами, чем больше сопротивление клапана, тем меньше его величина  $k_v$ . Проектировщики обычно рассматривают сопротивление, выраженное в виде коэффициента потери давления  $\zeta$ , который иногда называют «к фактор». Потеря давления на любом фитинге или компоненте может быть определена по формуле:

$$\Delta p = \zeta \rho \frac{V^2}{2},$$

где  $\rho$  - плотность жидкости в  $\text{кг/м}^3$  куб,  $V$  – скорость в м/с,  $\Delta p$  = падение давления в Па.

Чем выше коэффициент потери давления, тем выше сопротивление фитинга. Для удобства, в схемах выбора клапанов, приведенных в настоящем руководстве, даны значения сопротивления полностью открытого клапана, выраженные как в  $k_v$ , так и в коэффициентах потери давления.

**$k_{vs}$**   
Данный термин обычно обозначает потерю давления между отводами на блоке измерения расхода потока; «s» обозначает сигнал и относится к сигналу потери давления, измеренному оператором. Для конкретного блока измерения параметров потока с известным значением  $k_{vs}$  оператор может определить скорость потока по сигналу потери давления, используя следующую формулу:

$$Q = \frac{k_{vs} \sqrt{\Delta p}}{36}, \text{ где } Q = \text{расход потока в л/с, } \Delta p = \text{падение давления в Па.}$$

Однако потеря давления между отводами не совпадает с общей величиной потери давления по блоку. Так как существует рост статического давления вниз по течению от диафрагмы, то общая величина потери давления обычно меньше, чем измеренная величина потери давления по отводам. Чтобы определить потерю давления на одном из наших блоков измерения параметров потока, используйте коэффициент потери давления  $\zeta$  из таблицы выбора клапанов (см. стр.15).