

УДК 621.18

КУЛИКОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
lts@tsuab.ru

ТОЛСТЫХ АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ, канд. физ.-мат. наук, доцент,
sinvintie@rambler.ru

ПЕНЯВСКИЙ ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,
pvv.tgasu@yandex.ru

Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗДАНИЯХ СИСТЕМЫ «КУПАСС»*

В настоящей работе выполнено сравнение энергоэффективности основных вариантов организации вентиляции в зданиях системы «КУПАСС». Установлено, что наиболее энергоэффективным является способ организации вентиляции зданий системы «КУПАСС», предусматривающий забор греющего воздуха из верхней зоны теплого чердака для использования его тепла в рекуператоре. В условиях г. Томска существенный экономический эффект приносит только схема организации вентиляции с забором воздуха с теплого чердака при использовании водяного калорифера.

Ключевые слова: энергоэффективность; вентиляция; здания системы «КУПАСС»; экономия энергии; количество сэкономленной энергии.

VALERII V. KULIKOV, PhD, A/Professor,
lts@tsuab.ru

ALEKSANDR V. TOLSTYKH, PhD, A/Professor,
sinvintie@rambler.ru

VITALII V. PENYAVSKII, PhD, A/Professor,
pvv.tgasu@yandex.ru

Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

ENERGY EFFICIENCY OF DIFFERENT VENTILATION TYPES IN THE UNIVERSAL PREFABRICATED ANTISEISMIC BUILDING SYSTEM

The paper presents the comparative analysis of the energy efficiency of the main ventilation types used in in the universal prefabricated antiseismic building system. The analysis shows that ventilation based on the heating air intake from the upper area of the winterized attic floor is the most energy efficient type, which is then used in a recuperative heat exchanger. In the Tomsk region, the energy efficiency is provided only by the use of a hot-water calorifer instead of a recuperative heat exchanger in this type of ventilation.

Keywords: energy efficiency; ventilation; universal prefabricated antiseismic building system; energy saving.

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Минобрнауки РФ (№ 02.G25.31.0022).

Из-за дефицита энергетических ресурсов все большую актуальность приобретает разработка новых проектных решений для энергоэффективных зданий в условиях относительно холодного климата. В нашей стране введен Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», в котором отражена государственная стратегия развития энергоресурсосберегающих технологий, в том числе в строительстве и производстве систем инженерного оборудования для систем отопления и вентиляции. Особенно важной является разработка технических решений, отвечающих требованиям создания новых и совершенствования существующих инженерных систем многоквартирных жилых зданий, обеспечивающих достижение требуемых показателей энергоэффективности.

Однако, как отмечено в работе [1], практика проектирования энергоэффективных зданий часто ограничивается мероприятиями, направленными на повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций без использования потенциальных энергосберегающих возможностей инженерных систем зданий. Расчетный расход тепла на вентиляцию квартир в некоторых случаях достигает 2/3 от трансмиссионных теплопотерь многоквартирных домов, поэтому правильно выбранная функциональная схема вентиляции может обеспечить значительный вклад в энергосбережение [2]. В основном технические предложения по организации энергоэффективной вентиляции зданий [3] заключаются в оборудовании центральной рекуперативной вытяжной установки, которая размещается на техническом этаже и предназначена для обеспечения механической вентиляции жилых помещений. В последнее время все более популярными становятся поквартирные системы [3–5] рекуперативной вентиляции, установки которых монтируют в квартирах чаще всего в пространстве за подшивным потолком. Предлагаются различные варианты гибридной вентиляции жилых зданий, работающей в холодный период года как естественная, а в теплый период как механическая с крышными вентиляторами [6]. В современных, так называемых пассивных зданиях [7], используется общая для всего дома механическая приточно-вытяжная система с рекуператором для утилизации теплоты удаляемого воздуха, причем в каждой квартире имеется собственный дополнительный водяной нагреватель для подогрева приточного воздуха. Эффективным и широко распространенным решением является использование так называемого теплого чердака [8] в многоэтажных жилых зданиях, обеспечивающего существенное снижение теплопотерь через чердачное перекрытие. Однако мониторинг эксплуатируемых крупнопанельных зданий с теплым чердаком [9] показал, что естественная вентиляция в этих зданиях не обеспечивает нормативного воздухообмена в жилых помещениях, и часто происходит опрокидывание циркуляции.

Все вышесказанное обуславливает необходимость дальнейшей разработки различных способов организации энергоэффективной механической вентиляции в многоэтажных жилых зданиях.

В разрабатываемых проектах многоэтажных домов каркасной универсальной полносборной архитектурно-строительной системы (КУПАСС), в основу которой положена концепция «интеллектуального» здания, автоматизации и диспетчеризации управления жилыми зданиями в процессе эксплуата-

ции, предлагается использовать комбинированную (гибридную) систему естественно-механической вентиляции [10]. С целью минимизации расхода тепла на подогрев приточного воздуха и обеспечения требуемых параметров микроклимата в квартирах предусмотрена установка гигрорегулируемых клапанов ЕНТ производства АЭРЭКО. Гигрорегулируемые приточные устройства ЕНТ, монтируемые в стене, автоматически регулируют приток свежего воздуха с помощью встроенного датчика влажности, а также позволяют вручную блокировать поступление в помещения приточного воздуха в холодное время.

Для обеспечения уровня теплотребления класса «В+» зданий системы «КУПАСС» [10] необходимо использовать рекуперацию тепла в системе вентиляции. Согласно схеме системы вентиляции, показанной на рис. 1, тепло уходящего воздуха жилых помещений будет использоваться для компенсации теплотерь на подогрев приточного воздуха, поступающего в помещение лестничной клетки. Нагретый воздух при условии обеспечения 0,2 кратности воздухообмена по наружному воздуху подается в нижнюю зону лестничной клетки через тепловую завесу, расположенную над входной дверью. Для подогрева воздуха, забираемого из верхней зоны лестничной клетки и частично снаружи здания, в приточно-вытяжной установке с пластинчатым теплоутилизатором используется тепло вытяжного вентиляционного воздуха, удаляемого из санузлов. После выхода из рекуператора воздух догревается до необходимой температуры в водяном или электрическом нагревателе.

Удаление воздуха из кухонь осуществляется за счет естественной тяги через теплый чердак. Вытяжные устройства присоединяются к вертикальному сборному каналу через воздушные затворы. Вертикальные сборные каналы должны быть выполнены раздельными для кухонь и санузлов, причем необходимы дополнительные меры по герметизации стыков вентиляционных блоков. Выпуск воздуха из теплого чердака в атмосферу производится через общую вытяжную шахту.

В рамках рассматриваемого технического решения [10] были предложены две основные схемы вентиляции (рис. 1, *а*, *б*), различающиеся в основном по размещению приточно-вытяжной установки и месту забора теплого воздуха, используемого в качестве источника тепла для подогрева воздуха в рекуператоре. При использовании схемы вентиляции, показанной на рис. 1, *а*, оголовки сборных вертикальных каналов из санузлов присоединяются к стальным воздуховодам, по которым теплый воздух с температурой 22,5 °С подводится к приточно-вытяжной рекуперативной установке, размещенной непосредственно на теплом чердаке. Согласно схеме, приведенной на рис. 1, *б*, забор воздуха с температурой 16 °С осуществляется из верхней зоны теплого чердака, а непосредственное соединение рекуперативной установки с оголовками сборных вентиляционных каналов, по которым удаляется воздух из санузлов, не предусмотрено.

Также определенный интерес представляет использование гибридной схемы вентиляции (рис. 1, *в*). По этой схеме, как и в вариантах естественно-механической вентиляции, рассмотренных в [6], монтируется крышный вентилятор, который включается в работу при закрытой общей вытяжной шахте.

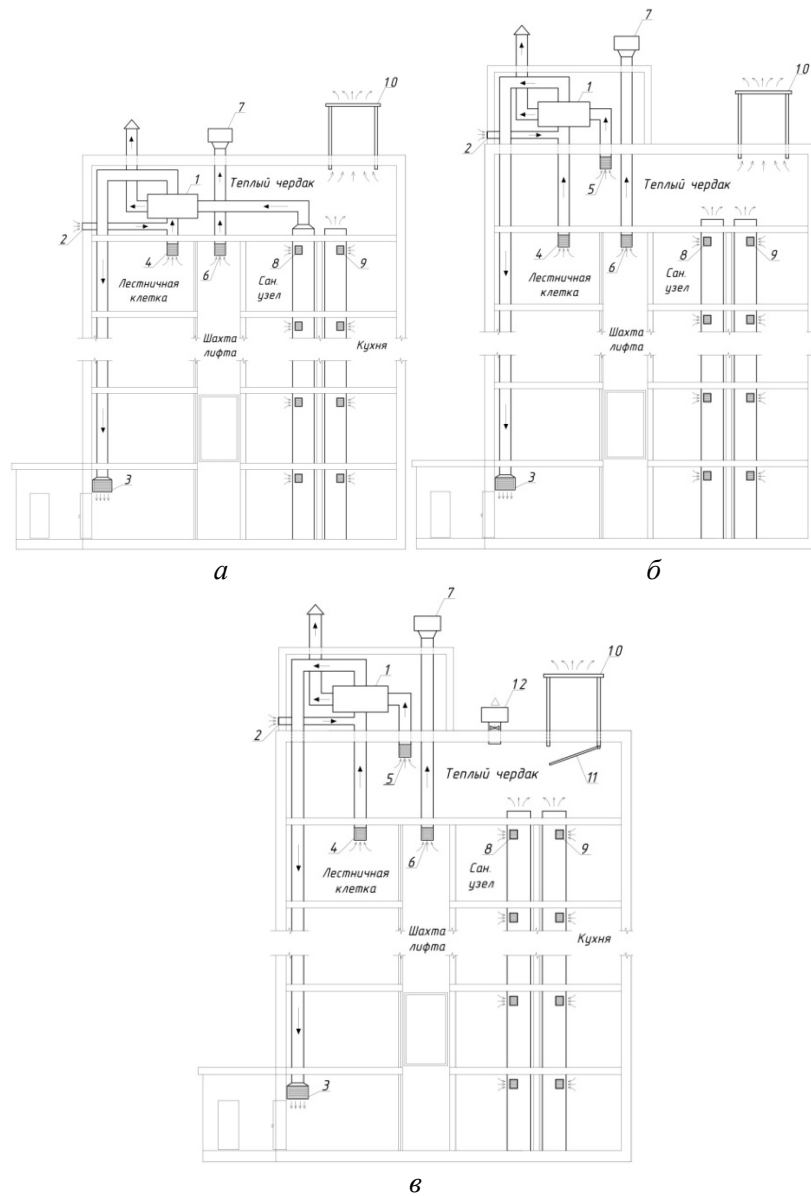


Рис. 1. Схемы вентиляции здания:

а – с подачей греющего воздуха, удаляемого из санузлов, через воздуховоды в рекуператор; *б* – с забором греющего воздуха, поступающего в рекуператор из верхней зоны теплого чердака; *в* – с крышным вентилятором для удаления воздуха с теплого чердака при закрытой вытяжной шахте; 1 – рекуперативная установка; 2 – приток наружного воздуха; 3 – приток воздуха на лестничную клетку; 4 – вытяжная вентиляция из лестничной клетки; 5 – забор воздуха из помещения теплого чердака; 6 – вытяжная вентиляция из шахты лифта; 7 – дефлектор; 8 – вытяжная вентиляция из помещений санитарных узлов; 9 – вытяжная вентиляция из кухонь; 10 – естественная вытяжная вентиляция из теплого чердака (общая вытяжная шахта); 11 – перекрывающий вытяжную шахту клапан (люк); 12 – крышный вытяжной вентилятор

Целью настоящей работы является сравнение энергоэффективности описанных выше трех вариантов организации вентиляции. В качестве критериев оценки использовались количество энергии (кВт·ч/год), которая может быть сэкономлена за счет утилизации тепла воздуха, удаляемого из санузлов или из теплого чердака, и ее стоимость (руб/год). Расчет количества сэкономленной энергии проведен для климатических регионов, в которых предполагается строительство зданий по системе «КУПАСС», а именно для Томска и Иркутска. Для корректного задания наружных климатических условий использовались данные по повторяемости температур с учетом продолжительности стояния [11].

Расход воздуха, подаваемого в тепловую завесу, предназначенную для отопления лестничной клетки, составляет 1200 м³/ч, в вытяжной части этой системы вентиляции наружный воздух подмешивается к воздуху, забираемому из лестничной клетки, в объеме 573 м³/ч. Греющий воздух, удаляемый из санузлов или из верхней зоны теплого чердака, поступает в рекуператор в количестве 2400 м³/ч. Количество теплоты, необходимое для нагрева приточного наружного воздуха, поступающего в лестничную клетку, можно рассчитать по формуле

$$Q_0^i = V_n \rho_n^i c_{p,n}^i (t_{np} - t_n^i) \tau_i, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $V_n = 573 \text{ м}^3/\text{ч}$ – расход наружного воздуха; $\rho_n^i, c_{p,n}^i$ – плотность и удельная теплоемкость наружного воздуха, вычисленные с учетом его температуры и влагосодержания, кг/м³, кДж/(кг·К); $t_{np} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура приточного воздуха на лестничной клетке; t_n^i, τ_i – температура наружного воздуха и ее продолжительность стояния, $^\circ\text{C}$, ч. Годовой расход тепловой энергии на нагрев наружного воздуха определим как сумму Q_0^i :

$$Q_0 = \sum_i Q_0^i, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}.$$

Для расчета экономии энергии при использовании в пластинчатом теплоутилизаторе тепла воздуха, удаляемого из санузлов или из чердака, найдем количество теплоты, которое необходимо затратить на дополнительный подогрев воздуха от температуры на выходе из рекуператора до $t_{np} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_d^i = V_{рк} \rho_{рк}^i c_{p,рк}^i (t_{np} - t_{рк}^i) \tau_i, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

$$Q_d = \sum_i Q_d^i, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год},$$

где $V_{рк} = 1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ – расход воздуха, который удаляется из верхней зоны лестничной клетки, смешивается с наружным воздухом и поступает в рекуператор; $\rho_{рк}^i, c_{p,рк}^i$ – плотность и удельная теплоемкость воздуха после рекуператора, вычисленные с учетом его температуры $t_{рк}^i$ и влагосодержания, кг/м³, кДж/(кг·К).

Зная эффективность пластинчатого теплоутилизатора ε , температуру воздуха на выходе из него при условии, что расход подогреваемого воздуха не превосходит расход греющего, рассчитывают по формуле

$$t_{\text{рк}}^i = t_{\text{сп}}^i + \varepsilon(t_y - t_{\text{сп}}^i), \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $t_y = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура воздуха, удаляемого из санузлов; $t_{\text{сп}}^i = (t_{\text{н}}^i V_{\text{н}} - t_{\text{лк}} V_{\text{лк}}) / V_{\text{рк}}$ – осредненная по расходу температура смеси наружного и удаляемого из лестничной клетки воздуха перед теплоутилизатором, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{лк}}$, $V_{\text{лк}}$ – температура и расход воздуха, забираемого из верхней зоны лестничной клетки, $^\circ\text{C}$, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Оценивая количество сэкономленной энергии Q_3 , следует учесть затраты электроэнергии на работу вентиляторов приточно-вытяжной установки и крышного вентилятора (при его наличии):

$$Q_3 = Q_0 - Q_{\text{д}} - N_{\text{вент}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

где $N_{\text{вент}} = N_{\text{уст}} \tau$; $N_{\text{уст}}$ – установочная мощность электродвигателей вентиляторов, которые используются при функционировании системы вентиляции, кВт; $\tau = \sum_i \tau_i$, ч/год.

Стоимость сэкономленной энергии S_3 составит:

при использовании электрического воздухонагревателя

$$S_3 = Q_0 S_{\text{тепл}} - (Q_{\text{д}} - N_{\text{вент}}) S_{\text{эл}}, \text{ руб/год};$$

при использовании водяного воздухонагревателя

$$S_3 = (Q_0 - Q_{\text{д}}) S_{\text{тепл}} - N_{\text{вент}} S_{\text{эл}}, \text{ руб/год},$$

где $S_{\text{тепл}}$, $S_{\text{эл}}$ – стоимость тепловой и электрической энергии, руб/(кВт·ч), соответственно.

Наибольшую суммарную установочную мощность 3,6 кВт имеют вентиляторы, обеспечивающие приток и удаление воздуха при организации вентиляции по схеме, показанной на рис. 1, в, в условиях, когда закрыто отверстие общей вытяжной шахты и включен крышный вентилятор. Очевидно, что эта схема будет наименее выгодной с точки зрения экономии энергии, но, поскольку она гарантированно обеспечивает требуемые параметры микроклимата в помещениях спроектированного здания независимо от погодных условий, далее будут приведены расчеты ее характеристик энергоэффективности для сопоставления с более эффективными способами организации вентиляции, приведенными на рис 1, а, б. Способ организации вентиляции, проиллюстрированный рис. 1, а, по сравнению со схемой, показанной на рис. 2, б, имеет преимущество, связанное с более высокой температурой греющего воздуха, поступающего в теплоутилизатор. Однако он требует установки двух вентиляторов с общей мощностью 3,3 кВт, а для работы системы вентиляции по схеме с удалением воздуха из верхней зоны теплого чердака (рис. 1, б) достаточно вентиляторов с суммарной мощностью 1,6 кВт. Таким образом, без

приведенных ниже результатов расчета нельзя установить, какой из способов организации вентиляции, схемы которых показаны на рис. 1, *a*, *б*, будет более энергоэффективным.

На рис. 2 представлены результаты расчетов сэкономленной энергии. Как видно из рис. 2, система вентиляции, при работе которой забор греющего воздуха осуществляется из верхней зоны теплого чердака (схема на рис. 1, *б*), обеспечивает наибольшее количество сэкономленной энергии, т. е. такая система является наиболее энергоэффективной по сравнению с остальными двумя рассмотренными вариантами.

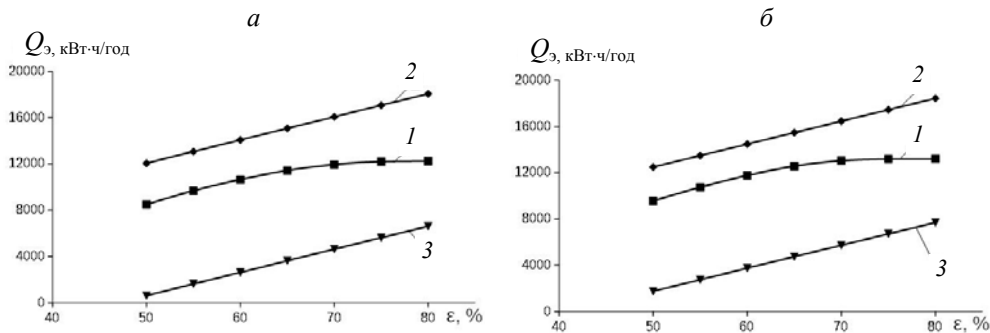


Рис. 2. Зависимость сэкономленной энергии $Q_э$ от эффективности теплоутилизатора ε :

a – расчеты, выполненные для климатических условий г. Томска; *б* – расчеты, выполненные для климатических условий г. Иркутска; 1 – способ организации вентиляции, предусматривающий подачу воздуха, удаляемого из санузлов, через воздухопроводы в рекуператор (см. рис. 1, *a*); 2 – способ организации вентиляции с забором греющего воздуха из верхней зоны теплого чердака (см. рис. 1, *б*); 3 – гибридная схема вентиляции, предусматривающая использование крышного вентилятора для удаления воздуха из чердака (см. рис. 1, *в*)

В среднем для всего диапазона изменения эффективности пластинчатого рекуператора $\varepsilon = 50\text{--}80\%$ количество сэкономленной энергии при организации вентиляции по схеме, показанной на рис. 1, *б*, превосходит аналогичный показатель для системы, предусматривающей подачу воздуха, удаляемого из санузлов, через воздухопроводы в рекуператор (схема на рис. 1, *a*), в 1,3–1,4 раза. При использовании способа вентиляции, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, *в*, с принудительным удалением воздуха с чердака с помощью крышного вентилятора количество сэкономленной энергии меньше, чем та же величина для системы, показанной на рис. 1, *б*, в 3,9–6,7 раза, и меньше, чем энергия, которую можно сэкономить при организации вентиляции по схеме, проиллюстрированной рис. 1, *a*, в 3–4,8 раза. Следует отметить, что при организации вентиляции по схеме с подачей воздуха, удаляемого из санузлов, в рекуператор, повышение степени рекуперации выше 70 % не ведет к повышению энергоэффективности, т. к. с ростом ε величина $Q_э$ почти не изменяется (линия 1, рис. 2, *a*, *б*).

На рис. 3 показаны результаты расчетов стоимости сэкономленной энергии S , при использовании для догрева воздуха после рекуператора во-

дяного или электрического калорифера. Стоимость сэкономленной энергии зависит от существующего соотношения тарифов на тепловую и механическую энергию для определенного региона.

Стоимость электрической энергии в г. Томске в 1,7 раза выше, чем стоимость тепловой энергии. В связи с этим использование способов организации вентиляции, схемы которых приведены на рис. 1, а, в, в условиях г. Томска не принесет экономического эффекта.

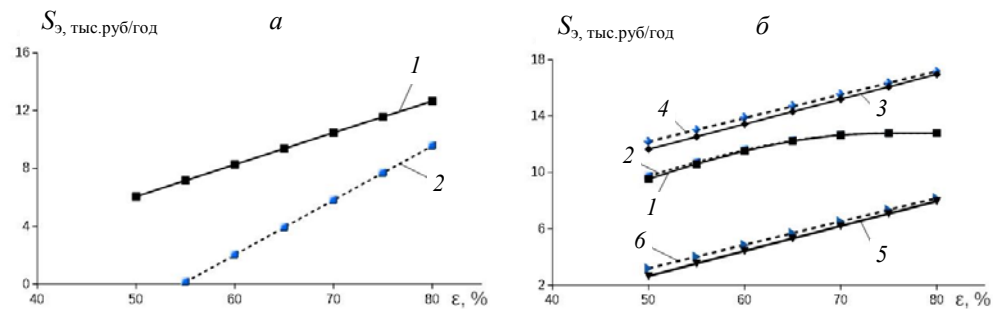


Рис. 3. Зависимость стоимости сэкономленной энергии $S_{э}$ от эффективности теплоутилизатора ϵ :

a – расчеты, выполненные для климатических условий г. Томска; b – расчеты, выполненные для климатических условий г. Иркутска; 1, 2 – способ организации вентиляции, предусматривающий подачу воздуха, удаляемого из санузлов, через воздухопроводы в рекуператор (см. рис. 1, а); 3, 4 – способ организации вентиляции с забором греющего воздуха из верхней зоны теплого чердака (см. рис. 1, б); 5, 6 – гибридная схема вентиляции, предусматривающая использование крышного вентилятора для удаления воздуха из чердака (см. рис. 1, в); 1, 3, 5 – тип используемого калорифера водяной; 2, 4, 6 – тип используемого калорифера электрический

Существенная экономия денежных средств возможна только при использовании системы вентиляции (схема на рис. 1, б) с забором воздуха из теплого чердака, имеющей в приточно-вытяжной установке водяной нагреватель (линия 1, рис. 3, а). При выборе электрического калорифера, даже с высокими значениями эффективности ($\epsilon = 75\text{--}80\%$), экономия денежных средств меньше, чем для такой же системы с водяным нагревателем, в 1,3–1,5 раза.

Для г. Иркутска характерно незначительное различие в стоимости электрической и тепловой энергии. Экономический эффект достигается при использовании любого из рассмотренных способов вентиляции, поэтому на рис. 3, б приведены зависимости стоимости сэкономленной энергии $S_{э}$ от эффективности теплоутилизатора для всех трех предложенных схем вентиляции зданий системы «КУПАСС». Тип калорифера, устанавливаемого в приточно-вытяжную установку, не оказывает значимого влияния на экономию денежных средств.

Таким образом, было установлено, что наиболее энергоэффективным является способ организации вентиляции зданий системы «КУПАСС», предусматривающий забор греющего воздуха из верхней зоны теплого чердака для использования его тепла в рекуператоре. В условиях г. Томска существенный

экономический эффект приносит только схема организации вентиляции с забором воздуха с теплого чердака при использовании водяного калорифера, а при строительстве зданий системы «КУПАСС» в Иркутске экономия денежных средств достигается при использовании любого из предложенных способов организации вентиляции.

При оценке экономического эффекта не учитывались различные расходы, связанные с установкой и эксплуатацией дополнительных систем механической вентиляции. Расчеты выполнялись только для определения экономии энергии. Тем не менее, основные полученные результаты отражают общие закономерности и могут быть полезными при проектировании энергоэффективных зданий в различных регионах страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грановский, В.Л. Энергоэффективные здания – комплексное решение для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения / В.Л. Грановский // АВОК. – 2014. – № 4. – С. 20–28.
2. Табунщиков, Ю.А. Микроклимат и энергосбережение: пора менять приоритеты / Ю.А. Табунщиков // АВОК. – 2008. – № 5. – С. 4–11.
3. Вентиляция и кондиционирование многоквартирных зданий : [официальный сайт «Портал-энерго. Эффективное энергосбережение»]. – Условия доступа : <http://portal-energo.ru/articles/details/id/642>.
4. Балмазов, М.В. Энергосберегающие системы отопления, вентиляции и кондиционирования в квартирах многоэтажных зданий : [официальный сайт «Сантехника Отопление Кондиционирование (СОК)»] / М.В. Балмазов, О.Я. Кокорин. – Условия доступа : <http://www.c-o-k.ru/articles/energoberegayuschie-sistemy-otopleniya-ventilyacii-i-kondicionirovaniya-v-kvartirah-mnogoetazhnyh-zdaniy>.
5. Наумов, А.Л. Инженерные системы энергоэффективного жилого дома / А.Л. Наумов, И.А. Агафонова, Л.В. Иванихина // АВОК. – 2003. – № 8. – С. 6–11.
6. Бобровицкий, И.И. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых зданиях / И.И. Бобровицкий, Н.В. Шилкин // АВОК. – 2010. – № 3. – С. 16–27.
7. Табунщиков, Ю.А. Энергетически пассивный многоэтажный жилой дом / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // АВОК. – 2013. – № 1. – С. 14–23.
8. Малявина, Е.Г. Вентиляция жилых домов с теплым чердаком / Е.Г. Малявина, С.В. Бирюков, С.Н. Дианов // АВОК. – 2004. – № 3. – С. 14–19.
9. Прохоренко, А.П. Естественная вентиляция зданий с теплым чердаком / А.П. Прохоренко, О.А. Сизенко : [официальный сайт «Сантехника Отопление Кондиционирование (СОК)»]. – Условия доступа : <http://www.c-o-k.ru/articles/estestvennaya-ventilyaciya-zdaniy-s-teplym-cherdakom>.
10. Цветков, Н.А. Технические предложения систем вентиляции зданий системы «КУПАСС» / Н.А. Цветков, М.С. Левицкая // Строительство энергоэффективного полносборного жилья экономического класса: проблемы и решения: сборник научных трудов / под общ. ред. С.Н. Овсянникова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – С. 110–114.
11. Иванов, О.П. Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов : [официальный сайт «Электронный научный журнал. Холодильная техника и кондиционирование»] / О.П. Иванов, С.А. Тихомиров. – Условия доступа : <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/41.pdf>.

REFERENCES

1. *Granovsky V. L., Granovsky V. L.* Energoeffektivnye zdaniya – kompleksnoe reshenie dlya sistem otopeniya, ventilyatsii i goryachego vodosnabzheniya [Power effective buildings as integral decision for systems of heating, ventilation and hot water supply]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2014. No. 4. Pp. 20–28. (rus)
2. *Tabunshchikov Yu.A.* Mikroklimat i energosberezhenie: pora menyat' priority [Microclimate and energy saving: it's time to change priorities]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2008. No. 5. Pp. 4–11. (rus)
3. *Ventilyatsiya i konditsionirovanie mnogokvartirnykh zdaniy* [Ventilation and conditioning of multi-storey buildings]. Available at : <http://portal-energo.ru/articles/details/id/642/> (rus)
4. *Balmazov M. V., Kokorin O.Ya.* Energosberegayushchie sistemy otopeniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya v kvartirakh mnogoetazhnykh zdaniy [Energy saving systems of heating, ventilation and conditioning in multi-storey buildings]. Available at : www.c-o-k.ru/articles/energoberegayushchie-sistemy-otopeniya-ventilyatsii-i-konditsionirovaniya-v-kvartirah-mnogoetazhnykh-zdaniy/ (rus)
5. *Naumov A.L., Agafonova I.A., Ivanikhina L.V.* Inzhenernye sistemy energoeffektivnogo zhiлого дома [Engineering systems of energy-efficient residential building]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2003. No. 8. Pp. 6–11. (rus)
6. *Bobrovitsky I.I., Shilkin N. V.* Gibrinaya ventilyatsiya v mnogoetazhnykh zhilykh zdaniyakh [Hybrid ventilation in multi-storey buildings]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2010. No. 3. Pp. 16–27. (rus)
7. *Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M.* Energeticheski passivnyy mnogoetazhnyy zhiloy dom [Energetically passive multi-storey buildings]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2013. No. 1. Pp. 14–23. (rus)
8. *Malyavina E.G., Biryukov S. V., Dianov S. N.* Ventilyatsiya zhilykh domov s teplym cherdakom [Ventilation of houses with a warm attic]. *ABOK (Heating, Ventilation, Air Conditioning, District Heating, Building Physics Journal)*. 2004. No. 3. Pp. 14–19. (rus)
9. *Prokhorenko A.P., Sizenko O.A.* Estestvennaya ventilyatsiya zdaniy s teplym cherdakom [Natural ventilation of buildings with winterized attic floor]. Available at : www.c-o-k.ru/articles/estestvennaya-ventilyatsiya-zdaniy-s-teplym-cherdakom/ (rus)
10. *Tsvetkov N.A., Levitskaya M.S.* Tekhnicheskie predlozheniya sistem ventilyatsii zdaniy sistemy KUPASS [Technical improvement of ventilation systems in universal prefabricated antiseismic building system]. *Stroitel'stvo energoeffektivnogo polnosbornogo zhil'ya ekonomicheskogo klasa: problemy i resheniya*. Coll. Papers. Tomsk: TSUAB Publ., 2014. Pp. 110–114. (rus)
11. *Ivanov O.P., Tikhomirov S.A.* Analiz srokov okupaemosti plastinchatogo i rotornogo teploutil'izatorov. [Payoff period analysis of lamellar and rotor heat regenerator]. Available at : <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/41.pdf/> (rus)