



Оценка влияния различных факторов на энергетическую целесообразность теплоутилизации в системах механической вентиляции

В последнее время, в связи с увеличением объёмов и повышением качества строительства в России, значительно повышается потребность в выявлении факторов, оказывающих влияние на эффективность и целесообразность различных мероприятий по экономии энергии. Особую актуальность данный вопрос приобретает в последнее время, в связи с принятием Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ.

В связи с этим необходимо не только оценить реально достижимые пределы повышения класса энергосбережения зданий при реализации тех или иных решений по снижению энергопотребления, но и определить факторы, от которых наиболее существенно зависит целесообразность применения таких решений.

В условиях рыночной экономики одним из основных показателей является срок окупаемости дополнительных средств, затраченных на энергосбережение, поэтому при сравнении различных вариантов предпочтение должно отдаваться мероприятиям, обеспечивающим наи-

меньшую величину этого срока [1, 2]. Если при этом опираться на знание факторов, влияющих на энергетическую эффективность данных мероприятий, появляется возможность не только снизить затраты на стадии проектирования и увеличить скорость разработки проектов, но также, что немаловажно, достичь наиболее качественного итога работы. Это достаточно очевидно, поскольку при таком подходе значительно сужается начальный круг поиска вариантов ещё на стадии принятия предварительных решений.

Одним из основных показателей является срок окупаемости дополнительных средств, затраченных на энергосбережение, поэтому при сравнении различных вариантов предпочтение должно отдаваться мероприятиям, обеспечивающим наименьшую величину этого срока. При должном подходе имеется возможность не только снизить затраты на стадии проектирования и увеличить скорость разработки проектов

УДК 697.1

Оценка влияния различных факторов на энергетическую целесообразность теплоутилизации в системах механической вентиляции

О.Д. Самарин, к.т.н., доцент; Н.И. Бызов, магистрант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Рассмотрена существующая ситуация с нормированием энергопотребления общественных зданий в России и перечислены основные направления государственной политики по его снижению. Изложены основы отечественных и зарубежных предложений по сокращению энергозатрат при строительстве и эксплуатации гражданских и промышленных объектов различного назначения, а также отмечены их достоинства и недостатки. Проведена оценка влияния климатических параметров района строительства, геометрических характеристик здания и особенностей их теплового режима на уровень энергосбережения за счёт утилизации теплоты вытяжного воздуха в системах механической вентиляции и дан анализ полученных результатов. Показано, что основное влияние на эффективность теплоутилизации оказывает удельная характеристика бытовых тепловыделений и в меньшей степени — уровень компенсации теплопотерь теплопоступлениями, а геометрические и климатические параметры существенного значения не имеют.

Ключевые слова: энергосбережение, эффективность, теплоутилизация, энергозатраты, теплопоступления, корреляция

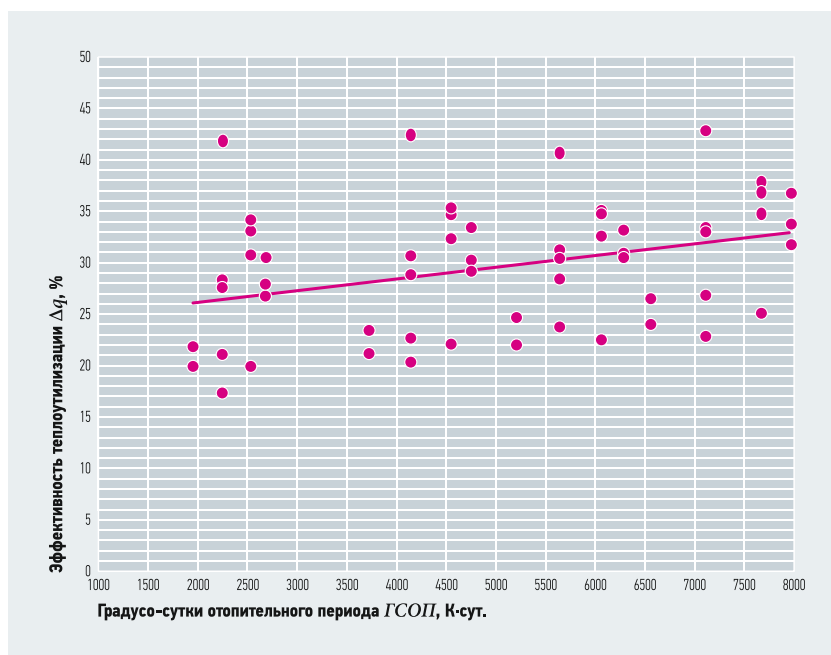
UDC 697.1

Estimation of influence of different factors on energy expediency of heat recovery in mechanic ventilating systems

O. D. Samarin, PhD, Associate Professor; N. Y. Byzov, graduate student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NR MSUCE)

The existing situation of standardization of energy consumption of public buildings in Russia and listed the main directions of state policy are considered. The fundamentals of domestic and foreign proposals for reducing energy consumption during the construction and operation of civil and industrial facilities for various purposes are presented, and their advantages and disadvantages are noted. Estimation of the influence of climatic parameters of construction area, the geometric characteristics of the building and features of their thermal regime on the level of energy saving by the heat recovery of exhaust air in systems of mechanical ventilation is carried out and the analysis of the obtained results is given. It is shown that the specific characteristics of internal heat ingress and, in smaller grade, the level of compensation of heat loss with heat gain have the main influence on the efficiency of heat recovery, and geometrical and climatic parameters have no significance.

Keywords: energy saving, efficiency, heat recovery, energy consumption, heat ingress, correlation.



■ Рис. 1. Зависимость относительной эффективности теплоутилизации от ГСОП

Различные способы энергосбережения в гражданских зданиях и их сравнительная эффективность рассматривались в работах различных авторов, как отечественных, так и зарубежных [1–8]. Говоря конкретно об утилизации теплоты вытяжного воздуха в системах механической вентиляции общественных зданий, при определении влияющих на её эффективность факторов целесообразно начать с установления зависимости относительного снижения энергопотребления от градусо-суток отопительного периода (ГСОП). Это комплексный параметр, характеризующий суровость климата в рассматриваемом районе строительства. По требованиям СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» (далее СП 50) от величины ГСОП зависит уровень теплозащиты ограждающих конструкций. Кроме того, с ГСОП косвенно связана и величина теплопоступлений в здание [1].

Это можно объяснить так: там, где ГСОП меньше, как правило, как это ни парадоксально, оказываются ниже и суммарные теплопоступления от солнечной радиации и бытовые, в основном из-за меньшей продолжительности отопительного периода. В то же время сопротивление теплопередаче ограждений R_o [(м²·К)/Вт], в соответствии с СП 50, в таких районах тоже сокращаются, поэтому увеличивается относительная доля трансмиссионных теплопотерь в общем энергетическом балансе здания.

Из-за совместного действия этих двух факторов в зонах с более тёплым климатом относительный вклад энергозатрат на вентиляцию должен быть меньше, а значит, будет ниже и энергетический эффект от теплоутилизации. При более высоких ГСОП предполагается обратная картина.

В работе были проведены расчёты для 14-ти общественных зданий различного размера и этажности по типовым проектам с использованием методики оценки удельных энергозатрат и класса энергосбережения по Приложению Г СП 50. Параметры наружного климата принимались по СП 131.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-01–99* «Строительная климатология» для условий Краснодара, Москвы, Омска и Магадана как городов с существенно отличающейся величиной ГСОП, а средняя по зданию температура внутреннего воздуха — по ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». Предварительные оценки для исследованной совокупности зданий в климатических условиях Москвы были опубликованы в работе [9].

Для большей наглядности и понимания получаемой при этом зависимости был построен показанный на рис. 1 график влияния ГСОП на эффективность теплоутилизации Δq [%], понимаемую как относительное снижение энергопотребления объекта, за счёт использования теплоты вытяжного воздуха.

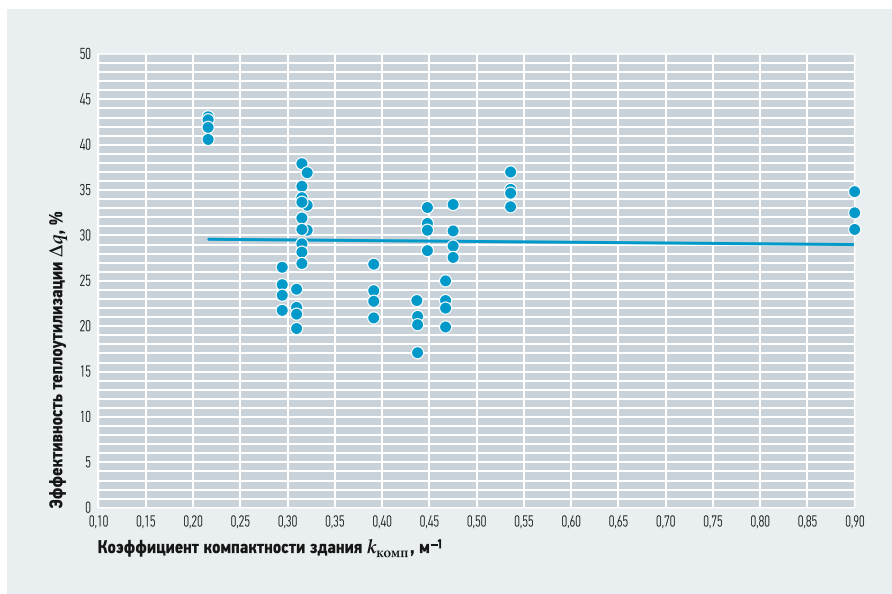


Рис. 2. Зависимость относительной эффективности теплоутилизации от величины $k_{\text{комп}}$

Нетрудно заметить, что статистически существенной корреляционной зависимости в данном случае не получается, и коэффициент корреляции составляет только 0,34, из чего можно сделать вывод, что в данном случае ГСОП на эффективность практически не влияет. Объяснить это можно, по-видимому, тем, что воздухообмен определяется в первую очередь назначением и размерами здания и от района строительства не зависит, в отличие, как было уже отмечено, от уровня теплозащиты ограждений и теплопоступлений, а изменение двух последних характеристик взаимно компенсируется. Поэтому теперь целесообразно попытаться выявить зависимость рассматриваемого параметра от других характеристик здания, и в первую очередь от коэффициента

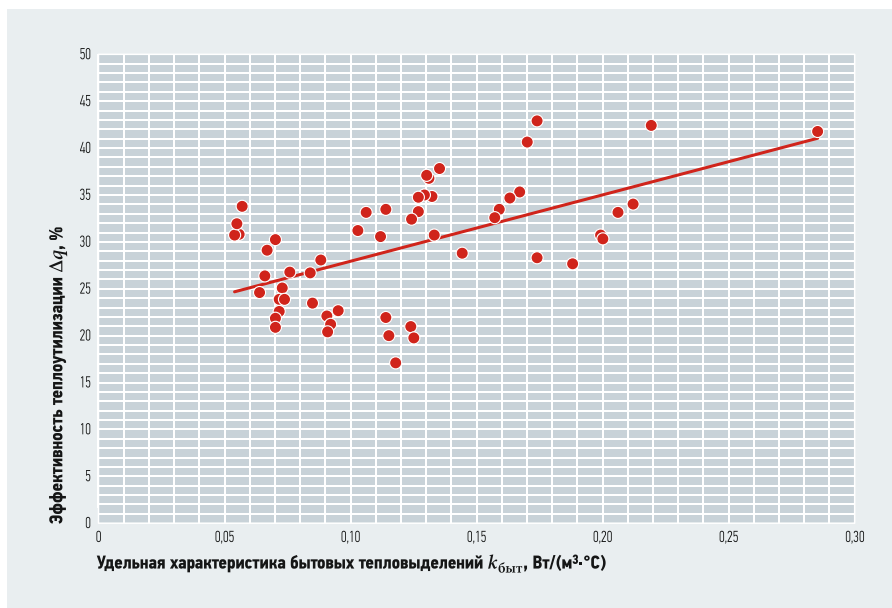
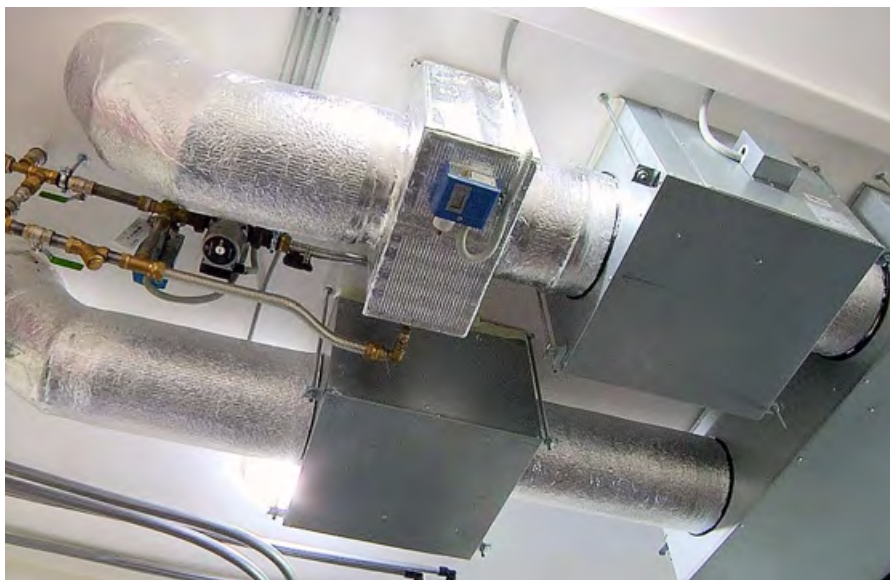


Рис. 3. Зависимость относительной эффективности теплоутилизации от величины $k_{\text{быт}}$

Результаты исследования убедительно показывают, что эффективность применения теплоутилизации в общественных зданиях зависит не столько от климатических характеристик района строительства и конструктивных параметров здания, сколько от его назначения и технологической или функциональной загрузки, и прежде всего от влияния бытовых теплопоступлений. Данные выводы необходимо учитывать при принятии основных решений по снижению энергопотребления в зданиях. В дальнейшем предполагается расширить проведённый анализ с привлечением технико-экономических показателей

компактности здания $k_{\text{комп}}$, м^{-1} . Соответствующее поле корреляции представлено на рис. 2.

Легко видеть, что коэффициент компактности совсем не влияет на эффективность, о чем свидетельствует величина коэффициента корреляции, равная всего $-0,02$, по той же причине, что и ГСОП — поскольку уровень $k_{\text{комп}}$ по определению равно отношению суммарной площади наружных ограждений к отапливаемому объёму здания, влияет не на воздухообмен, а на трансмиссионные теплопотери и теплопоступления. Однако после сортировки полученных в результате расчёта данных можно предположить, что эффективность теплоутилизации будет скорее связана со степенью покрытия теплопотерь внутренними тепловыделениями здания. Поэтому рассмотрим зависимость эффективности



теплоутилизации от удельной характеристики бытовых тепловыделений $k_{\text{быт}}$, Вт/(м³·°C). Расчётное поле корреляции для этого случая показано на рис. 3.

В данном случае наличие зависимости не вызывает сомнений, коэффициент корреляции составляет 0,56.

Линейная аппроксимация на основе регрессионного анализа позволяет записать следующее выражение:

$$\Delta q = 70 k_{\text{быт}} + 21. \quad (1)$$

Объяснить обнаруженную взаимосвязь можно тем, что с ростом теплопоступлений сокращается расходная часть теплового баланса здания, то есть разность между теплопотерями и теплопоступлениями, которая находится в знаменателе выражения при вычислении Δq . Для дальнейшего развития выявленной тенденции построим также график

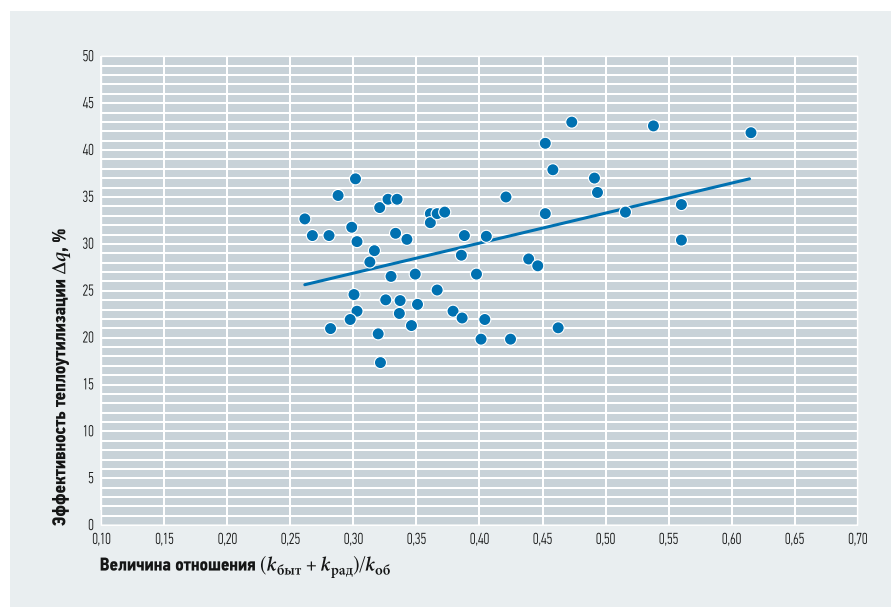


Рис. 4. Зависимость относительной эффективности теплоутилизации от степени компенсации теплотерь теплопоступлениями

зависимости величины Δq от степени компенсации теплотерь здания внутренними теплопоступлениями, то есть от отношения $(k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}})/k_{\text{об}}$, где $k_{\text{об}}$ — соответственно удельная теплозащитная характеристика здания и удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C). Результаты приведены на рис. 4.

Несложно отметить, что, если учитывать ещё теплопоступления от солнечной радиации, то корреляция оказывается более слабой (коэффициент 0,41), чем при рассмотрении только бытовых теплопоступлений. По-видимому, это можно объяснить тем же обстоятельством, что и практическое отсутствие влияния на Δq параметра ГСОП. В первую очередь здесь можно отметить, что зависимость солнечной радиации от ГСОП частично выравнивает обнаруженный эффект влияния бытовых теплопоступлений на эффективность.

Таким образом, результаты исследования убедительно показывают, что эффективность применения теплоутилизации в общественных зданиях зависит не столько от климатических характеристик района строительства и конструктивных параметров здания, сколько от его назначения и технологической или функциональной загрузки, и прежде всего от влияния бытовых теплопоступлений. Данные выводы необходимо учитывать при принятии основных решений по снижению энергопотребления в зданиях. В дальнейшем предполагается расширить проведённый анализ с привлечением технико-экономических показателей и получить дополнительное обоснование полученных рекомендаций.

1. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. — М.: Изд-во «АСВ». 2014. 296 с.
2. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. — М.: АВОК-Пресс. 2005. 120 с.
3. Feist W. Das Niedrigenergiehaus. 4. Auflage. Heidelberg. C.F. Müller Verlag. 1997. 144 p.
4. Allan Hani, Teet-Andrus Koiv. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings. Smart Grid and Renewable Energy. Vol. 3. No. 3. 2012. Pp. 231–238.
5. Halawa E., J. van Hoof. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. Energy and Buildings. 2012. Vol. 51. Pp. 101–110.
6. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. 2013. №6. С. 7–9.
7. Рымаров А.Г., Савичев В.В. Особенности работы регенеративной системы вентиляции административного здания // Вестник МГСУ. 2013. №3. С. 174–177.
8. Лавинский П.А. Москва — энергоэффективная столица России // Энергосбережение. 2016. №8. С. 16–23.
9. Самарин О.Д., Бызов Н.И. Возможности повышения класса энергосбережения общественных зданий за счёт теплоутилизации в системах вентиляции // Журнал С.О.К. 2017. №3. С. 72–75.

References — see p. 95.

Estimation of influence of different factors on energy expediency of heat recovery in mechanic ventilating systems. Pp. 56–59.

O.D. Samarin, PhD, Associate Professor; N.Y. Byzov, graduate student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NR MSUCE)

1. Samarin O.D. Teplofizika. Energoberezheniye. Energoeffektivnost' [Thermal physics. Energy saving. Energy efficiency]. Moscow: Izdatel'stvo ASV [ASV Publishers]. 2014. 296 p.
2. Dmitriyev A.N., Tabunshchikov Yu.A., Kovalyov I.N., Shilkin N.V. Rukovodstvo po ocenke ekonomicheskoy effektivnosti investitsiy v energosberegayushchiye meropriyatiya [Manual according to an economic efficiency of the investments in energy saving measures]. Moscow: Izdatel'stvo AVOK-Press [AVOK-Press Publishers]. 2005. 120 p.
3. W. Feist. Das Niedrigenergiehaus. 4. Auflage. Heidelberg: C.F. Müller Verlag. 1997. 144 p.
4. Allan Hani, Teet-Andrus Koiv. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings. Smart Grid and Renewable Energy. Vol. 3. No. 3. 2012. Pp. 231–238.
5. Halawa E., J. van Hoof. The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. Energy and Buildings. 2012. Vol. 51. Pp. 101–110.
6. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaya ocenka energoeffektivnosti energosberegayushchikh meropriyatiy [Quantitative estimation of energy efficiency of energy saving measures]. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2013. No. 6. Pp. 7–9.
7. Rymarov A.G., Savichev V.V. Osobennosti raboty regenerativnoy sistemy ventilyacii administrativnogo zdaniya [Features of operation of the regenerative ventilating system of the administrative building]. Vestnik MGSU [Papers of the MSUCE]. 2013. No. 3. Pp. 174–177.
8. Lavinsky P.A. Moskva — energoeffektivnaya stolitsa Rossii [Moscow is the energy effective capital of Russia]. Energoberezheniye [Energy saving]. 2016. No. 8. Pp. 16–23.
9. Samarin O.D., Byzov N.I. Vozmozhnosti povysheniya klassa energosberezheniya obshchestvennykh zdaniy za schet teploutilizacii v sistemakh ventilyacii [Possibilities of increase the energy saving class of public buildings by the heat recovery in ventilating systems]. Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation.]. 2017. No. 3. Pp. 72–75.