

Разработка методики определения класса энергоэффективности и мероприятий по повышению энергоэффективности зданий

Рецензия эксперта на статью получена 25.11.2021 [The expert review of the article received on November 25, 2021].

Введение

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности, рациональное использование энергетических ресурсов в зданиях и сооружениях является одним из приоритетных направлений снижения энергоёмкости производства и важнейшим показателем, оказывающим влияние на экономическую эффективность работы предприятий.

Сбережение энергии обеспечит не только экономию затрат на энергоресурсы, но и даст возможность сжигать меньше топлива (угля, нефти, газа) для энергоснабжения, позволит уменьшить выделение при сжигании топлива вредных загрязняющих веществ в атмосферу и парниковых газов, снизить негативное влияние энергетических объектов на окружающую среду и климат [9].

Согласно информации из научно-технических источников и по результатам ранее выполненных работ, авторами статьи установлено, что инженерные системы зданий, служащие для поддержания требуемых условий для работы, создания комфортного микроклимата в административно-бытовых помещениях, потребляют около 40 % всего количества энергии, используемой в промышленности. На их работу тратится большое количество тепловой и электрической энергии [8].

Энергоэффективность зданий (соотношение выраженного полезного эффекта от затраченного количества энергоресурсов) — это показатель того, насколько эффективно здание в ходе эксплуатации пользуется любыми видами энергии (электрической, тепловой и т.д.) [2].



Центральный офис ПАО «Уралкалий» в городе Березники Пермского края

Основная часть

Федеральный закон от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] определяет ряд мер по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений.

В соответствии с [СП 50.13330.2012](#) классы энергосбережения зданий, включая промышленные здания вспомогательного назначения (сервисного обслуживания, технопарки, склады), установлены иерархическим образом (табл.1) от самого низкого уровня (класс E) до самого высокого (класс A++), в зависимости от величины отклонения от нормативного уровня потребления энергоресурсов, соответствующего классу C (нормальный).

Оценка достигнутого уровня энергетической эффективности зданий в соответствии с положениями действующих нормативных документов производится путём сравнения фактических или расчётных параметров потребления энергоресурсов с нормативными параметрами и отнесения к соответствующему классу энергосбережения.

УДК 620.9. Научная специальность: 05.14.04.

Разработка методики определения класса энергоэффективности и мероприятий по повышению энергоэффективности зданий

Д. Г. Закиров, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник [Горного института Уральского отделения Российской академии наук \(ГИ УрО РАН, г. Пермь\)](#), генеральный директор [Ассоциации энергетиков Западного Урала \(АЗЗУ, г. Пермь\)](#); **А. А. Рюмкин**, главный энергетик — начальник управления главного энергетика ПАО «Уралкалий» (г. Березники, Пермский край); **С. В. Грибков**, к.т.н., академик [Российской инженерной академии \(РИА, г. Москва\)](#), генеральный директор НИЦ «Виндэк» (г. Подольск, Московская область), учёный секретарь [Комитета по проблемам использования возобновляемых источников энергии Российского Союза научных и инженерных обществ \(Комитет ВИЭ РосСНИО\)](#); **М. А. Мухамедшин**, ведущий инженер лаборатории геотехнологических процессов и рудничной газодинамики [ГИ УрО РАН \(г. Пермь\)](#); **Р. А. Файзрахманов**, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и автоматизированных систем, [Пермский национальный исследовательский политехнический университет \(ПНИПУ, г. Пермь\)](#)

Рассматриваются проблемы повышения класса энергоэффективности зданий и сооружений за счёт внедрения разработанных технологий, существующих методов и способов по полученным результатам натурных и инструментальных обследований зданий управления складской дистрибуции, на примере ПАО «Уралкалий» в городе Березники Пермского края.

Ключевые слова: классы энергоэффективности зданий и сооружений, энергоёмкость, энергетическая эффективность, имеющийся потенциал, возможности применения, проработка технологий, расчёты и предложения, рекомендации.

UDC 620.9. Number of scientific specialty: 05.14.04.

Development of a methodology for determining the energy efficiency class and measures to improve the energy efficiency of buildings

D. G. Zakirov, Doctor of Technical Sciences, Professor, chief researcher of the [Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences \(MI of the UB of the RAS, Perm city\)](#), general director of the [Association of Power Engineers of the Western Urals](#); **A. A. Ryumkin**, chief power engineer — Head of the Chief Power Engineer Department of «Uralkali», PJSC (Berezniki city, Perm Region); **S. V. Gribkov**, PhD, [Academician of the Russian Engineering Academy](#), general director of «WindEq Technical Center», LLC (Podolsk city, Moscow Region), scientific secretary of the [Committee on the Problems of the Use of Renewable Energy Sources of the Russian Union of Scientific and Engineering Societies \(RES Committee of RosSNIIO\)](#); **M. A. Mukhamedshin**, leading engineer, Laboratory of Geotechnological Processes and Mine Gas Dynamics, [MI of the UB of the RAS \(Perm city\)](#); **R. A. Fayzrahmanov**, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Information Technologies and Automated Systems, [Perm National Research Polytechnic University \(Perm Tech\)](#)

The article discusses the problems of improving the energy efficiency class of buildings and structures through the introduction of developed technologies, existing methods and methods based on the results of field and instrumental surveys of warehouse distribution management buildings, using the example of «Uralkali», PJSC, in Berezniki city, Perm Region of Russia.

Key words: energy efficiency classes of buildings and structures, energy intensity, energy efficiency, available potential, application possibilities, technology development, calculations and suggestions, recommendations.

Классы энергосбережения зданий

табл. 1

Наименование класса	Обозначение класса	Отклонение фактического значения от нормируемого, %
Очень высокий	A++	ниже -60
	A+	от -50 до -60 включительно
	A	от -40 до -50 включительно
Высокий	B+	от -30 до -40 включительно
	B	от -15 до -30 включительно
Нормальный	C+	от -5 до -15 включительно
	C	от +5 до -5 включительно
	C-	от +15 до +5 включительно
Пониженный	D	от +15,1 до +50 включительно
Низкий	E	более +50

Для определения состояния теплозащитных свойств ограждающих конструкций, выявления конкретных источников (мест) возникновения тепловых потерь обоснована необходимость проведения детального тепловизионного обследования [3].

По результатам выполненных натурных и инструментальных (в том числе тепловизионных) обследований зданий для выявления сверхнормативных потерь энергоресурсов был определён класс их энергоэффективности, который для части зданий составил C+ (нормальный), а для другой части зданий — D (пониженный класс энергоэффективности).

В качестве основного подхода к решению поставленной задачи повышения существующего класса энергоэффективности от нормативного до A++ был использован научный анализ современных достижений в области повышения энергетической эффективности зданий, применительно к объектам исследования.

Оценка фактического уровня расхода энергоресурсов произведена путём корректировки расчётных значений удельного расхода, учитывающей снижение теплозащитных свойств ограждающих конструкций объектов управления складской дистрибуции (УСД) в процессе эксплуатации. Такая корректировка проведена на основании анализа результатов натурного и тепловизионного обследования фактического состояния объектов.

Снижение теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий определено на основании фактических данных о распределении температур на их внешних и внутренних поверхностях. Для количественной оценки снижения теплозащитных свойств использован комплексный показатель — сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций [4].

Снижение фактического удельного годового расхода энергоресурсов и, соответственно, повышение класса энергетической эффективности зданий и сооруже-

ний Управления складской дистрибуции Березниковского калийного производственного рудоуправления компании ПАО «Уралкалий» — УСД БКПРУ-3,4 — до класса A++ достигнуто за счёт последовательной реализации целого комплекса мероприятий.

Разработка перспективных энергосберегающих проектов, направленных на снижение потребления энергоресурсов промышленными зданиями вспомогательного назначения [складами, административно-бытовыми комбинатами (АБК) и т.п.] проводилась в направлениях:

1. Усовершенствование тепловой изоляции ограждающих конструкций объектов управления складской дистрибуции за счёт современных технологий применения теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью.

В качестве основного подхода к решению поставленной задачи повышения существующего класса энергоэффективности от нормативного до очень высокого A++ был использован научный анализ современных достижений в области повышения энергетической эффективности зданий, применительно к объектам исследования

2. Оборудование объектов УСД приборами учёта энергетических ресурсов (тепловая энергия, электроэнергия), на базе которых создаётся автоматизированная система технического учёта и контроля (мониторинга) потребления энергоресурсов.

3. Оснащение систем отопления объектов УСД устройствами автоматического регулирования подачи теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха, то есть создание индивидуальных тепловых пунктов (ИТП).

Следует особо отметить, что повышение энергоэффективности зданий за счёт комплексного применения теплоизоляционных решений для наружных ограждающих конструкций (в первую очередь фасадов и кровель) является основным направлением энергосбережения при эксплуатации зданий и сооружений [8].

Предложенные решения позволили снизить тепловые потери, которые, по оценкам специалистов, в холодное время года достигают 35 % от общего объёма энергии, используемого для обогрева здания. При этом, если взять это количество за 100 %, то стены способствуют потерям 40 % тепла, и ещё по 20 % можно поровну разделить на дверные и оконные проёмы, кровлю и вентиляционную систему.

Качественная теплоизоляция, способная обеспечить требуемый режим хранения либо работы предприятия при минимальных расходах на отопление, является жизненной необходимостью.

Необходимый требуемый уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций определяется требованиями СП 50.13330.2012 и зависит как от типа здания, так и климатических условий его эксплуатации. При проектировании здания в теплотехнических расчётах следует обязательно учитывать, что опорные элементы каркаса являются своеобразными мостиками холода [2].

Для того чтобы свести к минимуму потери тепла в зданиях, необходимо принять следующие меры по повышению энергоэффективности, а именно: создание неразрывного контура теплоизоляции; выбор долговечной теплоизоляционной системы; использование специализированных входных дверей с теплоизоляционным профилем.

Для объектов управления складской дистрибуции, составляющих основную долю в общем объёме потребляемой тепловой энергии от котельно-турбинного цеха, в качестве энергоэффективной системы отопления предложена комбинированная система. Предлагаемые объекты для внедрения системы — здания центральных складов и АБК УСД БКПРУ-3,4, доля потребления теплоты которых в общем объёме более 90 %.

Комбинированная система состоит из базовой существующей системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. Энергетическая эффективность комбинированной системы достигается за счёт организации периодического режима работы базовой системы отопления — снижения расхода тепловой энергии в нерабочее время, в выходные и праздничные дни.

Работу системы водяного отопления в периодическом режиме обеспечивают устройства тепловой автоматики, входящие в состав автоматизированных ИТП, размещаемых в тепловых пунктах (узлах) центральных складов и АБК УСД БКРУ-3,4. Дополнительная система воздушного отопления, совмещённая с приточной вентиляцией, обеспечивает в режиме полной рециркуляции форсированный нагрев воздуха в помещениях после длительного поддержания пониженной температуры в дежурном режиме.

Создание предлагаемой энергоэффективной системы отопления позволит снизить в пределах 20 % расходы тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Оценка энергетической и экономической эффективности существующей системы освещения, то есть годовой экономии электрической энергии в натуральном и денежном выражении, произведена путём сравнения потребляемой мощности светодиодных, люминесцентных светильников и ламп накаливания с одинаковой светоотдачей (световым потоком) и анализа полученных данных.

Оценка эффективности и технико-экономическое обоснование предлагаемых энергосберегающих технологий и мероприятий произведены путём сравнения экономической выгоды с затратами на их реализацию.

Заключение

Перечень разработанных мероприятий для реализации по результатам натурного и тепловизионного обследования ограждающих конструкций зданий и сооружений произведён отдельно по каждому объекту обследования. Реализация мероприятий позволит снизить фактический удельный годовой расход энергоресурсов до значений, соответствующих классу энергосбережения С+, а именно: 0,029–0,026 Гкал/(м³·год) — для объектов с внутренней температурой воздуха +16 °С, 0,034–0,031 Гкал/(м³·год) — для объектов с внутренней температурой воздуха +20 °С.

Внедрение предложенных технологий и мероприятий в полном объёме позволит повысить энергоэффективность зданий и сооружений УСД до уровня класса энергосбережения А++ с существующих классов С+ и D. Основным показателем эффективности предложенных технологий и мероприятий — средний срок окупаемости — находится в пределах трёх-пяти лет, что подтверждает целесообразность их реализации. ●

1. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 23.11.2009 №261-ФЗ.
2. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 №18.
3. О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: Приказ Министерства регионального развития РФ от 28.05.2010 №262.
4. ГОСТ Р 56295–2014. Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях. — М.: Стандартинформ, 2019.
5. Закиров Д.Г. Энергосбережение: учебное пособие. — Пермь: Изд-во «Книга», 2000. 308 с.
6. Разработка методических рекомендаций по применению теплонасосных технологий и методики расчёта технико-экономической эффективности её использования в сфере ЖКХ: НИР / Науч. рук. Д.Г. Закиров. — Пермь, 2003.
7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Дата введ. 01.07.2013.
8. Исследование и проработка возможностей повышения энергоэффективности ЗИС складов, АБК, производственных баз — 3,4 УСД г. Березники ПАО «Уралкалий»: НИР / Науч. рук. Д.Г. Закиров. — Пермь, 2019.
9. Кривошеев А.В. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности при проведении капитального ремонта многоквартирных домов: как снизить расходы на коммунальные ресурсы. — М.: Изд-во «Авангард», 2020. 144 с.

[References — see page 79.](#)

Development of a methodology for determining the energy efficiency class and measures to improve the energy efficiency of buildings. Pp. 75–77.

Danir G. Zakirov, Doctor of Technical Sciences, Professor, chief researcher of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (MI of the UB of the RAS, Perm city), general director of the Association of Power Engineers of the Western Urals; **Alexey A. Ryumkin**, chief power engineer — Head of the Chief Power Engineer Department of “Uralkali”, PJSC (Berezniki city, Perm Region); **Sergey V. Gribkov**, PhD, Academician of the Russian Engineering Academy, general director of “WindEq Technical Center”, LLC (Podolsk city, Moscow Region), scientific secretary of the Committee on the Problems of the Use of Renewable Energy Sources of the Russian Union of Scientific and Engineering Societies (RES Committee of RosSNIIO); **Mansur A. Mukhamedshin**, leading engineer, Laboratory of Geotechnological Processes and Mine Gas Dynamics, MI of the UB of the RAS (Perm city); **Rustam A. Fayzrakhmanov**, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Information Technologies and Automated Systems, Perm National Research Polytechnic University (Perm Tech)

1. *Ob jenergoberezhenii i povyshenii jenergeticheskoy jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdelnye zakonodatelnye akty Rossijskoj Federacii* [On energy conservation and energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation]. *Federal'nyj zakon RF ot 23.11.2009 №261-FZ (posl. red.)* [Federal Law of the Russian Federation of November 23, 2009 No. 261-FL (last edition)]. [In Russian]
2. *Ob utverzhdenii Pravil ustanovleniya trebovanij jenergeticheskoy jeffektivnosti dlya zdaniy, stroenij, sooruzhenij i trebovanij k pravilam opredeleniya klassa jenergeticheskoy jeffektivnosti mnogokvartirnyh domov* [On approval of the Rules for establishing energy efficiency requirements for buildings, structures, structures and requirements for the rules for determining the energy efficiency class of apartment buildings]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 25.01.2011 №18* [Decree of the Government of the Russian Federation of January 25, 2011 No. 18]. [In Russian]
3. *O trebovaniyah jenergeticheskoy jeffektivnosti zdaniy, stroenij, sooruzhenij* [On the requirements for the energy efficiency of buildings, structures, structures]. *Prikaz Ministerstva regional'nogo razvitiya RF ot 28.05.2010 №262* [Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of May 28, 2010 No. 262]. [In Russian]
4. GOST R 56295–2014 [State Industry Standard of Russia No. 56295–2014]. *Jenergojeffektivnost' zdaniy. Metodika jekonomicheskoy ocenki jenergeticheskikh sistem v zdaniyah* [Energy efficiency of buildings. Methodology for the economic assessment of energy systems in buildings]. Date of exec.: July 1, 2015. Moscow. *Standartinform* [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment (“Standartinform” Publishers)]. 2019. [In Russian]
5. D.G. Zakirov. *Jenergoberezhenie: ucheb. pos.* [Energy saving: A tutorial]. Perm. *Izd-vo “Kniga”* [“A book” Publishing House]. 2000. 308 p. [In Russian]
6. *Razrabotka metodicheskikh rekomendacij po primeneniju teplonasosnyh tehnologij i metodiki rascheta tehniko-jekonomicheskoy jeffektivnosti ee ispol'zovaniya v sfere ZhKH: Nauch.-issled. rabota* [Development of guidelines for the use of heat pump technologies and methods for calculating the technical and economic efficiency of its use in housing and communal services: R&D]. Scientific adviser D.G. Zakirov. Perm. 2003. [In Russian]
7. *SP 50.13330.2012* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 50.13330.2012]. *Teplovaja zashhita zdaniy* [Thermal protection of buildings]. Date of exec.: July 1, 2013. [In Russian]
8. *Issledovanie i prarabotka vozmozhnostej povysheniya jenergojeffektivnosti ZiS skladov, ABK, proizvodstvennyh baz — 3,4 USD g. Berezniki: Nauch.-issled. rabota* [Research and development of possibilities for increasing the energy efficiency of buildings and facilities, warehouses, administrative and amenity complexes, manufacturing plants — 3.4 of warehouse distribution management buildings of “Uralkali”, PJSC, in the Berezniki city: R&D]. Scientific adviser D.G. Zakirov. Perm. 2019. [In Russian]
9. A.V. Krivosheev. *Meroprijatija po jenergoberezheniju i povysheniju jenergojeffektivnosti pri provedenii kapital'nogo remonta mnogokvartirnyh domov: kak snizit' rashody na kommunal'nye resursy* [Measures to save energy and improve energy efficiency during the overhaul of apartment buildings: how to reduce the cost of utilities]. Moscow. *Izd-vo “Avangard”* [“The vanguard” Publishing House]. 2020. 144 p. [In Russian]