

УДК 697.9

Повышение энергоэффективности систем кондиционирования с учетом фактора реальных теплоощущений

А. П. АЛЕКСАНДРОВ¹, В. В. БЕЛЯЕВ², канд. техн. наук А. А. НИКИТИН³, В. А. НИКИТИНА⁴

¹apalexandrov.ru@gmail.com, ²marese@yandex.ru, ³aanikitin@itmo.ru, ⁴veronika97nikitina@gmail.com

Университет ИТМО

По результатам анализа баз данных опросов обитателей жилых помещений в различных климатических регионах установлено, что теплоощущения в помещениях разных классов комфортности отличаются незначительно вследствие адаптационных механизмов организма. Определены диапазоны температуры воздуха помещений разных классов комфортности для характерных показателей метаболизма и теплоизоляции одежды. Выполнен расчет снижения энергопотребления при изменении уставок системы терморегулирования от высокого класса комфортности к более низкому для условий различных климатических зон. Установлено, что при переходе с класса А на класс С достигается наибольшая экономия энергии без ущерба тепловому комфорту людей в помещении. В холодном климате наибольшая экономия энергии происходит за счет экономии на нагреве внутреннего воздуха помещения. В жарком климате наибольшая экономия энергии происходит за счет экономии на охлаждении внутреннего воздуха помещения.

Ключевые слова: системы кондиционирования, энергоэффективность, классы помещений, индексы теплового комфорта, климатические зоны.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 13.04.2024, одобрена после рецензирования 26.04.2024, принята к печати 07.05.2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-36-42

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Александров А. П., Беляев В. В., Никитин А. А., Никитина В. А. Повышение энергоэффективности систем кондиционирования с учетом фактора реальных теплоощущений // Вестник Международной академии холода. 2024. № 2. С. 36–42. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-36-42.

Increasing the energy efficiency of air conditioning systems taking into account the factor of real warmth index

A. P. ALEXANDROV¹, V. V. BELYAEV², Ph. D. A. A. NIKITIN³, V. A. NIKITINA⁴

¹apalexandrov.ru@gmail.com, ²marese@yandex.ru, ³aanikitin@itmo.ru, ⁴veronika97nikitina@gmail.com

ITMO University

Based on the analysis of the surveys among the inhabitants of residential premises in various climatic regions, it was established that the warmth index in rooms of various comfort classes varies slightly due to the adaptive mechanisms of the body. Ranges of air temperature in the rooms of various comfort classes for characteristic indicators of metabolism and thermal insulation of clothing have been determined. A calculation has been made to reduce energy consumption when changing the settings of the thermal control system from a high comfort class to a lower one for the conditions of different climatic zones. It has been established that when moving from class A to class C, the greatest energy savings are achieved without compromising the thermal comfort of people in the room. In cold climates, maximum energy saving comes from cost-effectiveness of heating an indoor air. In hot climates, maximum energy saving comes from cost-effectiveness of indoor air cooling.

Keywords: air conditioning system, energy efficiency, classes of building spaces, thermal comfort index, climatic zones.

Article info:

Received 13/04/2024, approved after reviewing 26/04/2024, accepted 07/05/2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-36-42

Article in Russian

For citation:

Alexandrov A. P., Belyaev V. V., Nikitin A. A., Nikitina V. A. Increasing the energy efficiency of air conditioning systems taking into account the factor of real warmth index. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2024. No 2. p. 36-42. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-2-36-42

Введение

Тепловой комфорт является, вероятно, самым важным и легко определяемым параметром качества внутренней среды. Для того чтобы люди могли работать в полную силу, их рабочее пространство должно быть термически комфортным. Однако тепловой комфорт основан на тепловой адаптации отдельного обитателя, которая коррелирует с такими факторами, как географическое положение и климат, время года, пол, раса и возраст [1]. Тепловой комфорт напрямую влияет на энергопотребление любого здания, поскольку любое ощущение дискомфорта обитателями приводит к настройке регуляторов микроклимата на неоптимальные уровни [2, 3]. Расположение и типология здания, а также климат и сезон на улице также влияют на тепловой комфорт [4]–[6]. Восприятие комфорта варьируется от одного обитателя к другому и также зависит от культурных особенностей [7]. Окончательная тепловая адаптация обитателей к окружающей среде и их восприятие комфорта определяются тремя факторами: поведенческой адаптацией, физиологической адаптацией и психологической привычкой или ожиданием как описано в [8]. Существуют довольно устоявшиеся методы измерения теплового комфорта.

Такие показатели, как прогнозируемый средний голос (PMV) и прогнозируемый процент недовольных (PPD), довольно распространены и широко используются проектировщиками во всем мире [9]. Модель PMV широко используется в зданиях с системами ОВКВ в холодном и теплом климате как летом, так и зимой. Однако она также может применяться в зданиях без кондиционеров в теплом климате с использованием коэффициента ожидания [10]. Физическая адаптация к окружающей среде и проектирование зданий для тепловой комфортности должны рассматриваться на стадии проектирования, так как изменение конструкции после строительства является неэффективным и дорогостоящим [11].

В работе [12] приведены результаты моделирования экономии энергопотребления при изменении уставки регулятора охлаждения с 24 °C на 25, 26 и 28 °C, при фиксированной уставке регулятора отопления 21,5 °C.

Аналогично приведены результаты моделирования при изменении уставки регулятора отопления с 21,5 °C на 20,5 °C, 19,5 °C, 18,5 °C и 17,5 °C при фиксированной уставке регулятора охлаждения 24 °C (рис. 1). Установлено, что увеличение температурного диапазона снижает энергопотребление за счет уменьшения нагрузки на охлаждение и отопления за счет двух причин. Во-первых,

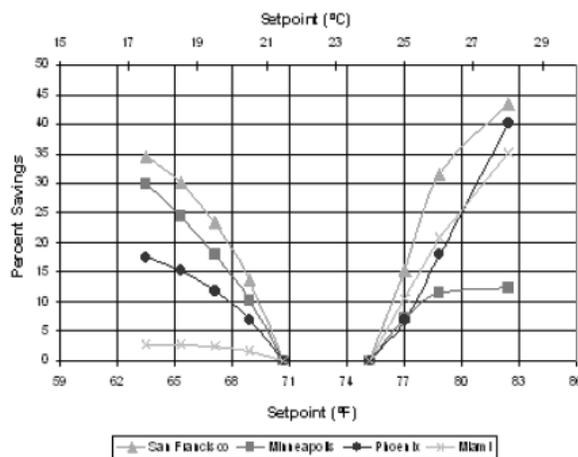


Рис. 1 Расчетная экономия энергии при расширении диапазона регулирования температуры

Fig 1. Estimated energy savings when extending temperature control range

вследствие уменьшения времени режимов отопления и охлаждения, а во-вторых, вследствие уменьшения перепада внутренней и наружной температуры. Установлено, что экономия составляет около 10 % на каждый градус Цельсия увеличения или уменьшения заданного значения.

В работе [13] с помощью параметрического моделирования демонстрируется величина экономии энергии при повышении уставки регулятора охлаждения и понижении уставки регулятора отопления в нескольких климатических зонах.

Основанием для выполнения исследований, описанных в данной статье, являются материалы публикации [14]. В этой работе выполнен анализ трех баз данных по удовлетворенности людей в зданиях для изучения приемлемости трех классов температурных диапазонов, используемых в настоящее время в ISO и европейских стандартах и предлагаемых для стандарта ASHRAE. Эти классы обозначаются как А, В и С, или категории I, II и III, характеристики которых идентичны. Анализ результатов полевых исследований, приведенных на рис. 2–4, показывает, что показатели удовлетворенности тепловым комфортом для различных классов помещений отличаются незначительно. С учетом того, что энергопотребление систем кондиционирования, обеспечивающих требования по классам А, В и С существенно снижается с понижением класса, в данном исследовании поставлена задача определения экономии энергии при переходе от класса А к классам В и С.

Office Rating	PMV Range	Townsville Summer Wet Season	Townsville Summer Dry Season	Kalgoorlie-Boulder Summer Season	Kalgoorlie-Boulder Winter Season	Montreal Summer Season	Montreal Winter Season
Class A	±0.2	74.4% accept (n=160)	84.2% accept (n=203)	88.9% accept (n=163)	86.7% accept (n=166)	81.2% accept (n=129)	86.3% accept (n=102)
Class B	±0.5	77.5% accept (n=346)	81.0% accept (n=394)	87.8% accept (n=320)	84.5% accept (n=373)	84.2% accept (n=272)	86.0% accept (n=250)
Class C	±0.7	77.2% accept (n=425)	79.2% accept (n=476)	88.3% accept (n=393)	84.3% accept (n=452)	84.4% accept (n=333)	86.0% accept (n=321)

Рис. 2. Показатели удовлетворенности тепловым комфортом [14]

Fig 2. Indicators of satisfaction with thermal comfort [14]

PMV Range	N	% voting in central 3 categories of ASHRAE scale (\pm std error)	% comfortable overall comfort ≥ 4
$-0.2 < PMV < 0.2$	966	87.2 ± 1.1	80.0 ± 1.3
$-0.5 < PMV < 0.5$	2210	87.9 ± 0.7	78.6 ± 0.9
$-0.7 < PMV < 0.7$	2902	87.3 ± 0.6	78.2 ± 0.7

Рис. 3. Показатели удовлетворенности тепловым комфортом [14]

Fig 3. Indicators of satisfaction with thermal comfort [14]

PMV Range	Sample Size (inclusive)	Thermal Acceptability (\pm std error)	Want warmer	No change	Want cooler
± 0.2	721	$89.0\% \pm 1.2\%$	9.9%	62.9%	27.2%
± 0.5	1427	$87.3\% \pm 0.9\%$	10.4%	61.7%	28.5%
± 0.7	1686	$86.2\% \pm 0.8\%$	10.7%	59.3%	29.9%

Рис. 4. Показатели удовлетворенности тепловым комфортом [14]

Fig 4. Indicators of satisfaction with thermal comfort [14]

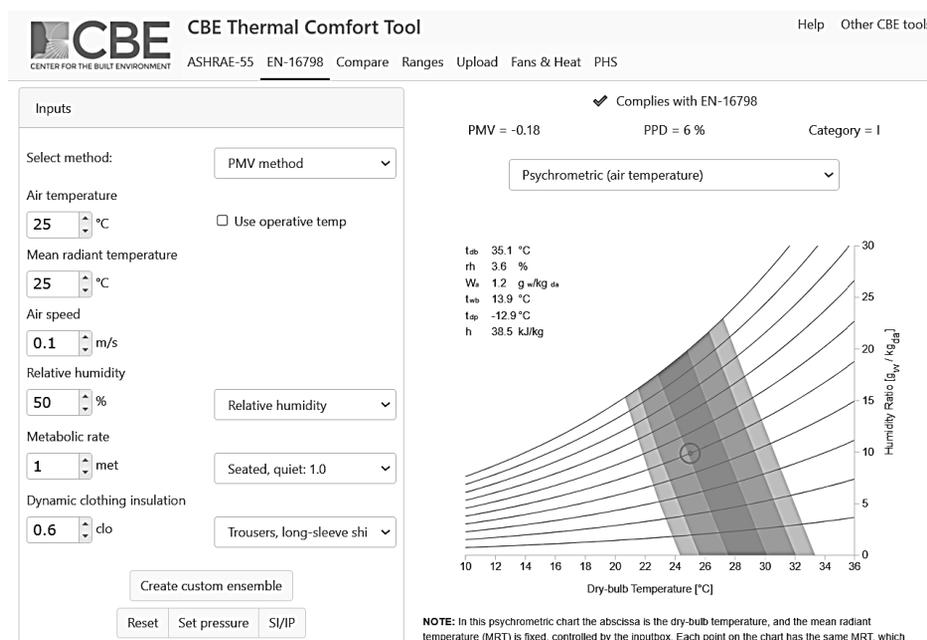


Рис. 5. Инструмент «CBE Thermal Comfort Tool» [15]

Fig 5. «CBE Thermal Comfort Tool» software [15]

Определение температурных границ классов комфортности

Границы классов комфортности определяются исходя из следующих значений PMV:

- для класса А от $-0,2$ до $0,2$;
- для класса В от $-0,5$ до $0,5$;
- для класса С от $-0,7$ до $0,7$.

Расчеты температурных диапазонов для этих классов комфортности выполнены с использованием калькулятора комфорта «CBE Thermal Comfort Tool» [15]. Пример интерфейса данной программ приведен на рис. 5.

В качестве исходных данных были приняты: скорость воздуха $0,1$ м/с и относительная влажность воздуха 50% , скорость метаболизма: $1; 1,1; 1,2$ met.

Расчет производился для холодного климата для города Анкоридж, для умеренного для города Денвер и для жаркого климата для города Сан-Франциско. Наиболее соответствующие по климатическим показателям города РФ установлены с помощью инструмента «Weather Spark» [16], ими являются г. Петрозаводск, г. Волгоград и г. Сочи, соответственно.

Результаты расчетов сведены в табл. 1–3.

Определение экономии энергии при переходе на класс ниже

Для определения экономии на нагрев и охлаждение воздуха использовался инструмент «CBE Setpoint Savings Calculator» [17], на рис. 6 представлен пример интерфейса программы.

Результаты расчетов сведены в табл. 4, 5 — для холодного климата; табл. 6, 7 — для умеренного климата; табл. 8, 9 — для жаркого климата. Графическое представление данной информации показано на рис. 7–12. Для жаркого климата для города Сан-Франциско (Сочи) — табл. 4, рис. 7, табл. 5, рис. 8, соответственно.

Для умеренного климата для города Денвер (Волгоград) — табл. 6, рис. 9, табл. 7, рис. 10, соответственно.

Для холодного климата для города Анкоридж (Петрозаводск) — табл. 8, рис. 11, табл. 9, рис. 12, соответственно.

Заключение

По результатам анализа баз данных опросов жителей жилых помещений в различных климатических регионах установлено, что теплоощущения в помещени-

Таблица 1

Температурные диапазоны классов в жарком климате

Table 1

Temperature ranges of classes in hot climates

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
Класс А			
0,6	24,92–26,10	24,45–25,70	23,95–25,29
0,8	23,74–25,03	23,15–24,58	22,55–24,10
1,0	22,55–24,00	21,88–23,50	21,20–22,94
Класс В			
0,6	24,07–26,95	23,50–26,63	22,92–26,29
0,8	22,73–26,01	22,07–25,64	21,38–25,25
1,0	21,44–25,11	20,67–24,67	19,87–24,23
Класс С			
0,6	23,48–27,51	22,87–27,25	22,23–26,96
0,8	22,07–26,66	21,34–26,35	20,59–26,01
1,0	20,68–25,82	19,85–25,47	18,98–25,09

Таблица 2

Температурные диапазоны классов в умеренном климате

Table 2

Temperature ranges of classes in moderate climates

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
Класс А			
0,8	23,74–25,03	23,15–24,58	22,55–24,10
1,0	22,55–24,00	21,88–23,50	21,20–22,94
1,2	21,38–22,99	20,63–22,40	19,85–21,79
Класс В			
0,8	22,73–26,01	22,07–25,64	21,38–25,25
1,0	21,44–25,11	20,68–24,67	19,87–24,23
1,2	20,14–24,20	19,27–23,73	18,39–23,23
Класс С			
0,8	22,07–26,66	21,34–26,35	20,59–26,01
1,0	20,68–25,82	19,85–25,47	18,98–25,09
1,2	19,31–25,00	18,36–24,60	17,39–24,18

Таблица 3

Температурные диапазоны классов в холодном климате

Table 3

Temperature ranges of classes in cold climate

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
Класс А			
1,0	22,55–24,00	21,88–23,50	21,20–22,94
1,2	21,38–22,99	20,63–22,40	19,85–21,79
1,4	20,24–22,00	19,40–21,35	18,54–20,67
Класс В			
1,0	21,44–25,11	20,68–24,67	19,87–24,23
1,2	20,14–24,20	19,27–23,73	18,39–23,23
1,4	18,88–23,33	17,91–22,80	16,91–22,25
Класс С			
1,0	20,68–25,82	19,85–25,47	18,98–25,09
1,2	19,31–25,00	18,36–24,60	17,39–24,18
1,4	17,97–24,20	16,91–23,76	15,82–23,30

Таблица 4

Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Table 4

Energy savings when moving from class A to class B, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
0,6	8,1	8,8	10,6
0,8	10,1	11,8	12,5
1,0	12,0	15,8	21,7

Таблица 5

Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Table 5

Energy savings when moving from class A to class C, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
0,6	13,6	15,0	16,3
0,8	16,5	18,1	22,8
1,0	22,0	28,1	34,1

CBE Setpoint Savings Calculator

Select a US state:

Select a city:

Anchorage County, ASHRAE climate zone 7.

Starting temperature setpoint range
64°F 86°F

Modified temperature setpoint range
64°F 86°F

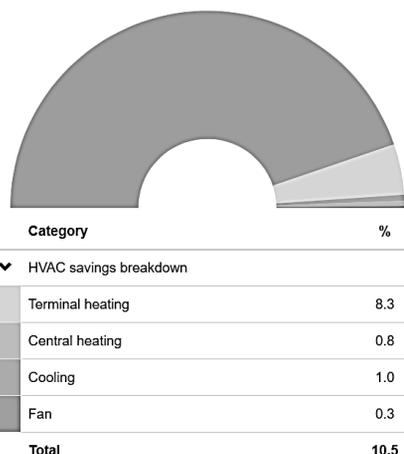


Рис. 6. Инструмент «CBE Setpoint Savings Calculator»

Fig 6. «CBE Setpoint Savings Calculator» software

Таблица 6

Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Table 6

Energy savings when moving from class A to class B, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
0,8	8,4	9,9	10,4
1,0	10,0	13,4	18,7
1,2	16,8	17,6	13,0

Таблица 8

Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Table 8

Energy savings when moving from class A to class B, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
1,0	8,6	11,3	15,3
1,2	13,7	13,5	9,9
1,4	10,6	7,1	2,8

Таблица 7

Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Table 7

Energy savings when moving from class A to class C, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
0,8	13,7	15,2	19,3
1,0	18,7	24,2	29,8
1,2	27,2	28,7	23,1

Таблица 9

Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Table 9

Energy savings when moving from class A to class C, %

Теплоизоляция одежды, clo	Скорость метаболизма, met		
	1,0	1,1	1,2
1,0	16,0	20,9	25,3
1,2	23,0	23,3	18,3
1,4	19,9	13,5	6,6

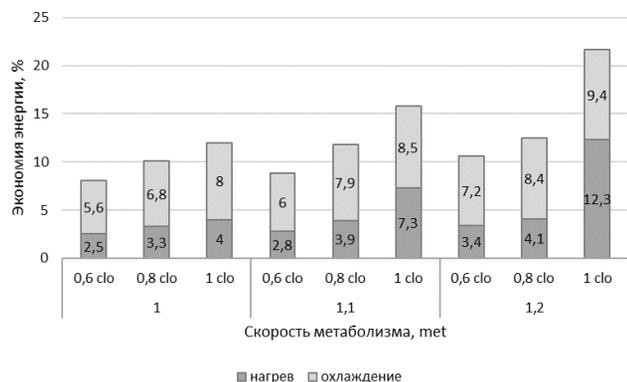


Рис. 7. Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Fig 7. Energy savings when moving from class A to class B, %

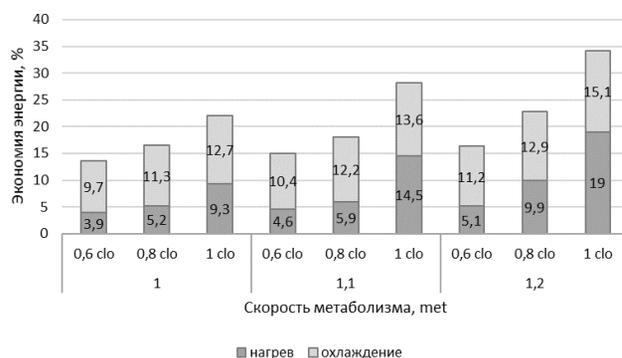


Рис. 8. Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Fig 8. Energy savings when moving from class A to class C, %

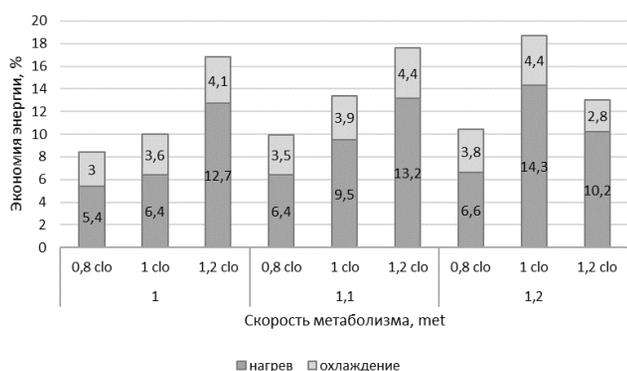


Рис. 9. Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Fig 9. Energy savings when moving from class A to class B, %

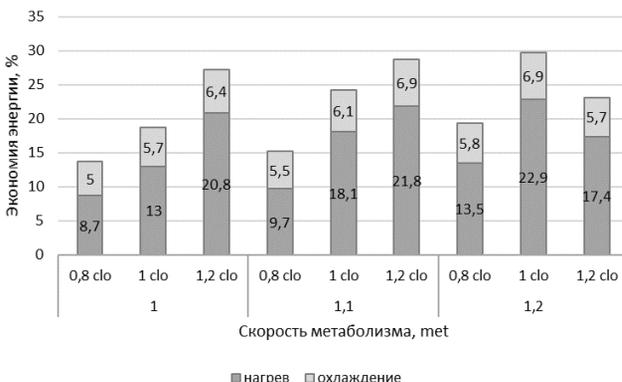


Рис. 10. Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Fig 10. Energy savings when moving from class A to class C, %

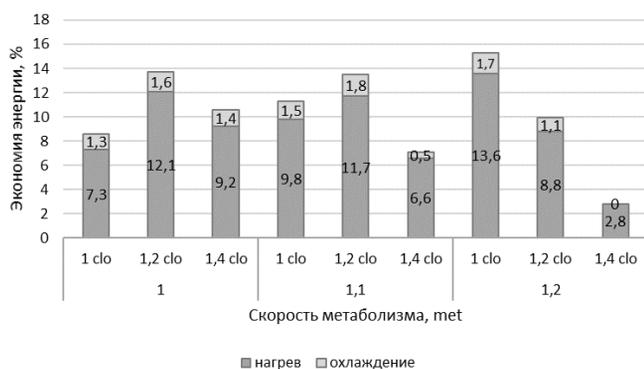


Рис. 11. Экономия энергии при переходе с класса А на класс В, %

Fig 11. Energy savings when moving from class A to class B, %

ях разных классов комфортности отличаются незначительно вследствие адаптационных механизмов организма. При переходе с класса А на класс С достигается наибольшая экономия энергии без ущерба тепловому комфорту людей в помещении. В холодном климате наибольшая экономия энергии происходит за счет экономии на нагреве внутреннего воздуха помещения. В жарком климате наибольшая экономия энергии происходит за счет экономии на охлаждении внутреннего воздуха помещения.

Наибольшая экономия энергии на нагрев помещений составляет в среднем 17 % для условий холодного климата при переходе с класса комфортности А на класс С. Наибольшая экономия энергии на охлаждение помещений составляет в среднем 12 % для условий жаркого климата при переходе с класса комфортности А на класс С.

Литература/References

1. Quang T. N. et al. Co-optimisation of indoor environmental quality and energy consumption within urban office buildings. *Energy and Buildings*. 2014. vol. 85. p. 225–234.
2. Catalina T., Iordache V. IEQ assessment on schools in the design stage. *Build. Environ*. 2012. Vol. 49, p. 129–140.
3. Corgnati S. P., Ansaldo R., Filippi M. Thermal comfort in italian classrooms under free running conditions during mid seasons: assessment through objective and subjective approaches. *Build. Environ*. 2009. Vol. 44 (4), p. 785–792.
4. Nicol J. F., Humphreys M. A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy Build*. 2002. Vol. 34 (6), p. 563–572.
5. Frontczak M., Wargocki P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Build. Environ*. 2011. 46 (4), p. 922–937.
6. Сулин А. Б., Муравейников С. С., Никитин А. А. Расширение диапазона уставки температуры систем кондиционирования с учетом фактора реальных теплоощущений. // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. Материалы XXI Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РААСН

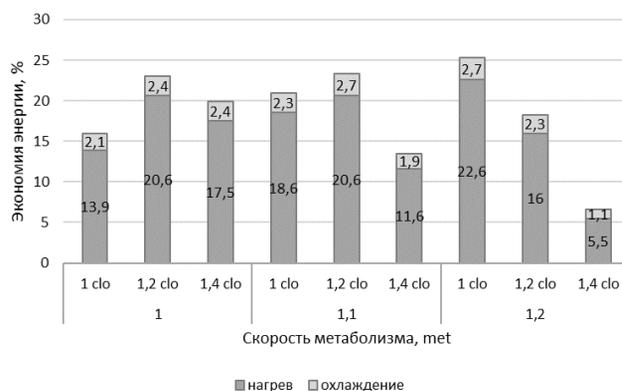


Рис. 12. Экономия энергии при переходе с класса А на класс С, %

Fig 12. Energy savings when moving from class A to class C, %

В. Н. Богословск-Волгоград, 2023. С. 81–87. [Sulin A. B., Muraveynikov S. S., Nikitin A. A. Expansion of the temperature setting range of air conditioning systems, taking into account the factor of real heat sensations. *The quality of the indoor air and the environment*. Materials of the XXI International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician of the Russian Academy of Sciences V. N. Bogoslovsk-Volgograd, 2023. pp. 81–87. (in Russian)]

7. Lovins A. Air-Conditioning Comfort: Behavioral and Cultural Issues. 1992.
8. Nikolopoulou M., Steemers K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy Build*. 2003. Vol. 35 (1), p. 95–101.
9. Papadopoulos A., Oxizidis S., Papandritsas G. Energy, economic and environmental performance of heating systems in Greek buildings. *Energy Build*. 2008. Vol. 40 (3), p. 224–230.
10. Fanger P. O., Toftum J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy and buildings*. 2002. vol. 34. no. 6. p. 533–536.
11. Indraganti M. et al. Adaptive model of thermal comfort for offices in hot and humid climates of India. *Building and Environment*. 2014. vol. 74. p. 39–53.
12. Hoyt T., Ho Lee K., Zhang H., Arens E., Webster T. Energy savings from extended air temperature setpoints and reductions in room air mixing. Center for the Built Environment, University of California at Berkeley, USA. 2009.
13. Hoyt T., Arens E., Zhang H. Extending air temperature setpoints: simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings. Center for the Built Environment, University of California at Berkeley, USA. 2014.
14. Arens E. et al. Are 'class A' temperature requirements realistic or desirable? *Building and Environment*. 2010. vol. 45. No 1. p. 4–10.
15. CBE Thermal Comfort Tool. [Electronic resource]: Access mode: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/EN>.
16. Weather Spark. [Electronic resource]: Access mode: <http://weatherspark.com>
17. CBE Setpoint Savings Calculator. [Electronic resource]: Access mode: <http://energy-calc-2wmjqatpa-uc.a.run.app/>

Сведения об авторах

Александров Александр Павлович

Аспирант образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, apalexandrov.ru@gmail.com

Беляев Владислав Вадимович

Аспирант образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, marese@yandex.ru

Никитин Андрей Алексеевич

К. т. н., доцент образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, aanikitin@itmo.ru

Никитина Вероника Александровна

Аспирант, ассистент образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы» Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, veronika97nikitina@gmail.com

Information about authors

Alexandrov Aleksandr P.

Graduate student of Educational Center «Energy Efficient Engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, apalexandrov.ru@gmail.com

Belyaev Vladislav V.

Graduate student of Educational Center «Energy Efficient Engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, marese@yandex.ru

Nikitin Andrey A.

Ph. D., Associate Professor of Educational Center «Energy Efficient Engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, aanikitin@itmo.ru

Nikitina Veronika A.

Graduate student of Educational Center «Energy Efficient Engineering Systems» of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, veronika97nikitina@gmail.com



Статья доступна по лицензии

Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



**29-я международная выставка
«Оборудование, технологии, сырье и ингредиенты для
пищевой и перерабатывающей промышленности»
7-11 октября 2024 г.**

«Агропродмаш» – международная выставка оборудования, машин и ингредиентов для пищевой и перерабатывающей промышленности – на протяжении двух десятилетий демонстрирует лучшие мировые достижения, способствуя внедрению новых современных технологий российскими предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности.

«Агропродмаш» – абсолютный лидер среди выставок России по тематике «Пищевая промышленность, оборудование и ингредиенты» во всех категориях:

- | | |
|--------------------------------|---|
| ✓ Пищевые технологии. | ✓ Напитки. |
| ✓ Переработка сырья. Оболочки. | ✓ Мороженое. |
| ✓ МясоПром. | ✓ Ингредиенты. |
| ✓ ПтицеПром. | ✓ Пищевая безопасность. |
| ✓ РыбПром. | ✓ Холод. |
| ✓ КондитерПром. | ✓ УпаковМаш. |
| ✓ ХлебПром. | ✓ Склад. Логистика. |
| ✓ ЗерноПром. | ✓ Весовое и измерительное оборудование. |
| ✓ ФруктПром. | ✓ Переработка отходов. |
| ✓ МолТех. | ✓ Пищевая безопасность. |
| ✓ Розлив. | |

Организатор выставки:

ЦВК «Экспоцентр», 123100, Россия, Москва, Краснопресненская набережная, 14

<https://www.agroprodmash-expo.ru/>

