

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Не успели в Украине должным образом разобраться во всех тонкостях расчета и наладки автоматизированных систем обеспечения микроклимата, как компания «Данфосс» представила концептуально новый клапан – АВ-QM. Основное преимущество клапана состоит в том, что он устраняет многие недочеты в проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации систем. С этим клапаном проектировщику не надо увязывать циркуляционные кольца и обеспечивать требуемые внешние авторитеты; монтажнику не надо устанавливать различные клапаны на ответвлениях; наладчику не надо бегать по этажам и бесконечно настраивать клапаны, добиваясь мало-мальски приемлемого потокораспределения; потребителю не надо беспокоиться о том, что к нему по каким-либо причинам не дойдет теплоноситель.

Попытаемся разобраться в конструктивных особенностях клапана и его возможностях, чтобы со спокойной душой быть уверенным в конечном результате: создании теплового комфорта при минимальных эксплуатационных затратах.

Основным условием работоспособности автоматизированных систем является обеспечение эффективных условий работы для регулирующих клапанов. Эти условия определяют внешним авторитетом клапана, который измеряет долю потерь давления на нем с потерей давления на регулируемом участке. Эффективного решения достигают лишь при внешних авторитетах клапанов, равных единице, что обеспечивает полное контролируемое управление потоками теплоносителя и приближает к идеальному регулированию теплообменными приборами. Получить такие внешние авторитеты в спроектированных до этого времени системах обеспечения микроклимата было довольно сложно как технически, так и финансово, поскольку следовало бы у каждого терморегулятора устанавливать автоматические регуляторы перепада давления. На практике находили компромисс между стоимостью системы

и допустимостью нежелательных перетоков в теплообменных приборах, что не лучшим образом отражалось на регулируемости системы и ее энергоэффективности. В лучшем случае внешние авторитеты терморегуляторов были в пределах 0,5...1,0. В худшем – игнорировали внешние авторитеты и увязывали циркуляционные кольца ручными балансировочными клапанами. И первый, и второй случаи – вынужденные проектные решения, так как ранее отсутствовали регулирующие клапаны, пропускающие точно заданный расход теплоносителя при изменяющихся гидравлических параметрах системы.

Наивысшее достижение современной технической мысли – автоматический комбинированный балансировочный клапан АВ-QM (рис. 1). Основным его преимуществом является то, что внешний авторитет клапана равен примерно единице и остается постоянным при любых гидравлических условиях. Клапан единично является регулируемым участком. Для этого реализовано единственно возможное частное решение уравнения внешнего авторитета, при котором сопротивление регулируемого участка ΔP (системы или подсистемы)



равно сопротивлению клапана ΔP_v . Тогда

$$a = \frac{\Delta P_v}{\Delta P} = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_v} = 1.$$

Данный подход позволяет изменить традиционную методику гидравлических расчетов систем. Исключена необходимость столь сложной процедуры увязывания циркуляционных колец, осуществляемой проектировщиками и затем реализуемой наладчиками. Все, что происходит за пределами регулируемых участков, т. е. за пределами клапанов АВ-QM, не влияет на работу теплообменных приборов. Клапаны изначально автоматически настраивают сопротивление циркуляционных колец и затем

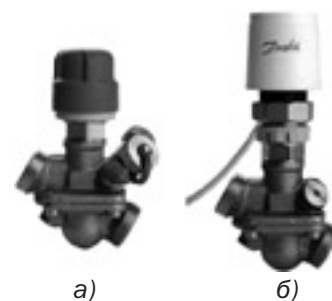


Рис. 1. Комбинированные балансировочные клапаны АВ-QM с функциями: а – стабилизации расхода; б – регулирования теплообменным прибором

автоматически перенастраивают их в изменившихся гидравлических условиях.

Клапан АВ-QM предназначен как для систем отопления (с теплоносителем до 120 °С), так и систем охлаждения (с холодоносителем не ниже минус 10 °С). Он сочетает функции регулятора перепада давления прямого действия и терморегулятора непрямого действия, создавая идеальные условия управления теплообменным прибором. Этот клапан имеет два исполнения. Первое – для стабилизации расхода в точном соответствии с номинально установленным значением (рис. 1,а). Второе – для точного регулирования расхода в теплообменном приборе (рис. 1,б) при помощи термоприводов TVA-Z, АВNM-Z или электроприводов AMV, АМЕ. В обоих исполнениях клапаны устраняют влияние давления теплоносителя в системе на проходящий через них расход теплоносителя. В результате предотвращаются перетоки теплоносителя между теплообменными приборами, устраняются отклонения параметров микроклимата в помещении и достигаются наилучшие показатели энергоэффективности системы.

Комбинированный балансировочный клапан – это два регулятора в одном корпусе (рис. 2), условно разделенные на рисунке штрихпунктирной линией на балансировочную (желтый цвет) и на контролируемую (оранжевый цвет) части. Каждая часть содержит регулирующее отверстие. Балансировочная часть клапана – это регулятор перепада давления прямого действия мембранного типа. Регулирующее отверстие этой части управляется мембраной по перепаду давления ($P_2 - P_3$) на регулирующем отверстии контролирующей части клапана. Контролирующая часть – это клапан, который задает расход теплоносителя. Чтобы избежать влияния колебания давления теплоносителя ($P_1 - P_3$) на этот расход, на регулирующей части клапана поддерживается постоянный перепад давления ($P_2 - P_3$). Для этого статическое давление P_2 перед контролирующей

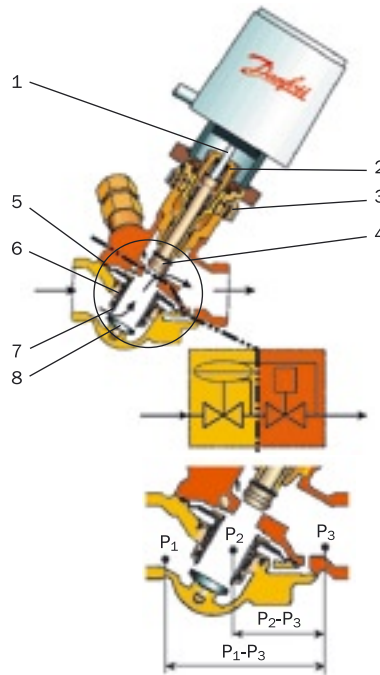


Рис. 2. Клапан АВ-QM:

- 1 – шток;
- 2 – сальник;
- 3 – кольцо со шкалой настройки;
- 4 – затвор (конус);
- 5 – мембрана;
- 6 – пружина;
- 7 – трубчатый шток;
- 8 – неподвижный затвор

щей частью клапана передается в надмембранное пространство балансировочной части. Статическое давление P_3 из контролирующей части передается через импульсный канал в подмембранное пространство балансировочной части. Изменение этих давлений активизирует мембрану. Она перемещает трубчатый шток относительно регулирующего отверстия балансировочной части, компенсируя гидравлическое сопротивление, обратное разнице ($P_2 - P_3$).

Такой подход обеспечивает внешний авторитет регулирующего отверстия контролирующей части клапана, равный единице, поскольку данное отверстие является единственным элементом регулируемого участка с автоматически поддерживаемым постоянным перепадом давления. В этом случае рабочая расходная характеристика клапана близка к идеальной, т. е. не происходит ни ее началь-

ного искажения, вызываемого гидравлическим сопротивлением пути протекания теплоносителя внутри клапана, ни ее дальнейшей деформации под воздействием гидравлического сопротивления циркуляционного кольца системы. Таким образом, при любых колебаниях давления в системе расходная характеристика клапана остается постоянной и такой, какой ее задал производитель.

Для регулирования расхода теплоносителя в контролирующей части клапана АВ-QM использована линейная расходная характеристика, что позволило применить новый тип линейной шкалы настройки с процентным указанием расхода (рис. 3). Требуемый расход на клапане представлен в процентном отношении от максимального расхода. Так, если максимальный расход клапана 450 л/ч, а необходим расход 270 л/ч, то на шкале совмещают значение $100(270/450) = 60\%$ с красной чертой. Следует обратить внимание на то, что при установке клапана на 100 %-ный расход видно красное кольцо, которое скрывается под шкалой при ее повороте к 10 %-ному расходу. Рекомендуемый диапазон установки клапана 20...100 %. В этом диапазоне клапан имеет наилучшие гидравлические характеристики регулирования.

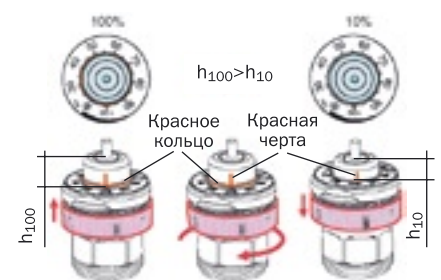


Рис. 3. Настройка АВ-QM

Подтверждением высокой точности регулирования является диаграмма, полученная при лабораторном тестировании клапана АВ-QM (рис. 4). Из нее следует, что изменение давления ($P_1 - P_3$) в значительных пределах не вызывает отклонений давления на затворе клапана ($P_2 - P_3$) и, соответственно,

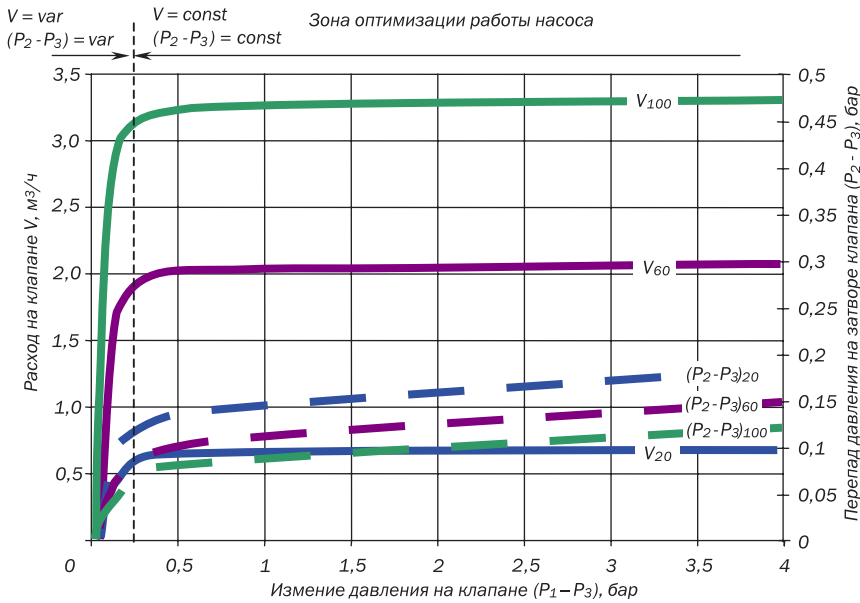


Рис. 4. Стабилизация расхода клапаном AB-QM $d_v=32$

установленного расхода V , т. е. $(P_2 - P_3) = \text{const}$ и $V = \text{const}$. Кривые, характеризующие эти параметры, фактически (в пределах допустимой незначительной погрешности) горизонтальны. Какой бы расход ни был установлен на клапане, он будет постоянен и независим от изменения давления в системе. Внешний авторитет клапана остается также стабильным и примерно равным единице. Таким авторитетом обладают абсолютно все клапаны AB-QM в системе, благодаря чему они работают эффективно в циркуляционных кольцах любой протяженности. В системе с ручными балансировочными клапанами и терморегуляторами такого результата, безусловно, достичь невозможно.

Имеющиеся в начале графика наклонные участки (слева от пунктирной вертикальной линии на рис. 4) соответствуют нерегулируемой зоне клапана. В ней $(P_2 - P_3) = \text{var}$ и $V = \text{var}$. Для вывода клапана в рабочее состояние необходимо при проектировании предусмотреть для него запас давления $(P_1 - P_3) \geq 16$ кПа ($d_v=15; 20$) либо 20 кПа ($d_v=25; 32$).

Указанный запас давления $(P_1 - P_3)$ теряется на клапане и предназначен для обеспечения эффективной работы: установки мембраны в рабочее положение. Его минимальное

значение вполне сопоставимо с минимальными потерями в системе с регуляторами перепада давления (10 кПа на терморегуляторе плюс 10 кПа на регуляторе перепада давления), либо с ручными балансировочными клапанами (10 кПа на терморегуляторе плюс 3 кПа на балансировочном клапане стояка или приборной ветки и плюс 3 кПа на регулирующем клапане всей системы). Максимальный запас давления составляет 400 кПа. Он дает возможность применять клапаны в системах со значительно удаленны-

ми друг от друга теплообменными приборами как по высоте, так и по длине здания, не беспокоясь об усложнении наладки системы.

Клапаны AB-QM имеют уникальные гидравлические характеристики. В клапанах реализованы оригинальные конструкторские решения. Эти клапаны малогабаритны. Имеют наименьшие размеры среди существующих автоматических клапанов. Следовательно, способствуют более компактному размещению оборудования в шкафах, у стен и т. д. Они многофункциональны. Кроме автоматического поддержания заданного расхода, ими можно перекрывать поток теплоносителя, опорожнять отключаемый участок, выпускать воздух, отбирать давление для диагностики системы. Все это значительно упрощает проектирование системы.

В системе с постоянным гидравлическим режимом (рис. 5, а, б) клапан AB-QM автоматически поддерживает заданный расход теплоносителя на стояке либо в узле обвязки теплообменного прибора, при этом внешний авторитет терморегулятора также близок к единице и обеспечивает эффективное регулирование. В данной схеме клапан AB-QM выполняет ту же основную функцию, что и клапаны ASV-Q или AQ: поддержание

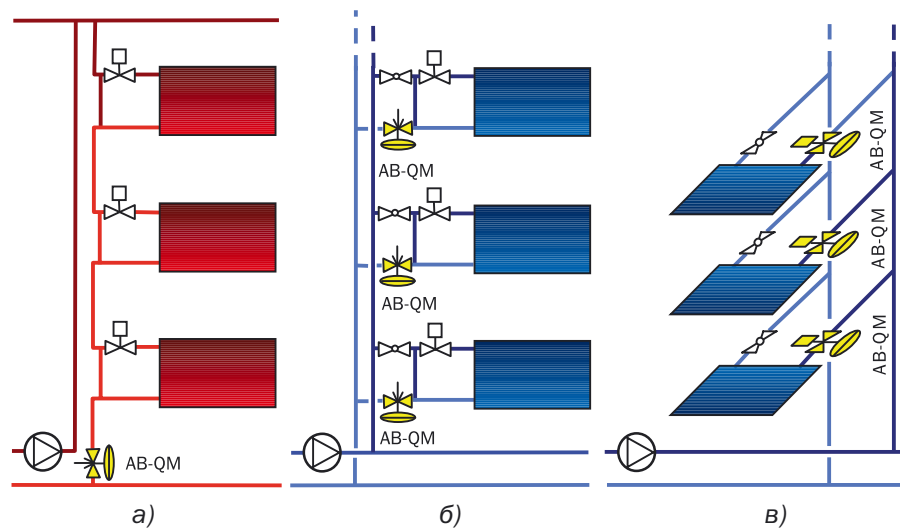


Рис. 5. Применение AB-QM в системах: а и б – с постоянным расходом; в – с переменным расходом

заданного расхода теплоносителя. Однако делает это значительно точнее. Он удобнее в настройке и обслуживании по сравнению с клапаном AQ: не требует дополнительных отключающих клапанов и спуска воды при перенастройке на другой расход. Кроме того, имеет наименьший типоразмер 10 мм (у ASV-Q и AQ – 15 мм), что позволяет использовать его для регулирования небольших теплообменных приборов.

В двухтрубных системах с переменным гидравлическим режимом (рис. 5,в) данный клапан является единственно необходимым регулирующим устройством циркуляционного кольца. Отпадает потребность в применении каких-либо дополнительных ручных либо автоматических балансировочных клапанов на стояках и ветках. Система становится дешевле и надежней. Уменьшается общее количество запорно-регулирующей арматуры и, соответственно, уменьшается количество соединений. Снижаются затраты на ее монтаж и обслуживание.

Наладку системы с клапанами АВ-QM осуществляют автоматически. Для ограничения расхода необходимо лишь установить на них необходимый расход. Дополнительные существенные возможности при наладке системы позволяют получить клапаны АВ-QM со встроенными измерительными ниппелями. Их функции:

- определение расхода теплоносителя;
- оптимизация работы системы.

Таблица. Настройка клапана АВ-QM

Настройка, %	Потери давления на измерительных ниппелях ($P_2 - P_3$), кПа	
	$d_n = 10; 15; 20$	$d_n = 25; 32$
100	7,5	5,0
60	12,0	8,0
20	15,0	12,0

В первом случае для проверки соответствия расхода требуемому значению проверяют достаточность потерь давления на измерительных ниппелях клапана АВ-QM,

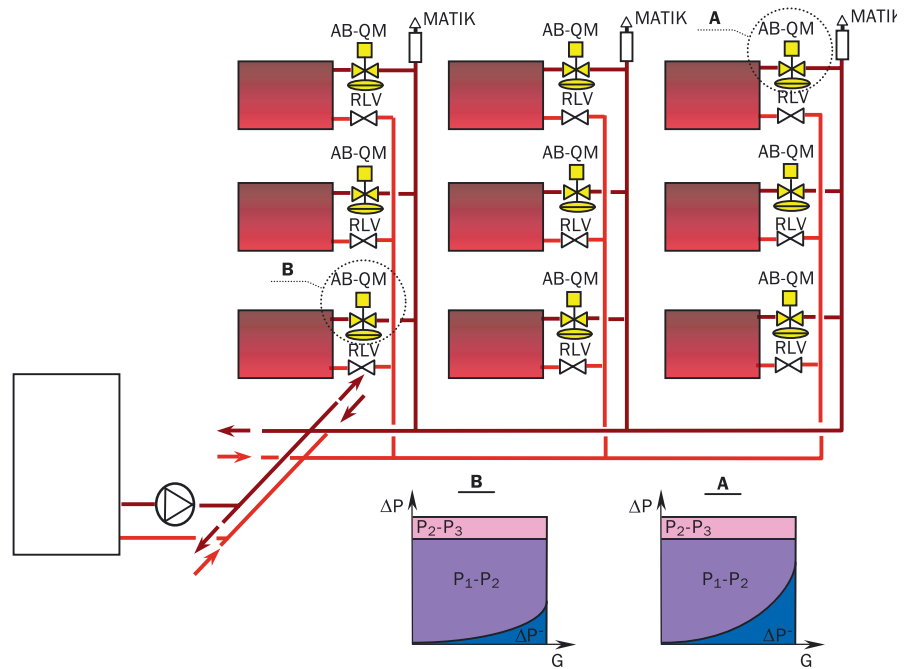


Рис. 6 Распределение давления на клапанах АВ-QM в системе

например, прибором PFM 3000. С учетом того, что отбор импульсов давления P_2 и P_3 измерительными ниппелями осуществляется лишь на части клапана, потери давления ($P_2 - P_3$) должны быть не ниже указанных в табл. Промежуточные значения в табл. определяют интерполированием.

Во втором случае решают важную задачу энергосбережения: оптимизацию работы системы по минимальному энергопотреблению насоса. Для этого на клапане АВ-QM основного циркуляционного кольца системы достигают требуемых потерь давления ($P_2 - P_3$) в соответствии с табл. при минимально возможном напоре насоса. Требуемые потери давления ($P_2 - P_3$) зависят от диаметра клапана и установленного на нем уровня расхода.

Если работа клапана основного циркуляционного кольца оптимизирована (достигнут минимум сопротивления системы), то и работа всех остальных клапанов также будет оптимизирована, поскольку перед ними всегда будет избыток давления. Этот избыток увеличивается по мере приближения к источнику теплоты (холода) вследствие уменьшения потерь давления ΔP в циркуляционных кольцах (без

учета потерь давления в АВ-QM) и компенсируется потерей давления ($P_1 - P_2$) на клапанах АВ-QM в пределах оптимизированного напора насоса (рис. 6), поэтому диапазон потерь давления ($P_1 - P_3$) на клапанах АВ-QM от минимального до максимального значения в системе обеспечения микроклимата характеризует зону оптимизации работы насоса (рис. 4).

Процедуру оптимизации работы системы, имеющей насос с управляемым давлением, осуществляют следующим образом:

1. Устанавливают на всех клапанах АВ-QM расчетные расходы.
2. Выставляют частотным регулятором максимальный напор насоса.
3. Определяют основное циркуляционное кольцо (имеющее наибольшее гидравлическое сопротивление). Соединяют ниппели клапана АВ-QM, расположенного в этом кольце, с измерительным устройством, например, PFM 3000.
4. Частотным регулятором пошагово, например, 90%, 80%, 70% и т. д., уменьшают напор насоса ΔP_n и одновременно измеряют потери давления на клапане АВ-QM ($P_2 - P_3$) основного циркуляционного кольца. При колебаниях перепада давления принимают средние значения.

5. Строят график, аналогичный данному на рис. 7, и определяют точку оптимизации на изломе кривой (обозначена жирной точкой).

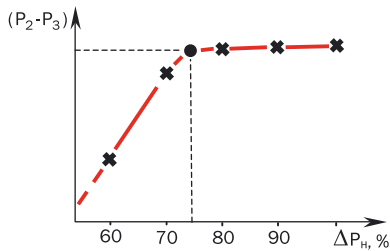


Рис. 7. Определение рабочей точки

6. Устанавливают перепад давления на насосе в соответствии с точкой оптимизации.

Эту процедуру может осуществлять один наладчик. При наличии двух наладчиков с мобильной связью эту процедуру упрощают, исключая п. 5 и 6. Синхронное взаимодействие наладчика, уменьшающего частоту вращения насоса, с наладчиком, мгновенно определяющим перепад давления на клапане АВ-QM, позволяет определить точку оптимизации по показаниям измерительного прибора на этом клапане.

Если в системе применены клапаны АВ-QM без измерительных

ниппелей, указанную процедуру оптимизации системы можно осуществить по потерям давления на любом элементе конечного участка основного циркуляционного кольца, имеющего измерительные ниппели. Это может быть расходомерная шайба, балансировочный клапан, теплообменник и т. д.

Значительно упрощает наладку также новая шкала клапана АВ-QM. Она дает возможность наладчику визуально определить результат производимой им настройки, облегчая регулировку и теплообменного прибора, и системы в целом. Для этого не нужен высококвалифицированный персонал. Кроме того, не требуются сложные методы наладки и привлечение нескольких человек и нескольких измерительных приборов.

Таким образом, клапан АВ-QM реализует все гидравлические требования, предъявляемые к проектированию и эксплуатации современной системы:

- обеспечивает расход теплоносителя в строгом соответствии с потребностью;
- создает идеальные условия регулирования теплообменного прибора;

- устраняет перетоки теплоносителя между теплообменными приборами, вызываемые любыми факторами: естественным давлением, конструктивным видоизменением системы, процессами регулирования;
- не требует расчетов по гидравлическому увязыванию циркуляционных колец;
- стабилизирует работу системы в течение длительного времени эксплуатации путем компенсации возрастания гидравлического сопротивления элементов системы от коррозии и накипи;
- упрощает монтаж и обслуживание системы совмещением функций перекрытия регулируемого участка, спуска теплоносителя, спуска воздуха, компьютерной диагностики;
- упрощает наладку системы и оптимизацию ее работы; не требует высококвалифицированных наладчиков и никаких процедур балансировки системы.

В. В. Пырков