

Анализ влияния солнечного излучения на тепловые показатели здания неправильной формы с учетом его ориентации

¹*ЖАҢАБАЙ Нұрлан Жаңабайұлы, к.т.н., профессор, Nurlan.Zhanabay777@mail.ru,

²ЖАҢАБАЙ Айжан Жанболатқызы, докторант, 4izhan.ss@gmail.com,

²АҚМАЛАЙҰЛЫ Кенжебек, д.т.н., профессор, kakmalayuly@mail.ru,

¹УТЕЛБАЕВА Акмарал Болысбековна, д.х.н., ассоциированный профессор, mako_01-777@mail.ru,

¹ТҰРСҰНҚҰЛҰЛЫ Тимур, PhD, доцент, Timurtursunkululy@gmail.com,

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова», пр. Тауке хана, 5, Шымкент, Казахстан,

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В данном исследовании на основе анализа формы треугольного здания в плане и ориентации главного фасада по четырем сторонам было проведено исследование влияния климатических параметров в виде солнечного излучения на минимальные удельные теплотери здания на единицу площади в разрезе холодного, жаркого и годового значения. В результате было установлено, что в зимний период значительные удельные теплотери показывают по ориентации Север, Восток и Запад, а значение минимума показывает по ориентации Юг. Это объясняется тем, что ход Солнца в зимний период от летнего, тем самым освещается Южное полушарие Земли. Подобное явление сказывается на потерях, так как за счет нагрева южной стороны расходы на отопление снижаются. Однако в летний период особенность нагрева солнечным излучением совпадает с традиционным понятием Восхода – Заката, то есть в летний период перегреву подвержены восточные и западные фасады, где расход энергии увеличивается на охлаждение здания, что и было установлено. Подобное влияние сказывается и на годовом цикле, где за счет расположения, согласно климатической зоне, г. Шымкент, где преимущественно потребление энергии направлено на охлаждение здания. Полученные результаты данного исследования могут быть в дальнейшем использованы при исследовании влияния солнечного излучения на температурные перепады на поверхности фасадов зданий.

Ключевые слова: тепловые показатели, здание, форма и ориентация, климатические параметры, удельные теплотери, сопротивление теплопередачи.

Введение

Экологическая безопасность является одним из основных приоритетных направлений во всех странах, где снижение выбросов и хранение углекислого газа признаны жизненно важной стратегией борьбы с изменением климата, так как выброс углекислого газа ведет к загрязнению окружающей среды, вызванному использованием ископаемого топлива [1]. Одним из таких путей загрязнения окружающей среды является сектор строительства [2]. В связи с чем в данном секторе разрабатываются различные меры по минимизации выбросов углекислого газа в атмосферу, в том числе и за счет оптими-

зации форм и ориентации зданий [3]. Учитывая эти обстоятельства, учеными было исследовано влияние формы и ориентации зданий на энергосбережение и создание благоприятного климата в помещении. Так, например, в работе [4] был проведен обзор, где установлено, что ориентация здания влияет на потребление энергии в большей степени, чем фактор формы здания. Также в работе подчеркнули необходимость комплексного подхода к проектным решениям с учетом форм здания, выбора материалов и толщины его ограждающих конструкций. Результат исследования авторов работы [5] показал, что изменения формы приво-

дили к изменению потребляемой энергии на 17,9 % из-за различных форм зданий с учетом изменения площади ограждающей конструкции на 60,7%, при этом площадь здания оставалась неизменной. В работе [6] провели анализ влияния форм и ориентации зданий по сторонам света с учетом солнечной радиации и ветра. Исследованием было установлено, что выбор соответствующих параметров оказывает значимый эффект в вопросе энергосбережения. В работе [7] было установлено, что ориентация школьного здания оказывает значимое влияние на температурный баланс, где правильная ориентация с учетом конфигурации внутреннего двора снижает температуру до 1.8°C в зависимости от периода.

Анализ проведенных исследований свидетельствует о том, что в основном рассматривают отдельные задачи, такие как влияние климата или анализ зданий с правильными формами. В связи с чем целью данного исследования является анализ теплового баланса здания нестандартной формы с учетом климатических воздействий.

Методы и материалы исследования

В исследовании рассматривается форма здания в виде треугольника в плане (рисунок 1) с направлением главного фасада по четырем ориентациям. Высота здания составляет 10 этажей и площадью покрытия пола 3000 м², исходя из чего геометрические характеристики здания будут определены далее. В качестве территории расположения здания рассматривается г. Шымкент, где основные принятые климатические параметры представлены в работе авторов [8]. Требуемые значения сопротивления теплопередачи наружных ограждений относительно территории согласно ГСОП по СП РК 2.04-107-2022 представлены на рисунке 2.

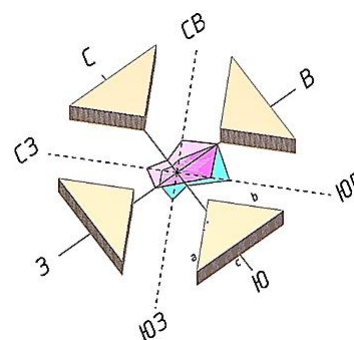


Рисунок 1 – Ориентации треугольного здания в плане по восьми направлениям с показателем повторяемости ветра:

■ – январь; ■ – июль

На рисунке 3 представлена методика анализа теплового баланса здания в виде треугольника в плане с учетом теплофизических параметров конструкции, формы и ориентации здания, а также климатических параметров территории в разрезе холодного и жаркого периодов.

Научные результаты

Для оценки теплового баланса здания в виде удельных тепловых характеристик здания воспользуемся методикой, представленной на рисунке 3. В качестве исходных данных были приняты геометрические, климатические параметры, а также значение теплопередачи наружных ограждений здания. В качестве коэффициента остекления наружных ограждений был принят 0.15 согласно СП РК 2.04-107-2022.

В таблице 1 представлены исходные данные геометрических параметров исследуемого здания.

На рисунках 4, 5 представлены резуль-

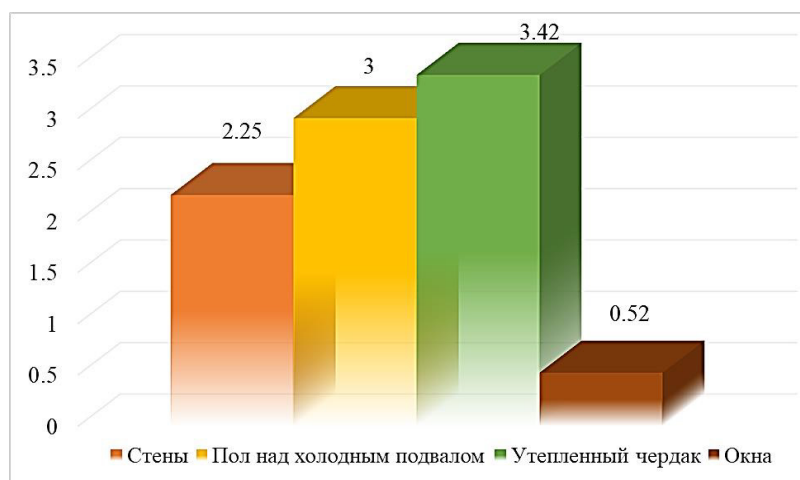
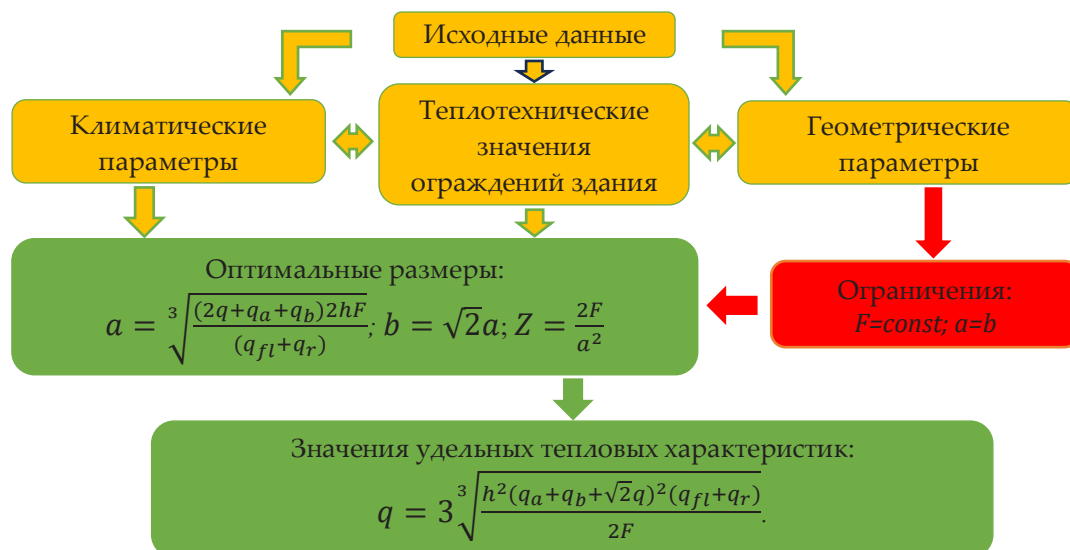


Рисунок 2 – Значения требуемого сопротивления теплопередачи



где F – полезная площадь, м^2 ; Z – количество этажей; a, b – стороны здания; q_a, q_b, q_c – удельные тепловые потоки, проходящие через наружные вертикальные ограждающие конструкции, соответственно по сторонам, $\text{Вт}/\text{м}^2$; q_{cd} – удельный тепловой поток, проходящий через наружную вертикальную ограждающую конструкцию, по гипотенузе в треугольном здании, $\text{Вт}/\text{м}^2$; q_{fl} – удельный тепловой поток, проходящий через ограждающую конструкцию перекрытия первого этажа, $\text{Вт}/\text{м}^2$; q_r – удельный тепловой поток, проходящий через ограждающую конструкцию перекрытия первого этажа, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Рисунок 3 – Методика оценки теплового баланса здания [9]

Таблица 1 – Геометрические показатели треугольного здания в плане

Наименование параметра здания		Треугольник в плане
Размеры, м	Этажность	10
	План	24.49×24.49×34.64
Площадь, м^2	Стен	2508.6
	Покрытия пола	≈3000
	Окон	376.29
	Двери	2.1
	Суммарная	5508.6
Объем здания (V), м^3		≈9000

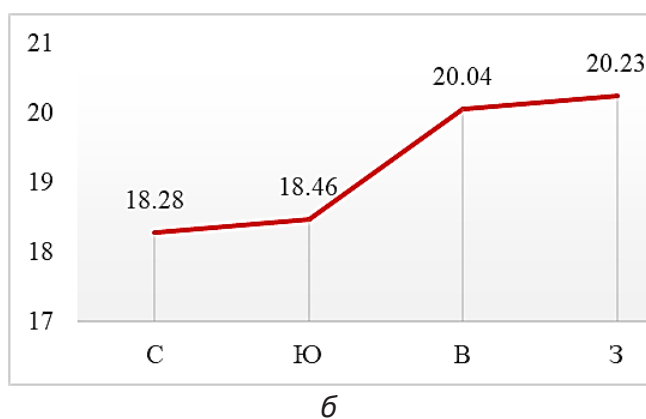
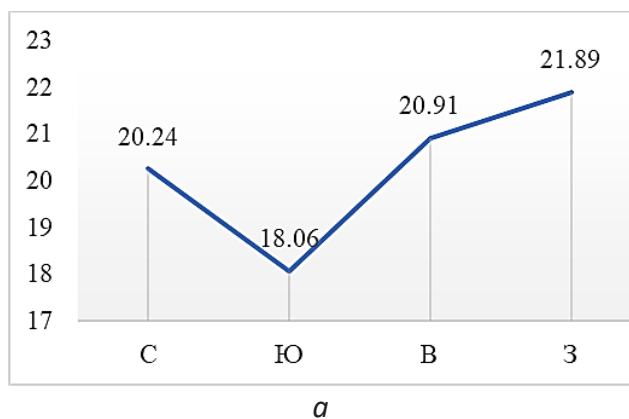


Рисунок 4 – Минимальные удельные теплотери для ориентаций С, Ю, В, З ($\text{Вт}/\text{м}^2$): а) зимнего периода; б) летнего периода

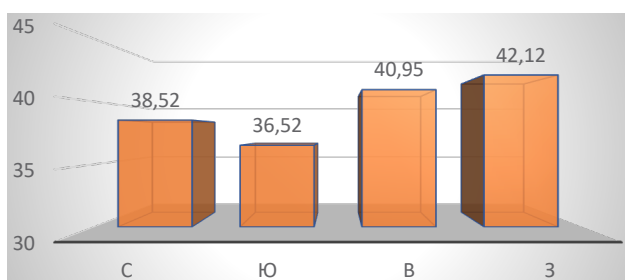


Рисунок 5 – Минимальные удельные теплотери за годовой период для всех ориентаций, Вт/м²

таты анализа значения минимальных удельных теплотер в зимний, летний и за годовой периоды в зависимости от ориентации согласно рисунку 1.

Выводы

На основе анализа формы треугольного здания в плане и ориентации главного фасада по четырем сторонам было проведено исследование влияние климатических параметров в виде солнечного излучения на минимальные удельные теплотери здания на единицу площади в разрезе холодного, жаркого и годового значения. В результате было установлено, что в зимний период значительные удельные теплотери показывают по ориентации С, В и З, а значение минимума показывает по ориентации Ю (рисунок 46). Это объясняется тем, что ход

Солнца в зимний период от летнего, тем самым освещается Южное полушарие Земли. Подобное явление сказывается на потерях, так как за счет нагрева южной стороны расходы на отопление снижаются. Однако в летний период особенность нагрева солнечным излучением совпадает с традиционным понятием Восхода – Заката, то есть в летний период перегреву подвержены восточные и западные фасады, где расход энергии увеличивается на охлаждении здания, что и установлено согласно рисунку 46. Подобное влияние сказывается и на годовом цикле, где за счет расположения, согласно климатической зоне, г. Шымкент, преимущественно потребление энергии направлено на охлаждение здания. При этом в исследовании в качестве ограничения можно отметить, тот факт, что распределение температуры по высоте на поверхности фасада от влияния солнечного излучения не было учтено, так как будут представлены в дальнейших публикациях авторов, где полученные результаты данного исследования послужат предпосылкой для новых исследований.

Благодарность/источник финансирования

Исследование проводилось в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (AP23486892).

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nema A., Kumar A., Warudkar V. An in-depth critical review of different carbon capture techniques: Assessing their effectiveness and role in reducing climate change emissions. *Energy Conversion and Management*. 2025, 323, 119244. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119244>
2. Manzueta R., Kumar P., Ariño A.H., Martín-Gómez C. Strategies to reduce air pollution emissions from urban residential buildings. *Science of The Total Environment*. 2024, 951, 175809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175809>
3. Tu D., Tang J., Zhang Z., Sun H. Thermal environment optimization in a large space building for energy-saving. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023. 51. P. 103649. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103649>
4. Kumar D., Alam M., Memon R., Bhayo B. A critical review for formulation and conceptualization of an ideal building envelope and novel sustainability framework for building applications. *Cleaner Engineering and Technology*. 2022, 11, 100555. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100555>
5. Nazari F., Dixit M., Yan W., Aryal A. Building shape optimization based on interconnected embodied and operational energy and carbon impacts. *Energy and Buildings*. 2024, 325, 114933. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114933>
6. Рябова О., Малюк Е. Выбор ориентации и формы энергоэффективных высотных зданий с целью оптимизации теплотехнического воздействия наружного климата на тепловой баланс здания на при-

- мере города Донецк. Проблемы архитектуры. 2012, 4, 58-60. <https://adcitymag.ru/vybor-orientacii-i-formy-energoeffektivnykh-vysotnykh-zdaniy/> (accessed on 30 March 2025)
7. Salameh M., Abu-Hijleh B., Touqan B. Impact of courtyard orientation on thermal performance of school buildings' temperature. Urban Climate. 2024, 54, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101853>
8. Жаңабай Н.Ж., Утелбаева А.Б., Тұрсұнқұлұлы Т., Жаңабай А.Ж., Бахберген С. Физика среды – предпосылка для исследования влияния солнечной радиации на наружные стеновые ограждения зданий // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. 2024. 21 (4). 196-209. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-4-196-209>
9. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование оптимизации тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с.

Күн әсерінің дұрыс емес пішінді ғимараттардың жылу көрсеткіштеріне әсерін, оның бағыттарын ескере отырып талдау

¹*ЖАҢАБАЙ Нұрлан Жаңабайұлы, т.ғ.к., профессор, Nurlan.Zhanabay777@mail.ru,

²ЖАҢАБАЙ Айжан Жанболатқызы, докторант, 4izhan.ss@gmail.com,

²АҚМАЛАЙҰЛЫ Кенжебек, т.ғ.д., профессор, kakmalayuly@mail.ru,

¹УТЕЛБАЕВА Акмарал Болысбековна, х.ғ.д., қауымдастырылған профессор, mako_01-777@mail.ru,

¹ТҰРСҰНҚҰЛҰЛЫ Тимур, PhD, доцент, Timurtursunkululy@gmail.com,

¹«Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, Тәуке хан даңғылы, 5, Шымкент, Қазақстан,

²«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22, Алматы, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бұл зерттеуде жоспардағы үшбұрышты ғимараттың пішінін және төрт жағынан негізгі қасбеттің бағытын талдау негізінде күн радиациясының суық, ыстық және жылдық мәні бойынша ғимараттың жылу шығынына әсері зерттелді. Нәтижесінде қыс мезгілінде айтарлықтай жылу шығыны солтүстік, шығыс және батыс бағытында, ал минималды мәні оңтүстік бағытында көрсетілетіні анықталды. Бұл қыс мезгіліндегі күннің өтуіне байланысты болады. Мұндай құбылыс шығындарға әсер етеді, өйткені оңтүстік жағын жылыту арқылы жылу шығындары азаяды. Алайда, жазда күн сәулесімен жылытудың ерекшелігі күннің шығуы мен батуының дәстүрлі тұжырымдамасымен сәйкес келеді, яғни жазда Шығыс және Батыс қасбеттері қызып кетуге бейім, мұнда ғимаратты салқындату үшін энергия шығыны артады. Мұндай құбылыс жылдық циклге де әсер етеді, мұнда Шымкент қаласы климаттық ерекшеліктеріне сәйкес энергияны тұтыну негізінен ғимаратты салқындатуға бағытталған. Осыған байланысты зерттеудегі алынған нәтижелері алдағы уақытта күн сәулесінің әсерінен ғимарат қасбетінде температураның таралуын зерттеудегі бастапқы мәлімет есебінде ескеруге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: жылу көрсеткіштері, ғимарат, пішіні мен бағыты, климаттық көрсеткіштер, меншікті жылу шығыны, жылу беру кедергісі.

Analysis of the Effect of Solar Radiation on the Thermal Performance of an Irregularly Shaped Building, Taking into Account its Orientation

¹*ZHANGABAY Nurlan, Cand. of Tech. Sc., Professor, Nurlan.Zhanabay777@mail.ru,

²ZHANGABAY Aizhan, Doctoral Student, 4izhan.ss@gmail.com,

²AKMALAIULY Kenzhebek, Dr. of Tech. Sc., Professor, kakmalayuly@mail.ru,

¹UTELBAYEVA Akmaral, Dr. of Chem. Sc., Associate Professor, mako_01-777@mail.ru,

¹TURSUNKULULY Timur, PhD, Associate Professor, Timurtursunkululy@gmail.com,

¹NCJSC «Mukhtar Auezov South Kazakhstan University», Tauke Khan Avenue, 5, Shymkent, Kazakhstan,

²NPJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev»,
Satpayev Street, 22, Almaty, Kazakhstan,

*correspondent author.

Abstract. *In this study, based on the analysis of the shape of a triangular building in plan and the orientation of the main facade on four sides, a study was conducted on the influence of climatic parameters in the form of solar radiation on the minimum specific heat loss of a building per unit area in terms of cold, hot and annual values. As a result, it was found that in winter, significant specific heat losses are shown in the orientation of North, East and West, and the minimum value is shown in the orientation of South. This is due to the fact that the course of the Sun in winter differs from the summer, thereby illuminating the Southern hemisphere of the Earth. This phenomenon affects losses, as heating costs on the south side decrease. However, in summer, the peculiarity of heating by solar heating coincides with the traditional concept of Sunrise and Sunset, that is, in summer, the eastern and western facades are subject to overheating, where energy consumption increases for cooling the building, which was established according to. A similar effect affects the annual cycle, where, due to the location, according to the climatic zone, Shymkent, energy consumption is mainly aimed at cooling the building. The results of this study can be further used in the study of the effect of solar heating on temperature fluctuations on the surface of building facades.*

Keywords: *thermal indicators, building, shape and orientation, climatic parameters, specific heat loss, resistance to heat transfer.*

REFERENCES

1. Nema A., Kumar A., Warudkar V. An in-depth critical review of different carbon capture techniques: Assessing their effectiveness and role in reducing climate change emissions. *Energy Conversion and Management*. 2025, 323, 119244. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119244>
2. Manzueta R., Kumar P., Ariño A.H., Martín-Gómez C. Strategies to reduce air pollution emissions from urban residential buildings. *Science of The Total Environment*. 2024, 951, 175809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175809>
3. Tu D., Tang J., Zhang Z., Sun H. Thermal environment optimization in a large space building for energy-saving. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2023. 51. P. 103649. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103649>
4. Kumar D., Alam M., Memon R., Bhayo B. A critical review for formulation and conceptualization of an ideal building envelope and novel sustainability framework for building applications. *Cleaner Engineering and Technology*. 2022, 11, 100555. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100555>
5. Nazari F., Dixit M., Yan W., Aryal A. Building shape optimization based on interconnected embodied and operational energy and carbon impacts. *Energy and Buildings*. 2024, 325, 114933. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114933>
6. Ryabova O., Malyuk E. Vy`bor orientacii i formy` e`nergoe`ffektivny`x vy`sotny`x zdaniy s cel`yu optimizacii teplotexnicheskogo vozdejstviya naruzhnogo klimata na teplovoj balans zdaniya na primere goroda Doneczk. *Problemy` arxitektury`*. 2012, 4, 58-60. <https://adcitymag.ru/vybor-orientacii-i-formy-energoeffektivnyx-vysotnyx-zdaniy/> (accessed on 30 March 2025)
7. Salameh M., Abu-Hijleh B., Touqan B. Impact of courtyard orientation on thermal performance of school buildings' temperature. *Urban Climate*. 2024, 54, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101853>
8. Zhaңabaj N.Zh., Utelbaeva A.B., Tyrsynqylyly` T., Zhaңabaj A.Zh., Baxbergen S. Fizika sredy` – predposylka dlya issledovaniya vliyaniya solnechnoj radiacii na naruzhny`e stenovy`e ograzhdeniya zdaniy. *Vestnik Kazaxstansko-Britanskogo texnicheskogo universiteta*. 2024, 21(4), 196-209. <https://doi.org/10.55452/1998-6688-2024-21-4-196-209>
9. Tabunshnikov Yu.A., Brodach M.M. Matematicheskoe modelirovanie optimizaciy teplovoj e`ffektivnosti zdaniy. M.: AVOK-PRESS, 2002. - 194s.