

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОМФОРТ В ПОМЕЩЕНИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Тарасенко Ю.А.

ООО «Сименс»

Температурный комфорт – один из основных показателей комфортного микроклимата. Температура воздуха в помещении изменяется под воздействием внешних возмущающих факторов: солнце, ветер, осадки, а также под воздействием внутренних тепловыделений. Человек, испытывая температурный дискомфорт, принимает меры (рис.1). Например, смотрит на термометр, видит, что температура отличается от желаемой, и регулирует ручным вентиляем подачу тепла в радиаторе.



Рис. 1

Избавление человека от необходимости постоянно заботиться о температурном комфорте – важная задача системы автоматического регулирования температуры. Узел регулирования (рис.2) вместо термометра использует датчик температуры (1), а вместо ручного вентиля – вентиль автоматического регулирования (3). Человека заменяет контроллер (2).

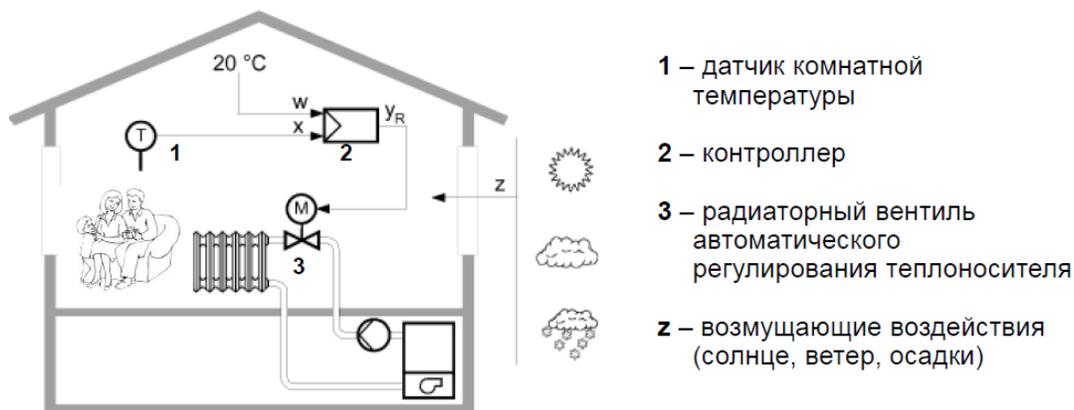


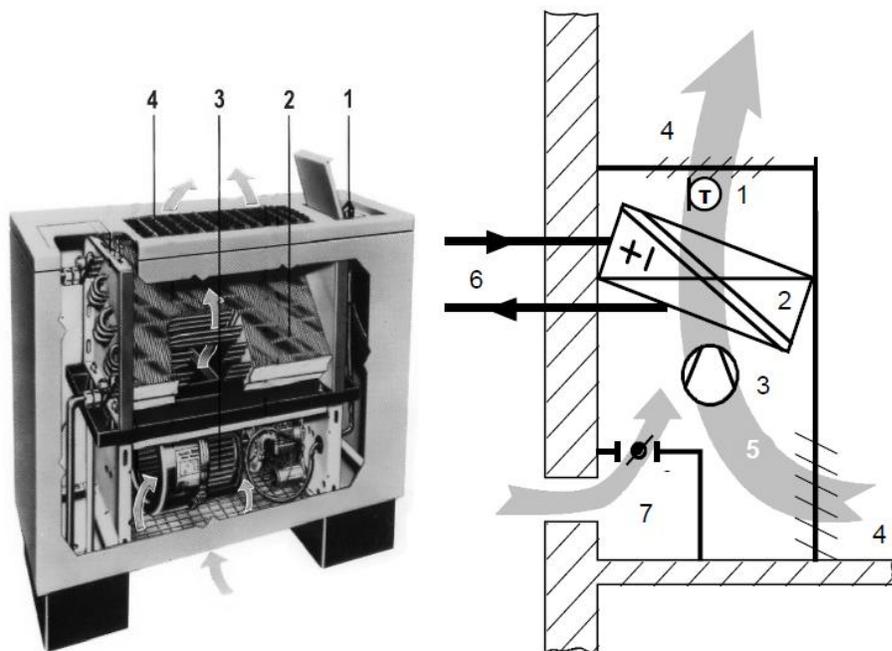
Рис. 2

Наличие автоматики повышает ощущение комфорта. Цель автоматизированной системы поддержания температуры – создание условий, при которых человек не задумывается о том –

холодно ему или тепло. Для обогрева или охлаждения воздуха в помещении используются следующие устройства:

- радиаторы;
- конвекторы;
- теплые полы;
- холодные потолки;
- фанкойлы
- и т.д.

Рассмотрим способы поддержания температуры воздуха с помощью фанкойлов – вентиляторных температурных доводчиков (рис.3).



1. Датчик температуры
2. Теплообменник
3. Вентилятор
4. Воздушная решётка
5. Поток воздуха через фанкойл
6. Тепло/холодоноситель
7. Подмешивание приточного воздуха

**Рис. 3**

Фанкойлы имеют следующие достоинства среди устройств обогрева:

- быстрый прогрев помещения;
- достаточный тепловой комфорт от равномерного распределения температуры;
- высокая гибкость регулирования температуры;
- отопление в нерабочие часы может осуществляться в режиме естественной конвекции;
- осуществление принципа индивидуального комнатного регулирования.

Аналогичные преимущества (кроме естественной конвекции), соответственно, можно перенести и на работу в режиме охлаждения.

Чем выше уровень автоматизации фанкойла, тем больше возможностей для извлечения потенциала экономии энергии без ущерба для температурного комфорта (рис. 4).

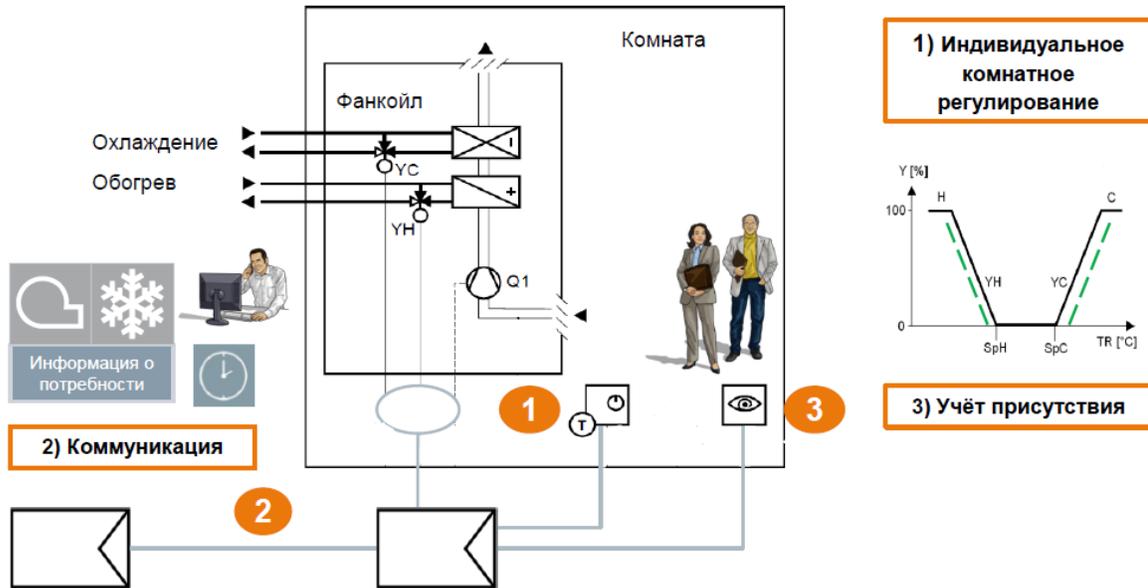


Рис. 4

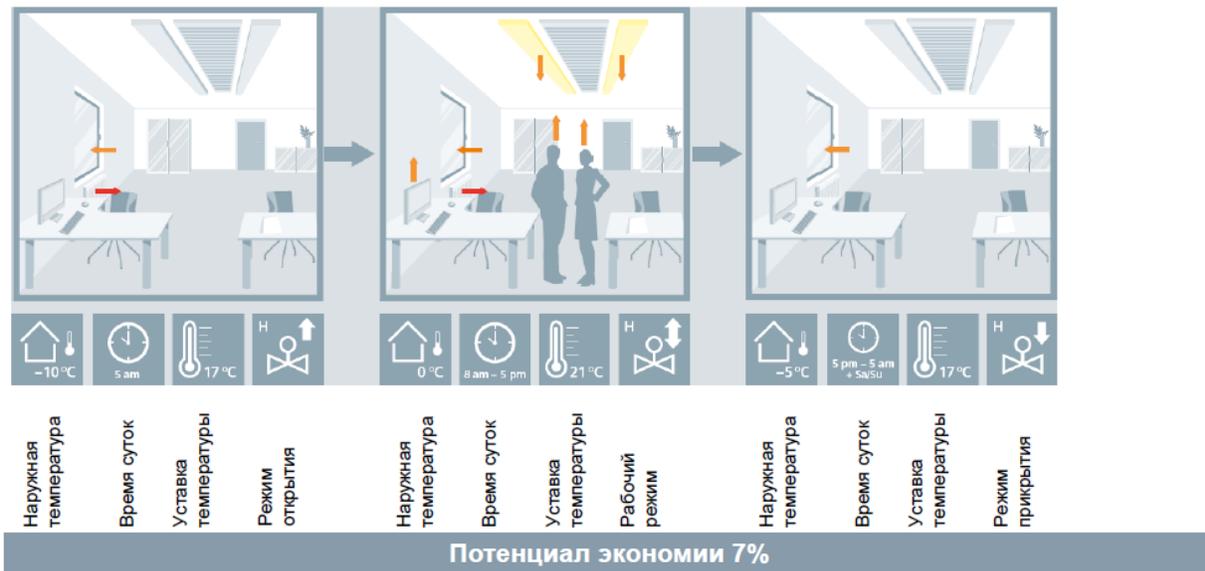
- 1) Для индивидуального комнатного регулирования температуры воздуха контроллер снимает показания комнатного датчика температуры (1) и управляет соответственно клапаном на холодоносителе YC в режиме охлаждения или клапаном на теплоносителе YH в режиме обогрева. На диаграмме справа показаны следующие значения: по вертикали – степень открытия клапана, а по горизонтали – температура воздуха в помещении. Температурные уставки обогрева (SpH) и охлаждения (SpC) находятся в пределах комфортной зоны (20°C - 25°C). Они разведены на два градуса C°. Эта нейтральная зона служит для исключения одновременного открытия клапанов теплоносителя и холодоносителя, чтобы предотвратить одновременное осуществление обогрева и охлаждения. При колебании фактической температуры внутри нейтральной зоны между уставками обогрева и охлаждения комната не обогревается и не охлаждается. Чем шире нейтральная зона, тем выше энергоэффективность, но ниже точность поддержания температуры.
- 2) Если к вышеописанному индивидуальному комнатному регулированию температуры воздуха добавить коммуникацию между контроллерами (2), то можно повысить энергоэффективность за счёт обмена информацией и обратной связи. Помещения являются объектами спроса на обогрев или охлаждение. Генератор (источник выработки тепла или холода) и насос (средство подачи и распределения тепла или холода) должны обеспечивать комфортные условия в помещениях по параметрам температуры, в соответствии с реальной потребностью. Сигналы о совокупной потребности от всех потребителей суммируются, оцениваются комнатными контроллерами и передаются контроллеру в тепловом пункте или контроллеру в холодильном центре для соответствующего регулирования выходной температуры (качественное регулирование) или передаются контроллеру узла подачи и распределения для регулирования расхода (количественное регулирование) с тем, чтобы вырабатывалось ровно столько тепла или холода, сколько требуется в текущий момент времени. Это минимизирует потери энергии.

Кроме того, коммуникация с центральной станцией позволяет контроллеру получать дополнительную информацию, например, о графике работы (рабочие/нерабочие часы, выходные/праздничные дни).

- 3) Для дополнительного повышения энергоэффективности можно к индивидуальному комнатному регулированию температуры и к коммуникации между контроллерами добавить функцию учёта присутствия человека. Если люди находятся в помещении, о чём контроллер получает информацию от детектора присутствия (3), температура воздуха поддерживается в пределах комфортной зоны, в соответствии с уставками. Если люди выходят из помещения в рабочее время, то уставки автоматически выводятся за пределы комфортной зоны на небольшую величину (1°C), чтобы по возвращении людей вернуться в пределы температурного комфорта, не допуская дискомфорта. Если же люди выходят из помещения по окончании рабочего времени, то фанкойл выключается.

При таких способах регулирования, в каждом отдельном помещении поддерживается свой индивидуальный температурный режим. Энергия на обогрев или охлаждение подаётся по фактической потребности.

Для извлечения дополнительного потенциала экономии энергии существует функция оптимизации времени включения/выключения фанкойлов (рис. 5). Контроллер автоматически определяет время включения системы воздушного обогрева (например, в 5 утра), чтобы температура в помещении достигла значения нижнего предела комфортной зоны к началу рабочего дня (8 утра) и определяет время выключения системы воздушного обогрева вечером, чтобы температура в помещении вышла за пределы комфортной зоны по окончании рабочего дня (5 вечера).



**Рис. 5**

Иногда люди открывают окна в помещении. Будь то сознательное или сделанное по недоразумению, открытие окна приводит к нарушению экономичного комфортного температурного режима (рис. 6). В любом случае происходит автоматическая реакция системы. Контроллер, получив от оконного контакта сигнал об открытии окна, даёт команду на выход системы из комфортного режима. При этом происходит автоматическое прикрытие регулирующего клапана и снижение температурной уставки до уровня ниже комфортного, но выше опасного, при котором возникла бы угроза переохлаждения помещения. Это предотвращает энергопотери и привлекает внимание пользователей к разумному энергопотреблению.



Рис. 6

Важнейшим показателем надёжности системы подачи теплоносителя является устойчивое давление в ней. При повышенном давлении возникает угроза выхода системы из строя, а недостаточное давление не позволит поддерживать температуру на требуемом уровне. Рассмотрим пример регулирования расхода теплоносителя по перепаду давления (рис. 7).

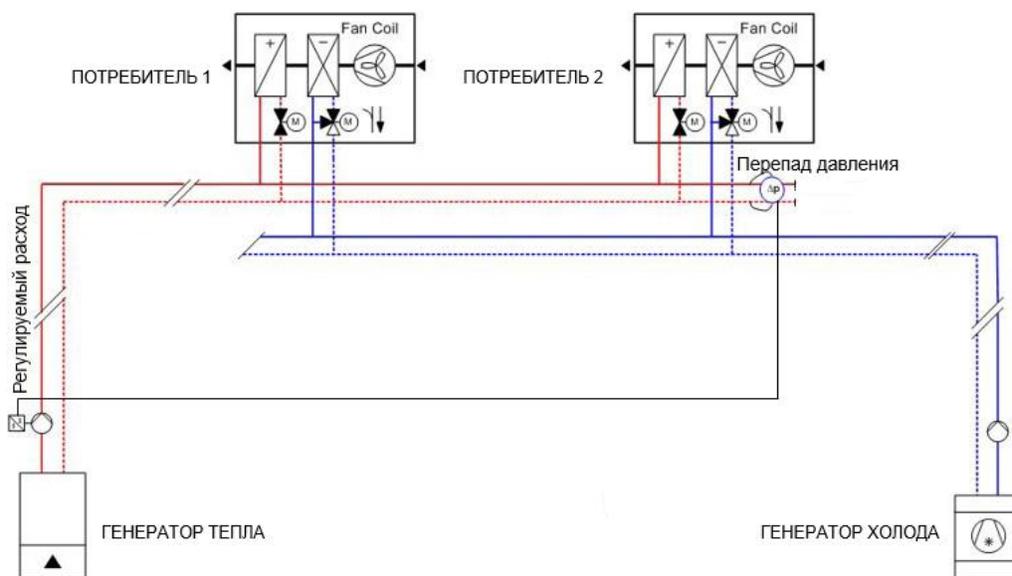


Рис. 7

В режиме обогрева контроллер фанкойла реагирует на повышение температуры воздуха в помещении прикрытием регулирующего двухходового клапана теплоносителя. Расход через клапан снижается, а перепад давления на клапане увеличивается. Совокупное снижение расхода теплоносителя на теплообменниках фанкойлов влечёт за собой нежелательное увеличение напора насоса. Контроллер регулирования расхода поддерживает постоянный перепад давления на насосе изменением частоты вращения. Такое регулирование осуществляется с коррекцией

задания по “удалённой точке”. То есть, перепад давления  $\Delta p$  измеряется в конечной точке трубопровода из-за потерь гидравлического давления в трубопроводе.

При отсутствии частотного регулирования (рис. 8) снижение расхода теплоносителя  $V$ , к примеру, на 50%, приводит к снижению энергопотребления насоса примерно на 10%.

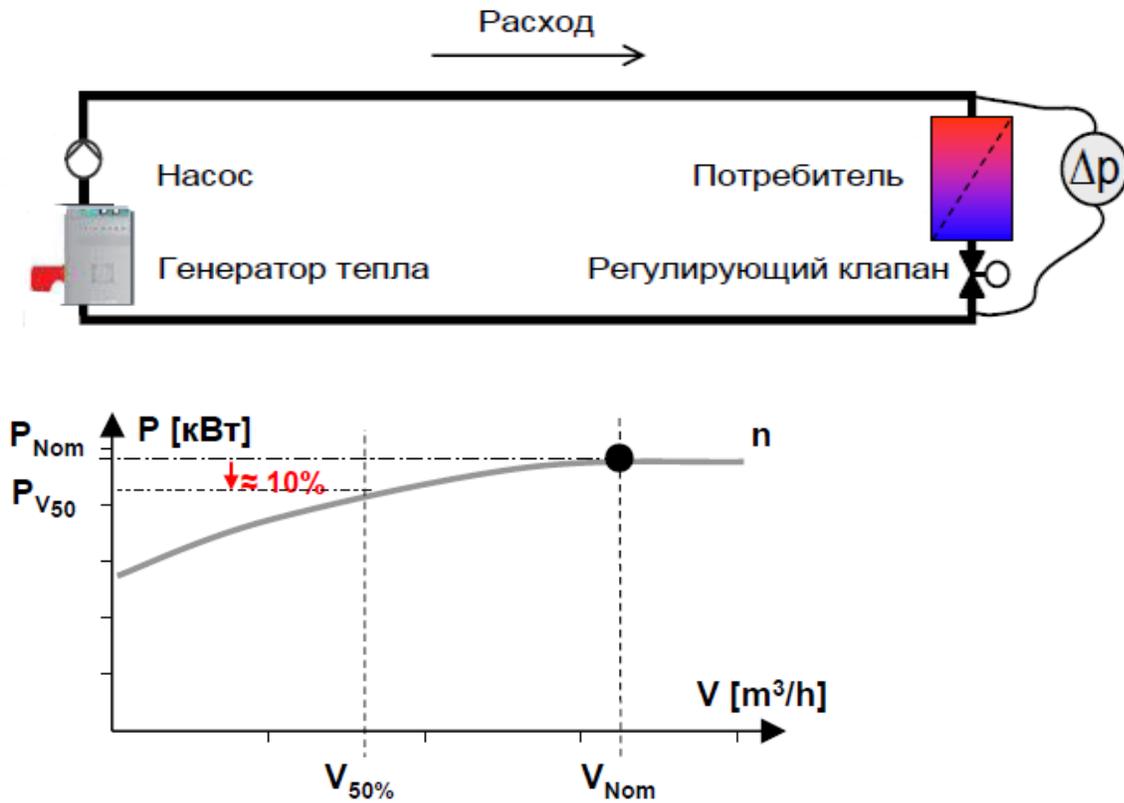
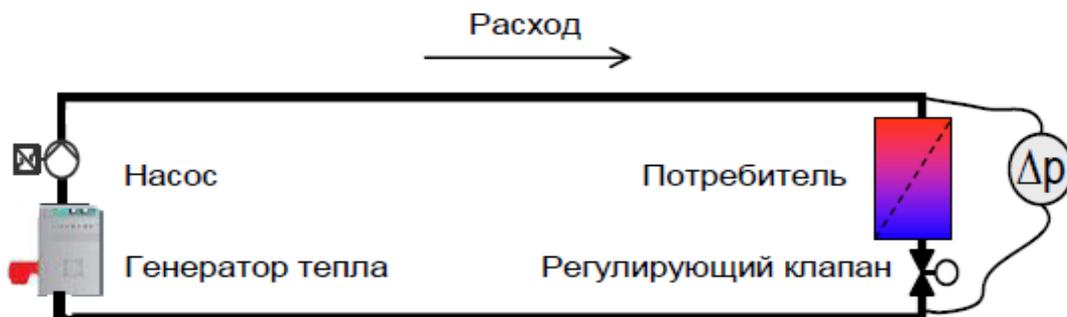


Рис. 8

А при наличии частотного регулирования (рис. 9), снижение расхода теплоносителя  $V$  на те же 50% приводит к снижению энергопотребления насоса уже примерно на 60% за счёт изменения числа оборотов насоса ( $n_1 \rightarrow n_2$ ).



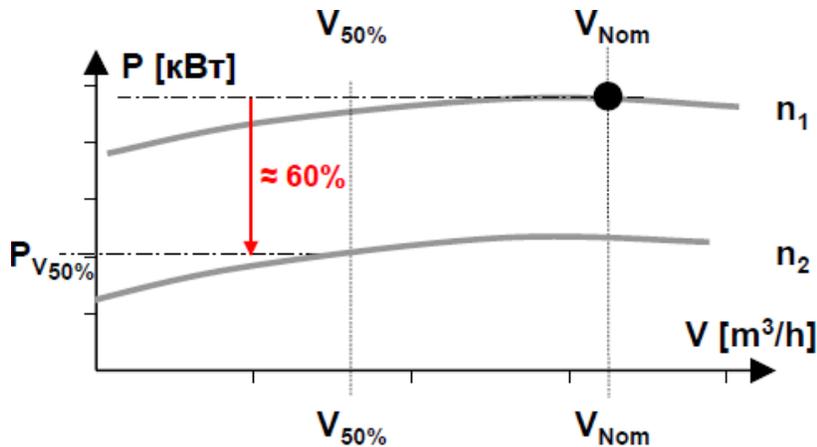


Рис. 9

Таким образом, частотное регулирование позволяет экономить электрическую энергию.

Для поддержания температурного комфорта в помещении иногда вводится компенсация по наружной температуре (рис. 10). Когда температура наружного воздуха находится в пределах от 0°C до 20°C, температура воздуха в помещении поддерживается системой обогрева на нижней границе комфортной зоны, то есть 20°C.

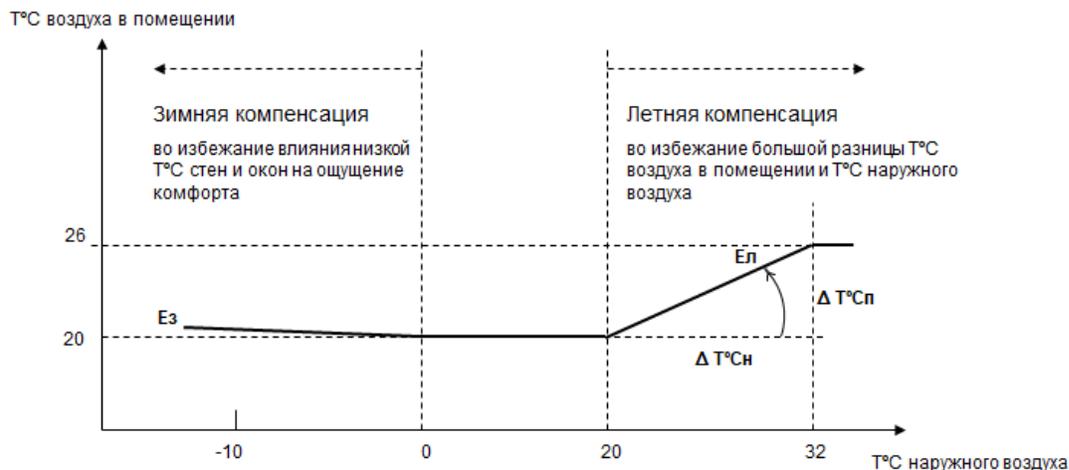


Рис. 10

Если величина температуры наружного воздуха превышает 20°C, включается режим летней компенсации, во избежание большой разницы между T°C воздуха в помещении и T°C наружного воздуха, которая может привести к ощущению температурного дискомфорта при выходе человека из помещения на улицу или наоборот. В странах Евросоюза существуют специальные нормы, предписывающие необходимость повышения комнатной температуры на 1°C при повышении температуры наружного воздуха на каждые 2°C:

T°C наружного воздуха    20 22 24 26 28 30 32

T°C воздуха в помещении    20 21 22 23 24 25 26

В России такие нормы отсутствуют, но в некоторых случаях в проекты могут быть заложены требования аналогичной компенсации с этими или другими параметрами. Наклонную линию диаграммы можно, при необходимости, перемещать вправо-влево, вверх-вниз, а также менять

угол наклона. Этот угол наклона обозначается Ел и определяется частным от деления приращения температуры воздуха в помещении  $\Delta T^{\circ}\text{C}_{\text{п}}$  на приращение температуры наружного воздуха  $\Delta T^{\circ}\text{C}_{\text{н}}$ , выраженным в процентах:

$E_{\text{л}} = \Delta T^{\circ}\text{C}_{\text{п}} / \Delta T^{\circ}\text{C}_{\text{н}} \times 100\%$ . В данном случае  $E_{\text{л}} = 50\%$

Если величина температуры наружного воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , включается режим зимней компенсации, во избежание влияния низкой  $T^{\circ}\text{C}$  стен и окон на ощущение комфорта. Условием зимней компенсации может являться требование:

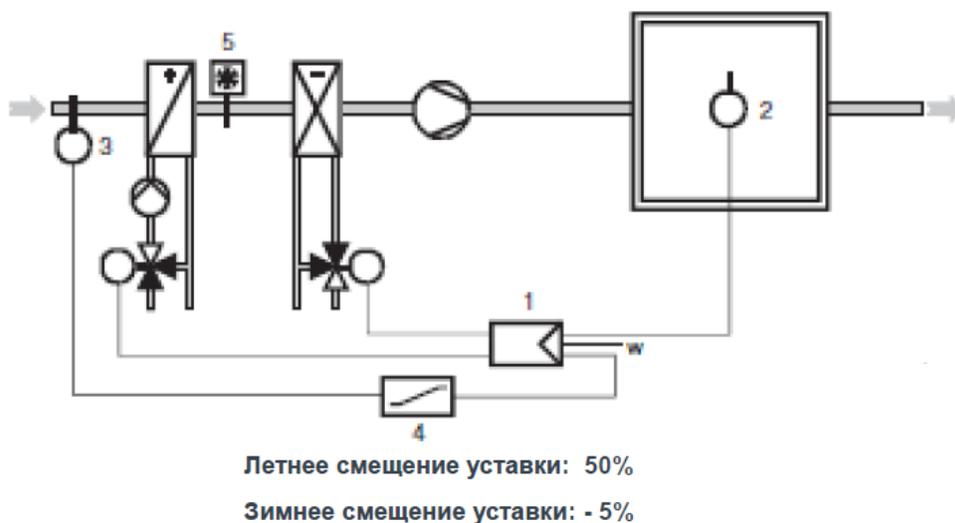
$T^{\circ}\text{C}$  воздуха в помещении +  $T^{\circ}\text{C}$  внутренней поверхности стены =  $38^{\circ}\text{C}$

Данное требование в основном распространяется на жилые помещения и помещения, предназначенные для работы без интенсивной двигательной активности.

Угол наклона обозначается  $E_{\text{з}}$  и определяется экспериментальным путём в процессе наладки в зимнем режиме или в процессе эксплуатации. Начальная уставка:

$E_{\text{з}} = -5\%$

Поддержание зимнего и летнего режимов обеспечивают контроллеры с PI/PID – регулированием (рис. 11).



1. Контроллер регулирования комнатной  $T^{\circ}$
2. Датчик комнатной  $T^{\circ}$
3. Датчик наружной  $T^{\circ}$
4. Смещение уставки
5. Защита от замораживания

**Рис. 11**

Исследования, проведённые организацией World Green Building Council, показали, что поддержание температуры, в соответствии с индивидуальным ощущением теплового комфорта, повышает производительность труда на 3%. Много это или мало? Здесь показателем эффективности является срок окупаемости затрат на систему автоматического поддержания температуры. Исследования, проведённые организацией Euro Stat Structural Business Statistics, показали, что повышение производительности труда одного сотрудника на 3% приносит компании прибыль в среднем 1598 € в год. В компании, где работают 50 сотрудников, прибыль составляет

79450 € в год. Такое повышение производительности труда окупает затраты менее, чем за два года. Система автоматического поддержания температурного комфорта способствует не только улучшению комфортного микроклимата и повышению качества рабочей среды сотрудников, что приводит к росту производительности труда. Она также снижает потребление энергии и уменьшает количество выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Благодаря малому сроку окупаемости, отдача на инвестиции занимает короткое время, особенно в сравнении с другими мерами повышения энергоэффективности в здании. Это делает систему автоматизации ещё более привлекательной.

#### Литература.

1. Planning manual of Siemens BT and EMPA (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research) Duebendorf, Switzerland.
2. VDMA standard 24 773, "Demand-controlled ventilation – Definitions, requirements and control strategies".
3. World Green Building Council research.
4. Euro Stat Structural Business Statistics 2012.