

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛА В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ С ЭЛЕВАТОРОМ

В. К. Ильин, заслуженный энергетик России, директор НП «Группа Тепло»

Проблемы энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве обсуждаются на самом высоком уровне, предлагается множество технических решений по сокращению расхода тепла на отопление жилых и общественных зданий, но все они либо требуют больших затрат на модернизацию существующих зданий и не окупают себя, либо применимы только при новом строительстве.

В статье предложено малозатратное решение по сокращению расхода (перерасхода) тепла в существующем жилом фонде, в частности в домах с элеваторным присоединением систем отопления.



На сегодняшний день в России доминирует централизованная система теплоснабжения, при которой тепло вырабатывается на ТЭЦ или в котельных, а преобразование его к нужным параметрам для сетей отопления и горячего водоснабжения производится в тепловых пунктах. Максимальная температура в тепловых сетях может достигать 130–150 °С, а минимальная не может быть ниже 70–80 °С. Системы отопления в домах допускают максимальную температуру не выше 95 (105) °С, а минимальная температура может опускаться до 18–20 °С.

Для снижения температуры на отопление большинство зданий подключаются к тепловым сетям через смесительные устройства – элеваторные узлы.

К достоинствам элеваторов относится их низкая стоимость и высокая надежность, а также отсутствие затрат на эксплуатацию и потребности в электроэнергии.

Недостатком элеватора является невозможность оперативного изменения коэффициента смешения, что приводит к осенне-весенним перетопам, когда температура в тепловой сети превышает расчетную для систем отопления на 30–40 °С. Например, в Москве период перетопа составляет 40 % отопительного периода и на него тратится 10–15 % годового расхода тепла на отопление.

Системы отопления зданий гидравлически неустойчивы и требуют постоянного по величине расхода воды. Изменение расхода воды ведет к гидравлической разрегулировке системы, когда теплоноситель прекращает поступать в отдельные стояки и отопление подключенных к ним квартир просто прекращается. Следовательно регулировать (сокращать) подачу тепла на отопление зданий можно только изменением температуры теплоносителя, но не расхода.

Для ликвидации перетопов внедряется схема, при которой элеватор заменяется на два центробежных насоса с электроприводом и систему автоматики с двумя регулирующими клапанами. Данная схема имеет некоторые недостатки:

- высокую стоимость, поэтому при существующем тарифе на тепловую энергию практически не окупается;

- зависимость от наличия электроэнергии, т. к. при ее отсутствии теплосетевая вода может напрямую попасть в систему отопления, что угрожает серьезной аварией;
- необходимость в постоянной подаче электроэнергии, т. к. при длительном отключении система отопления может просто замерзнуть.

Регулируемый элеваторный узел

Предлагаемое техническое решение – регулируемый элеваторный узел – позволяет полностью ликвидировать перетопы, сохраняя при этом все достоинства элеваторного узла: не вносит возмущений в работу системы отопления и требует минимальных затрат на внедрение и обслуживание. Основными преимуществами элеваторного узла являются:

- сокращение расхода тепла на отопление зданий в осенне-весенний период;
- постоянный расход теплоносителя в системе отопления во всех режимах работы;
- безаварийная работа системы отопления при перебоях в подаче электроэнергии или выходе из строя оборудования;
- минимальное потребление электроэнергии в режиме регулирования;
- минимальный набор оборудования;
- график отпуска тепла – любой, включая программное регулирование.

Схема регулируемого элеваторного узла (рис. 1) включает в себя существующие на вводе в здание элеватор (Э) и регулятор располагаемого напора перед элеватором (РПД).

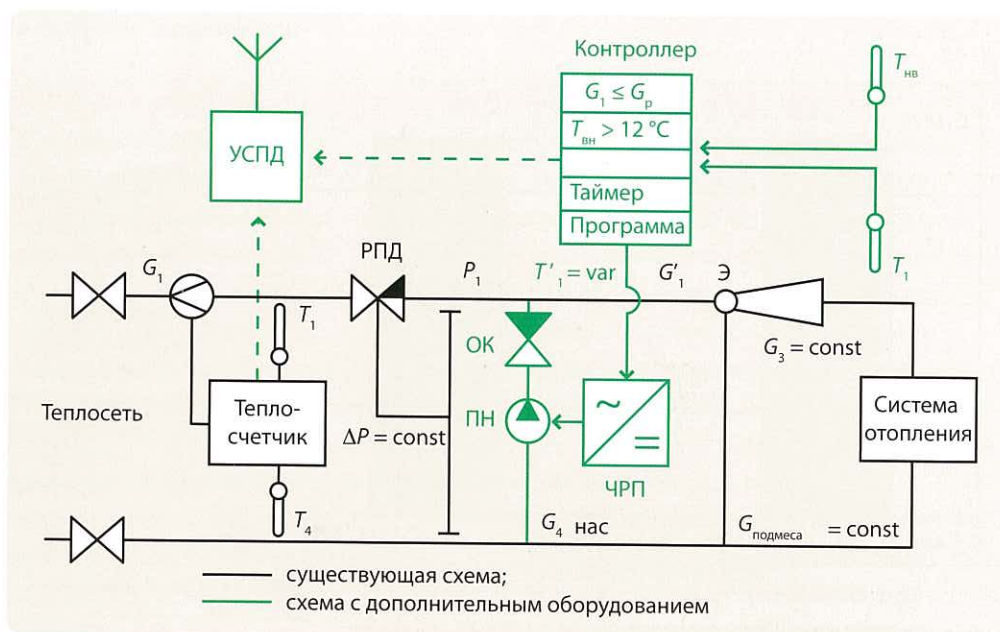


Рис. 1. Принципиальная схема регулируемого элеваторного узла

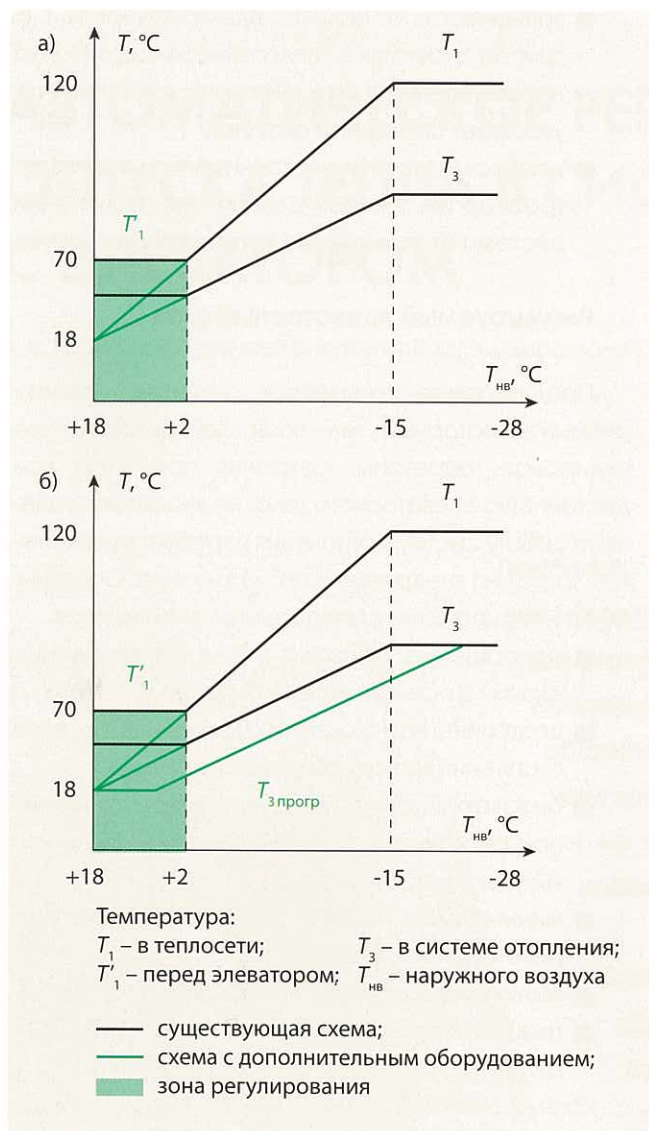


Рис. 2. График регулирования:
 а – для жилых домов;
 б – для административных зданий

Дополнительное оборудование: перемычка, параллельная элеватору, насос (ПН) с регулируемым электроприводом (ЧРП), обратный клапан (ОК), контроллер, управляющий работой системы, и датчики температуры (T_1 , T_3 , T_4 , $T_{нв}$).

Работа регулируемого элеваторного узла

При соблюдении температурного графика на вводе в здание насос отключен и элеватор работает в штатном режиме. Обратный клапан предотвращает перетекание теплоносителя из подающего трубопровода в обратный. При завышении температуры теплоносителя T_3 относительно графика включается подмешивающий насос и, постепенно наращивая обороты, выходит в режим подмеса обратной воды $G_{4нас}$ в подающую, снижая температуру перед элеватором и приводя температуру T_3 в соответствие с отопительным графиком. Одновременно прикрывается регулятор располагаемого напора, сокращая расход воды из теплосети G_1 . Суммарный расход воды через сопло элеватора (G'_1) и расход воды в системе отопления G_3 остаются постоянными.

Область работы регулируемого элеватора: осенне-весенние срезки отопительного графика (для всех зданий); снижение температуры теплоносителя, идущего на отопление, в ночное время и выходные дни в административно-общественных зданиях (рис. 2).

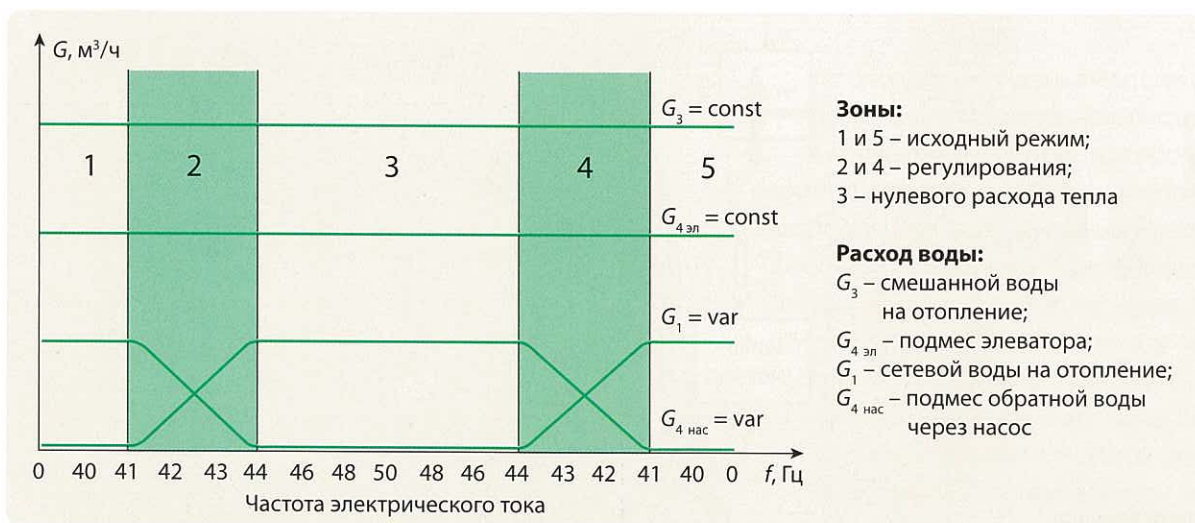


Рис. 3. Гидравлические испытания регулируемого элеватора

Регулируемые температуры показаны зеленым цветом. Режим регулирования задается автоматическим регулятором.

При прекращении подачи электроэнергии подмешивающий насос отключается и элеватор работает в штатном режиме. Автоматического регулирования при этом не происходит, но аварийный режим исключается.

При модернизации существующего элеваторного узла система может быть дополнена теплосчетчиком с устройством сбора и передачи данных по каналам сотовой связи, позволяющим контролировать и управлять работой системы с диспетчерского пункта.

Стендовые испытания

Критерий нормальной работы регулируемого элеваторного узла – соблюдение постоянного расхода воды в системе отопления при изменении расхода воды, подмешиваемой насосом, от нуля до расчетного с одновременным уменьшением расхода сетевой воды от расчетного до нулевого. Это соответствует изменению температуры воды перед элеватором от T_1 до T_4 или расходу тепла на систему отопления от расчетного до нулевого. До установки на объект регулируемый элеватор был испытан на гидравлическом стенде (см. справку 1).

Располагаемый напор перед элеватором ΔP задавался регулятором РПД. Расход подмешиваемой насосом воды задавался изменением частоты вращения насоса (частоты электросети).

Результаты гидравлических испытаний приведены на рис. 3.

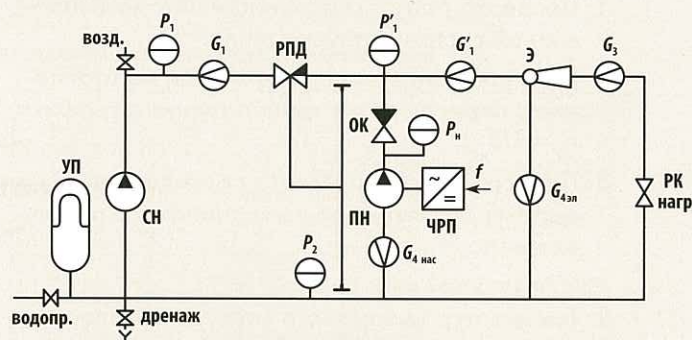
При частоте электросети 0–41 Гц напор насоса был ниже располагаемого напора перед элеватором $P_H < P'_1$ и подмеса воды не происходило. При частоте 41 Гц обратный клапан открывается, насос начинает подмешивать обратную воду в подающую. При подмесе давление перед элеватором P'_1 увеличивается, регулятор РПД прикрывается, расход воды через сопло элеватора G'_1 и в системе отопления G_3 остается неизменным.

При 44 Гц РПД полностью закрывается и расход G_1 падает до нуля, в системе циркулирует только обратная вода. При снижении частоты процесс повторяется в обратном порядке.

СПРАВКА 1

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СТЕНД

Замкнутое кольцо с сетевым насосом (СН), имитирующим располагаемый напор в тепловой сети. В кольцо врезаны элеватор (Э), регулятор располагаемого напора (РПД), подмешивающий насос с регулируемым электроприводом, насос (ПН) с ЧРП, обратный клапан. Регулирующий клапан (РК) имитирует сопротивление системы отопления. Стабильный гидравлический режим поддерживается устройством подпитки (УП).



Измеряются и фиксируются:

1. Расход воды: сетевой – G_1 ; через сопло элеватора – G'_1 ; в системе отопления – G_3 ; на подмесе элеватора – $G_{\text{подп. эл.}}$; подмешиваемой насосом – $G_{\text{подм. н.}}$;
2. Давление: сетевое – P_1 ; перед элеватором – P'_1 ; в обратной линии – P_2 ; после подмешивающего насоса – P_H .

Условия работы: $\Delta P = P'_1 - P_2 = \text{const}$; $G_{4 \text{ нас}} = \text{var}$;
 $G'_1 = G_1 + G_{4 \text{ нас}} = \text{const}$; $G_1 = \text{var}$.
 $G_3 = G'_1 + G_{4 \text{ эл.}} = \text{const}$;

Таким образом, для данного объекта (стенда) в зоне от 41 до 44 Гц расход сетевой воды изменяется от расчетного до нуля, расход подмешиваемой воды изменяется от нуля до расчетного, расходы воды через сопло элеватора и в системе отопления остаются постоянными, т. е. схема полностью соответствует заданным условиям.

Натурные испытания

К началу периода весеннего перетопа регулируемый элеватор был установлен на системе отопления 6-этажного административного здания с расчетной отопительной нагрузкой

СПРАВКА 2

Натурные испытания регулируемого элеватора

Характеристики здания:

- расчетная нагрузка на отопление – 0,67 Гкал/ч;
- расход воды на отопление – 26,5 м³/ч;
- расход сетевой воды на отопление – 8,3 м³/ч;
- гидравлическое сопротивление – 2,0 м вод. ст.;
- система была подключена через элеватор № 5, диаметр сопла 10,5 мм, расчетный напор перед элеватором – 28,7 м вод. ст.

Задачи испытаний:

1. Проверка работоспособности автоматизированной системы отпуска тепла.
2. Регулирование температуры воды на отопление в период срезки температурного графика $t_{от} = f(T_{нв})$.
3. Поддержание стабильного расхода воды в системе отопления во всем диапазоне регулирования.

Условия испытаний:

1. Температура наружного воздуха менялась от -5 до +15 °С.
2. Температура сетевой воды находилась в интервале 70–75 °С.

0,67 Гкал/ч (см. справку 2). В неавтоматизированном режиме были сняты тепловые и гидравлические характеристики системы отопления с элеватором (зависимость выходных параметров элеваторного узла от частоты электрического тока) (рис. 4, 5).

Как следует из рис. 4, изменяя частоту вращения подмешивающего насоса (частоту электросети f), можно регулировать температуру перед элеватором от $T_{тс}$ до T_4 . При этом соответственно заданному коэффициенту смещения меняется температура в системе отопления от расчетной T_3 до минимальной T_4 . По такому же принципу меняется расход тепла на отопление от расчетного (для $T_{тс}$) и практически до нуля.

Гидравлические характеристики, полученные на объекте (рис. 5), полностью идентичны полученным на стенде (рис. 3) (с учетом гидравлического различия стенда и объекта).

В зависимости от частоты вращения насоса расход сетевой воды уменьшается от расчетного до нуля, расход подмешиваемой воды увеличивается от нуля до $G_{сет}$, располагаемый напор и расход воды в системе отопления остаются постоянными, гидравлической разрегулировки в системе отопления не происходит.

В начале апреля 2010 года система отопления была переведена в автоматический режим.

Автоматизированная система регулирования отработала фактически весь месяц и показала высокую надежность и стабильность работы. В низких ночных температурах система автоматически отключалась, и элеватор работал в штатном режиме, при повышении температуры наружного воздуха система включалась и выходила в режим поддержания температурного графика, при температурах выше 15 °С подача сетевой воды в здание практически полностью прекращалась.

Экономическая эффективность

1. Расчетная

- затраты на оборудование регулируемого элеваторного узла для жилого здания на 200 квартир, расчетная отопительная нагрузка которой 0,5 Гкал/ч, составляют 200 тыс. руб.;
- расчетное сокращение расхода тепла на отопление составляет 10 % от годового расхода, что составляет 125 Гкал, или 148,75 тыс. руб.;
- расчетный срок окупаемости составляет 1,5 года отопительного периода (осень, весна, осень);
- для административно-общественных зданий такой же мощности дополнительная экономия за счет снижения расхода тепла в неотапливаемое время – 15 %, что составляет 190 тыс. руб. или 245,10 тыс. руб.;

Полученные характеристики элеваторного узла позволяют с учетом инерционности объекта эффективно управлять подачей тепла в систему отопления.

Достаточно в режиме срезки при постоянной температуре сетевой воды заранее построить график зависимости температуры смешанной воды от частоты вращения насоса для данного объекта.

Затем, зная прогноз на сутки, заблаговременно, при помощи задатчика выставлять частоту преобразователь на заданную частоту, обеспечивая расчетную температуру $T_{от}$.

Эту операцию надо повторять 1–2 раза в сутки. При этом следует учитывать, что выставленная температура будет несколько меняться за счет постоянного изменения температуры обратной воды. При снижении выставленной частоты она будет несколько увеличиваться от первоначального значения, при увеличении частоты будет со временем (3–6 ч) уменьшаться на несколько градусов.

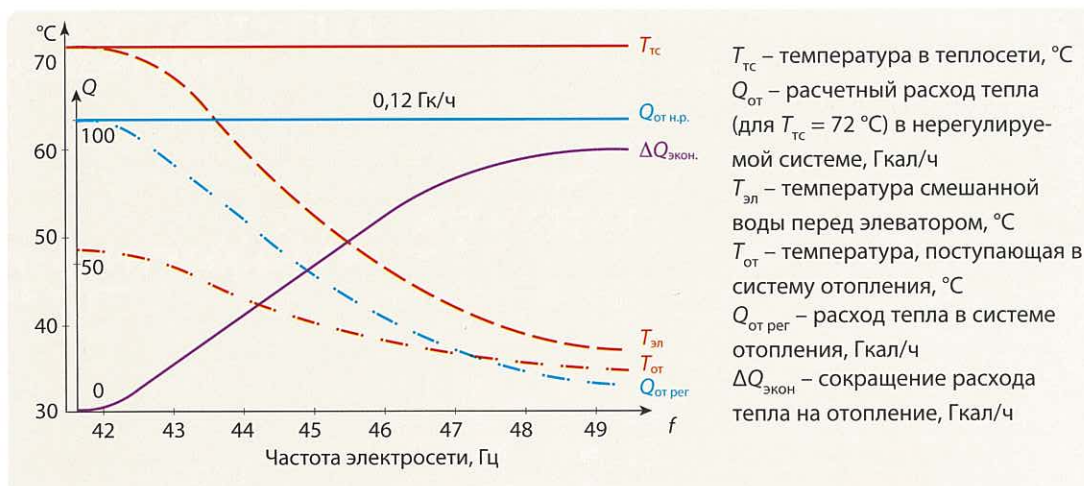


Рис. 4. Тепловые характеристики системы отопления с регулируемым элеватором

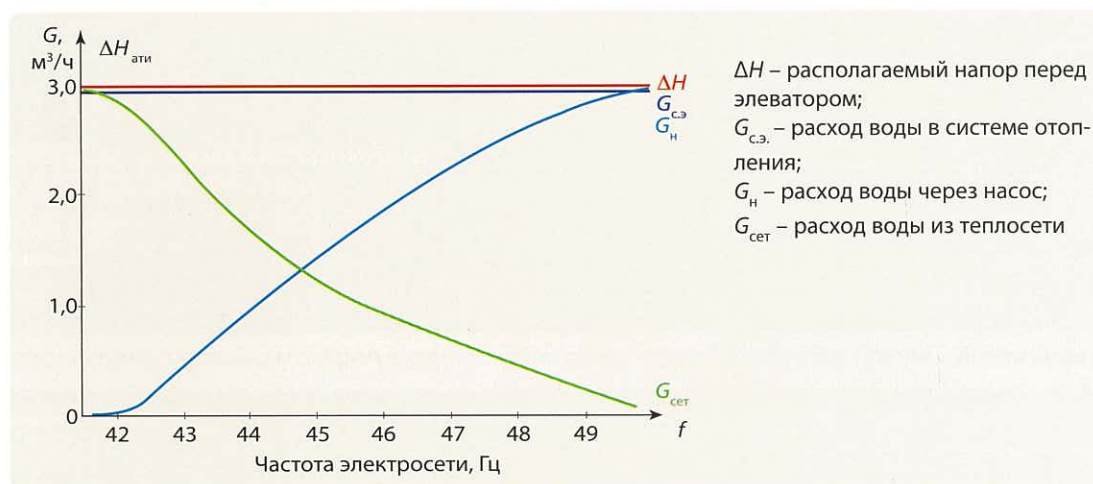


Рис. 5. Гидравлические характеристики системы отопления с регулируемым элеватором

- расчетный срок окупаемости составит 0,8 отопительного периода (осень, половина весны).

2. Фактическая

Согласно счетам, выставленным теплоснабжающей организацией (ОАО «МОЭК»), в марте 2010 года общий расход тепла на ЦТП составил 210 Гкал, а в апреле – 90 Гкал. В месяц на горячее водоснабжение расходуется 35 Гкал. Следовательно на отопление в марте ушло 175 Гкал, в апреле – 55 Гкал. Подающая температура в теплосети составляла в марте и апреле соответственно 93,05 и 73,3 $^{\circ}\text{C}$. Расчетный перепад температур ($T_3 - T_4$) на отопление для $T_1 = 93^{\circ}\text{C}$ составляет 13 $^{\circ}\text{C}$ для $T_1 = 73^{\circ}\text{C}$ – 8 $^{\circ}\text{C}$, расход теплоносителя в системе отопления не менялся. Следовательно при отсутствии автоматического регулирования расход тепла в апреле должен был составить:

$$Q_{\text{апр}} = (Q_{\text{март}} / \Delta T_{\text{март}}) \cdot \Delta T_{\text{апр}} = 175 / 13 \cdot 8 = 107,6 \text{ Гкал.}$$

Таким образом, за счет регулирования расхода тепла на отопление сэкономлено 107,6 - 55 = 52,6 Гкал, что при тарифе 1 291 руб./Гкал составило 67,9 тыс. руб.

Затраты на оборудование автоматизированного элеваторного узла равнялись около 100 тыс. руб., следовательно на данном объекте система окупит себя за 2 мес. работы, или за один отопительный сезон (весна + осень).

Выводы

Произведенные стендовые и натуральные испытания автоматизированного элеваторного узла полностью подтвердили работоспособность системы и ее эффективность при регулировании расхода тепла на отопление зданий.

Систему отличает высокая надежность оборудования, низкая стоимость комплектующих, минимальные трудозатраты на дооборудование существующего элеваторного узла и быстрая окупаемость.

С учетом вышесказанного система может быть рекомендована к массовому внедрению в жилых и общественных зданиях с зависимым присоединением систем отопления как одно из эффективных мероприятий по энергосбережению в ЖКХ. ■