



ISSN 0044-4472

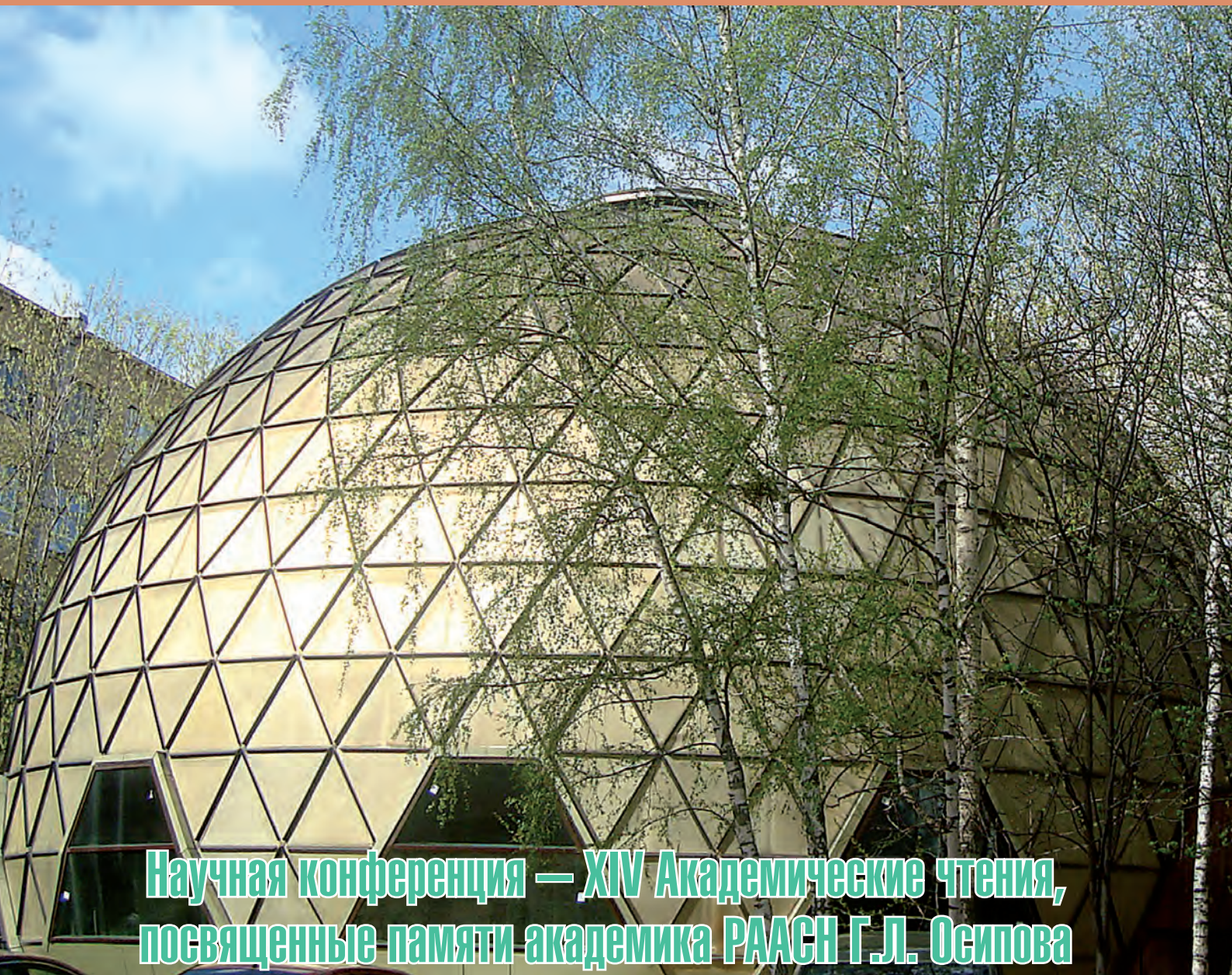
6'2023

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.



Научная конференция — XIV Академические чтения,
посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова

«Актуальные вопросы строительной физики.
Энергосбережение. Надежность строительных
конструкций и экологическая безопасность»

КОМФОРТНЫЙ ДОМ ВМЕСТЕ С КНАУФ



Ремонт и отделка дома или квартиры с материалами КНАУФ – это комплексные решения любой дизайнерской идеи и строительной задачи.

www.knauf.ru
ООО «КНАУФ ГИПС»

KNAUF
Немецкий стандарт

Учредитель журнала: АО «ЦНИИЭП жилища»

Адрес: Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1

Входит в Перечень ВАК,
государственный проект РИНЦ
и RSCI на платформе Web of Science

Журнал зарегистрирован Министерством РФ
по делам печати, телерадиовещания
и средств массовой информации № ФС77-64906

Главный редактор

ЮМАШЕВА Е.И.,
инженер-химик-технолог,
почетный строитель России

Редакционный совет:

НИКОЛАЕВ С.В.,
председатель, д-р техн. наук,
АО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)

АЗАРОВ В.Н.,
д-р техн. наук (Волгоград)

АКИМОВ П.А.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Москва)

АЛЕКСЕЕВ Ю.В.,
д-р архитектуры, профессор (Москва)

БОДРОВ М.В.,
д-р техн. наук (Нижний Новгород)

ВАВРЕНЮК С.В.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Владивосток)

ВОЛКОВ А.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Москва)

ГАГАРИН В.Г.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Москва)

ЖУСУПБЕКОВ А.Ж.,
д-р техн. наук (Астана, Казахстан)

ЗВЕЗДОВ А.И.,
д-р техн. наук, президент Ассоциации
«Железобетон» (Москва)

ИЛЬЧИЧЕВ В.А.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Москва)

КОЛЧУНОВ В.И.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Курск)

ЛАПИДУС А.А.,
д-р техн. наук, профессор (Москва)

МАНГУШЕВ Р.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Санкт-Петербург)

ОРЕЛЬСКАЯ О.В.,
д-р архитектуры, член-корреспондент
РААСН, профессор (Нижний Новгород)

ОСИПОВА Н.Н.,
д-р техн. наук (Саратов)

СУББОТИН О.С.,
д-р архитектуры (Краснодар)

ТАБУНЩИКОВ Ю.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН, профессор (Москва)

ТЕР-МАТИРОСЯН А.З.,
д-р техн. наук (Москва)

ТИХОНОВ И.Н.,
д-р техн. наук (Москва)

ФЕДОСОВ С.В.,
д-р техн. наук, профессор, академик
РААСН (Москва)

Авторы

опубликованных материалов несут
ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе
и за использование в статьях данных,
не подлежащих открытой публикации.

Редакция

может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора.

Перепечатка

и воспроизведение статей, рекламных
и иллюстративных материалов возможны
лишь с письменного разрешения главного
редактора.

**Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений.**

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

6'2023

Научная конференция – XIV Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Осипова Г.Л., «Актуальные вопросы строительной физики. Энергосбережение. Надежность строительных конструкций и экологическая безопасность»

- С.Г. ШЕИНА, Н.П. УМНЯКОВА, Л.В. ГИРЯ, А.Е. ШВЕЦ
Методы принятия управленческих решений на различных этапах
жизненного цикла зданий 3
- Н.А. БУЗАЛО, Р.Р. ПОНОМАРЕВ, В.А. СМИРНОВ
Моделирование узлов вантовых покрытий спортивных сооружений 9
- И.А. ШМАРОВ, Е.В. КОРКИНА, Л.В. БРАЖНИКОВА, О.Г. ГАГАРИНА
Оценка энергосбережения при использовании естественного
и искусственного освещения в Москве 13
- А.И. АНТОНОВ, В.П. ГУСЕВ, В.И. ЛЕДЕНЕВ, И.В. МАТВЕЕВА, М.А. ПОРОЖЕНКО
Численные методы расчета шума в несоразмерных помещениях
гражданских зданий 18
- А.М. РОГАЛЁВ, О.В. ГРАДОВА, С.И. КРЫШОВ
Исследования среднего коэффициента звукопоглощения помещений
для корректировки методики определения величины изоляции
транспортного шума 23
- В.К. САВИН, Н.Г. ВОЛКОВА
К формированию новой финансовой политики в строительстве 28
- Е.В. КОРКИНА, Н.Ю. ПЛЮЩЕНКО, В.Г. ГАГАРИН, Е.В. ВОЙТОВИЧ
Применение инсограмм для определения отраженной солнечной радиации
от подстилающей поверхности 31
- С.И. КРЫШОВ, Д.Е. КОТЕЛЬНИКОВ, О.В. ГРАДОВА
Возможности применения перегородок из пазогребневых блоков
с позиций обеспечения требований звукоизоляции 38
- А.Ю. ОКУНЕВ, Е.В. ЛЕВИН
Лучистый теплообмен ограждающих конструкций зданий с окружающей средой 43
-
- ### **Градостроительство и архитектура**
- Е.Л. БЕЛЯЕВА
Проблемы благоустройства исторических территорий в контексте культурных традиций
и современных требований 52

Founder of the journal: AO «TSNIIEP zhilishcha»
Address: 9/3 Dmitrovskoye Highway, 127434,
Moscow, Russian Federation

Publisher: «STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
Moscow, 125319, Russian Federation

The journal is registered by the RF Ministry
of Press, Broadcasting and Mass
Communications, № FS77-64906

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
chemical process engineer,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,
Chairman,
Doctor of Sciences (Engineering),
AO «TSNIIEP zhilishcha» (Moscow)

AKIMOV P.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS (Moscow)

ALEKSEEV Yu.,
Doctor of Architecture, Professor (Moscow)

AZAROV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
(Volgograd)

BODROV M.V.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Nizhny Novgorod)

FEDOSOV S.,
Doctor of Science (Engineering),
Professor, Academician of RAACS
(Moscow)

GAGARIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Moscow)

IL'ICHEV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS, Research
Supervisor of the Academic Scientific
and Creative Center of RAACS (Moscow)

KOLCHUNOV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS (Kursk)

LAPIDUS A.A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Professor (Moscow)

MANGUSHEV R.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Saint-Petersburg)

ORELSKAYA O.,
Doctor of Architecture, Corresponding
member of RAACS, Professor
(Nizhny Novgorod)

OSIPOVA N.N.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Saratov)

SUBBOTIN O.,
Doctor of Architecture (Krasnodar)

TABUNTSCHIKOV Yu.A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS,
Professor (Moscow)

TER-MARTIROSIAN A.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Moscow)

TIKHONOV I.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Moscow)

VAVRENIUK S.,
Doctor of sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Vladivostok)

VOLKOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Moscow)

ZHUSUPBEKOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Astana, Kazakhstan)

ZVEZDOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
President, Association «Zhelezobeton»
(Moscow)

The authors

of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public.

The Editorial Staff

can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author.

Reprinting

and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief.

The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

6'2023

Scientific Conference – XIV Academic readings dedicated to the memory of Academician of RAACS Osipov G.L. "Actual problems of building physics. Energy saving. Reliability of building structures and environmental safety"

S.G. SHEINA, N.P. UMNIAKOVA, L.V. GIRYA, A.E. SHVETS

Methods of Management Decision-Making at Different Stages

of the Building Life Cycle 3

N.A. BUZALO, R.R. PONOMAREV, V.A. SMIRNOV

Modeling of Units of Cable-Stayed Coverings of Sports Facilities. 9

I.A. SHMAROV, E.V. KORKINA, L.V. BRAZHNKOVA, O.G. GAGARINA

Assessment of Energy Saving When Using Natural and Artificial Lighting in Moscow 13

A.I. ANTONOV, V.P. GUSEV, V.I. LEDENEV, I.V. MATVEEVA, M.A. POROZHENKO

Numerical Methods for Calculating Noise in Disproportionate Rooms of Civil Buildings 18

A.M. ROGALEV, O.V. GRADOVA, S.I. KRYSHOV

Research of the Average Sound Absorption Coefficient of Rooms for Correcting
the Methodology of Determining the Magnitude of Transport Noise Insulation. 23

V.K. SAVIN, N.G. VOLKOVA

To the Formation of a New Financial Policy in Construction 28

E.V. KORKINA, N.Y. PLYUSHCHENKO, V.G. GAGARIN, E.V. VOITOVICH

The use of Insographics to Determine the Reflected Solar Radiation
from the Underlying Surface 31

S.I. KRYSHOV, D.E. KOTELNIKOV, O.V. GRADOVA

Possibilities of Using Partitions from Tongue-and-Groove Blocks
from the Standpoint of Ensuring Sound Insulation Requirements 38

A.Yu. OKUNEV, E.V. LEVIN

HaRadiant Heat Exchange of Enclosing Structures of Buildings
with the Environmentзвание 43

Town planning and architecture

E.L. BELYAEVA

Problems of Improvement of Historical Territories in the Context
of Cultural Traditions and Modern Requirements. 52

Editorial address: 9/3, Dmitrovskoye Hwy, 127434, Moscow, Russian Federation

Tel.: (499) 976-22-08; 976-20-36

Email: mail@rifsm.ru http://www.journal-hc.ru http://www.rifsm.ru

УДК 332.82

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-3-8>

С.Г. ШЕЙНА¹, д-р техн. наук (rgsu-gsh@mail.ru); Н.П. УМНЯКОВА^{2,3}, д-р техн. наук;
Л.В. ГИРЯ¹, канд. техн. наук, А.Е. ШВЕЦ¹, магистр

¹ Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

² Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Методы принятия управленческих решений на различных этапах жизненного цикла зданий

Продолжительность этапов жизненного цикла здания различна. Жизненный цикл здания включает в себя этапы: предпроектный (инициация, планирование), проектный, строительство, эксплуатация, ликвидация. Как правило, они рассматриваются по отдельности, а жизненному циклу здания в целом уделяется недостаточное внимание, что является актуальной проблемой. Практика показывает, что с течением времени, при переходе с одного этапа на другой, в силу различных причин происходит утеря информации, которая могла бы положительно способствовать дальнейшей реализации проекта при возникновении текущих управленческих и организационных вопросов. На каждом этапе необходимо принятие управленческих решений, позволяющих более эффективно эксплуатировать здание с применением надлежащих ресурсов. В данных ситуациях главной задачей является выбор верной альтернативы. В статье рассмотрены общие вопросы принятия управленческих решений, развития технологий и информационных систем, отмечается потребность в развитии математически направленных методов принятия решения. Авторами в рамках данной публикации была представлена схема методов принятия управленческих решений с позиции жизненного цикла. Описанная система отличается саморегулированием и основывается на использовании информационной модели здания.

Ключевые слова: методы принятия решений, управленческие решения, жизненный цикл здания, энергосбережение, энергоэффективность, устойчивое развитие.

Для цитирования: Шейна С.Г., Умнякова Н.П., Гиря Л.В., Швец А.Е. Методы принятия управленческих решений на различных этапах жизненного цикла зданий // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 3–8.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-3-8>

S.G. SHEINA¹, Doctor of Sciences (Engineering); N.P. UMNYAKOVA^{2,3}, Doctor of Sciences (Engineering);
L.V. GIRYA¹, Candidate of Sciences (Engineering), A.E. SHVETS¹, Master

¹ Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation)

² Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

³ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Methods of Management Decision-Making at Different Stages of the Building Life Cycle

The duration of the stages of the building life cycle is different. The life cycle of the building includes the following stages: pre-project (initiation, planning), design, construction, operation, elimination. As a rule, they are considered separately, and the life cycle of the building as a whole is not given enough attention, which is an actual problem. Practice shows that with the passage of time, at the transition from one stage to another, for various reasons, there is a loss of information, which could positively contribute to the further implementation of the project when there are current management and organizational issues. At each of the stages it is necessary to make management decisions allowing more effective operation of the building with the use of appropriate resources. In these situations, the main task is to choose the right alternative. The article considers general problems of making management decisions, the development of technologies and information systems, and points out the need to develop mathematically oriented methods of decision making. The authors in this publication presented a scheme of methods for managerial decision-making from the perspective of the life cycle. The described system is characterized by its self-regulation and is based on the use of an information model of the building.

Keywords: decision making methods, management decisions, building life cycle, energy saving, energy efficiency, sustainable development.

For citation: Sheina S.G., Umnyakova N.P., Giry L.V., Shvets A.E. Methods of management decision-making at different stages of the building life cycle. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 3–8. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-3-8>

Жизненный цикл (ЖЦ) здания представляет собой временной период, который охватывает этапы от идеи проекта до ликвидации здания или сооружения.

На любом этапе жизненного цикла при принятии управленческих решений специалисты сталкиваются с различными проблемами. Так, на этапе разработки идеи проекта, его концепции создается первоначальное представление будущего объекта и его территории, на основании чего формируется техническое задание; при этом заказчик может столкнуться с невозможностью дальнейшей реализации концепции вследствие неверного инвестиционного обоснования и неточностью формирования техзадания. На стадии проектирования со стороны заказчика может возникнуть проблема в недостатке ресурсов для реализации сформированного проекта, или же предлагаемый проект может быть отклонен экспертными организациями и не допущен к дальнейшей реализации; при строительстве объекта возможно несоответствие заложенных проектом материалов и конструкций фактически применяемым; недостаточная квалификация персонала при возведении здания также может привести к проблемам. На стадии эксплуатации управляющая компания может столкнуться с выходом из строя, например, инженерных систем, а также, естественным физическим износом конструкций здания. В случае несвоевременного обнаружения проблемы капитальный ремонт может быть назначен позже предполагаемого срока и состояние конструкций своевременно не будет приведено в нормативное. Стадия ликвидации наступает при невозможности и экономической нецелесообразности содержания и реконструкции здания; при этом управляющая компания, а также лицо, ответственное за ликвидацию, могут столкнуться с проблемой расселения жителей или прекращения работы фирм и организаций, располагающихся на базе данного здания. Также в условиях плотной городской застройки может возникнуть проблема сложности с утилизацией здания в плане ограничения прилегающей территории [1, 2].

Допущение таких лежащих на поверхности и более сложных проблем на этапах жизненного цикла недопустимо. Для этого необходимо принятие верных управленческих решений, в частности использование современных технологий на основе энергосберегающих решений. Так, для этого на стадии концепции разрабатывается инвестиционное обоснование, в котором точно описываются задачи проекта и определяются предварительно необходимые затраты на дальнейшую реализацию проекта. При проектировании необходим расчет ресурсного обеспечения, за счет чего будут подобраны необходи-

мые материалы с учетом всех требований нормативных документов для перехода к следующему этапу. На этапе строительства предусматривается проведение строительного контроля за расходом применяемых материалов в соответствии с проектом, соблюдением технологии производства работ, техники безопасности строительно-монтажных работ, а также сроков строительства, предусмотренных календарным планом.

Эксплуатационная стадия требует своевременного проведения текущих и капитальных ремонтов; для этого управляющая компания должна проводить постоянный мониторинг состояния конструкций и инженерных систем здания. На этапе ликвидации объекта должны быть предусмотрены все нюансы, связанные с его местоположением, стесненностью окружающей застройки и рядом других параметров [3].

С развитием информационных технологий широко востребованы математически направленные методы принятия решения, которые укрупненно можно разделить на пять групп.

1. Линейное математическое моделирование.
2. Вероятностные процедуры.
3. Управление запасами.
4. Сетевые процедуры.
5. Другие линейные и нелинейные процедуры.

Первая является наиболее распространенной – решение задач с ограничениями стоит в алгоритме последовательных шагов. Вероятностные процедуры содержат некоторую неопределенность, имеют альтернативные решения и в целом носят вероятностный характер. Для анализа проблем запасов используются третьи методы – процедуры управления запасами. Сетевые модели – представляемая в наглядной форме для анализа система действий первоначально не несет в себе математические соотношения. По моему мнению, наиболее распространенными и приемлемыми для принятия решений на различных этапах жизненного цикла здания являются следующие методы и подходы [4, 5]:

- линейное программирование (1-я группа);
- имитационное моделирование (2-я группа);
- дерево решений (2-я группа);
- детерминированный подход (3-я группа);
- сетевые модели (4-я группа).

Метод принятия решений на протяжении всего существования данного понятия трактуется по-разному. Такие исследователи, как Э. Кирхлер и А. Шротт [6], интерпретируют данное определение как «модели прогнозирования наступления событий», содержащие в себе предложения по совершенствованию решений. Л.И. Лукичева [7] рассматривает понятие метода принятия решения как

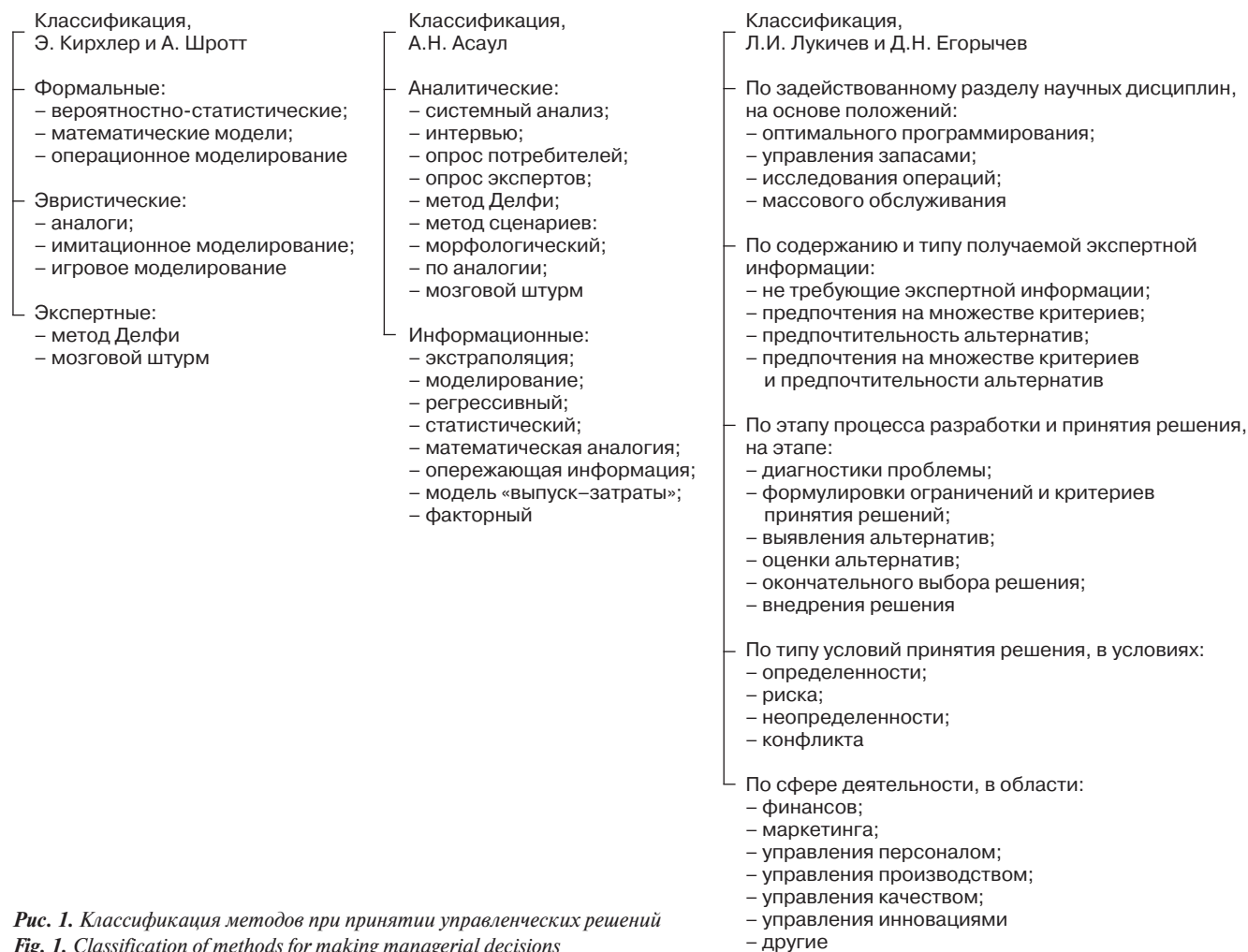


Рис. 1. Классификация методов при принятии управленческих решений
Fig. 1. Classification of methods for making managerial decisions

экономико-математический подход. А.Н. Асаул [8] в своих работах разделяет это определение на два понятия: «метод разработки управленческих решений» и «метод принятия управленческих решений». Под первым он понимает средства выполнения действий, которые требуются при разработке решений управления, под вторым – поиск решения проблемы, конкретного варианта реализации поставленной цели или задачи.

Помимо различных формулировок определения, авторами представлена классификация методов (рис. 1).

На каждом этапе ЖЦ встает вопрос по принятию верного решения, которое позволит привести к реализации задуманного проекта с извлечением предполагаемой выгоды. Являясь главным аспектом управления, по своей сути решение включает в себя его подготовку, т. е. планирование, а также выбор из имеющихся альтернатив.

Вопрос перспективного планирования возникает на каждом этапе жизненного цикла. Он обладает наибольшей значимостью как на этапе идеи, когда при-



Рис. 2. Концепция принятия управленческих решений в жизненном цикле зданий и сооружений
Fig. 2. The concept of making managerial decisions in life cycle of buildings and structures



Рис. 3. Методы обеспечения эксплуатационных качеств в различных этапах жизненного цикла здания

Fig. 3. Performance assurance methods at various stages of a building's life cycle

нимается концепция будущего здания, так и при текущем планировании, организации и изменении планов и затем в процессе реализации. В современных условиях методы принятия управленческих решений на различных этапах жизненного цикла зданий основаны на разработке и внедрении BIM-модели уже на прединвестиционной фазе проекта.

Принятие решения для каждого здания и этапа жизненного цикла специфично. Концепция этапов принятия и реализации решений в общем виде представлена на рис. 2.

Предлагаемая концепция принятия управленческого решения опирается на вышеперечисленные ранее методы с включением дополнительного шестого этапа – «Методы стандартизации процессов и управленческих решений», с возможностью на данном этапе внедрения в систему инновационных энергоэффективных решений.

С внедрением разработанной концепции цикл становится саморегулирующимся. На данном этапе систематизируется вся получаемая информация, собранная в процессе работы на различных этапах ЖЦ, анализируются отчеты участников процесса по показателям эффективности проекта. Стандартизация нужна для определения четкой последовательности действий и формирования конечного результата. За счет данного этапа появится возможность определить, какие инновационные методы возможно и необходи-

мо применить с целью повышения эффективности того или иного решения [9].

Предлагаемая методика принятия решения предполагает разработку и внедрение информационной модели объекта на каждом этапе жизненного цикла. Например, на стадии эксплуатации здания для организации, ее осуществляющей, необходимой информацией будут служить результаты мониторинга технического состояния конструкций и инженерных систем, степень их износа и стоимостная оценка ремонтных работ, отраженные в BIM-модели. Применение предлагаемого метода в совокупности с системой автоматизации процессов на практике со временем позволит повысить эффективность принимаемых решений по управлению ЖЦ здания в целом [10].

Рассмотрим пример комплексного подхода к совершенствованию организации инвестиционно-строительного цикла здания (ЖЦ) как единого процесса предпроектных исследований, проектирования, строительства, эксплуатации, который позволяет выявить следующую закономерность.

Каждому из этих этапов присущ свой круг задач, но все они имеют общую цель – обеспечение эксплуатационных качеств конкретного здания. Решение задач на каждом этапе взаимосвязано – как запроектировано и построено здание, таковы условия и проблемы его эксплуатации.

В свою очередь, опыт использования и содержания построенных зданий, т. е. опыт их эксплуатации, должен быть обязательно изучен для совершенствования проектирования и строительства новых зданий.

Проектирование, строительство и эксплуатацию каждого здания объединяет применение единых параметров эксплуатационных качеств (ПЭК): они являются стержнем, вокруг которого ведется вся научная и практическая работа в области строительства зданий и сооружений.

При проектировании здания, эксплуатационные качества определяются выбором материалов, расчетом конструкций, объемно-планировочным решением, инженерным оборудованием в соответствии с назначением здания, строительными нормативами и выделенными ассигнованиями.

При строительстве зданий принятые в проекте значения ПЭК материализуются, их достоверность проверяется приборами и по их числовым значениям здания принимаются в эксплуатацию. При эксплуатации зданий главная задача состоит в поддержании предусмотренных проектом и материализованных при строительстве эксплуатационных качеств на заданном уровне. Они должны полностью соответствовать назначению здания, что обеспечивается определенными строительными конструкциями и инженерным оборудованием.

Здания и сооружения возводятся для вполне определенных целей, поэтому им придают обоснованные размеры, прочность, звуко- и теплоизоляцию и др. Это и принято называть эксплуатационными качествами зданий и сооружений. Под эксплуатационными качествами конструкций зданий и сооружений в целом понимается их всесторонняя характеристика, отвечающая требованиям протекающего в них процесса и внешних воздействий. Для стен зданий, например, важны такие эксплуатационные качества, как несущая способность, влажность материала и теплозащита, герметичность, звукоизоляция.

Эксплуатационную пригодность каждого здания определяют две группы ПЭК:

1-я группа – параметры, характеризующие физико-техническое состояние и долговечность:

Список литературы

1. Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Гиря Л.В., Рожина М.А. Лучшие европейские практики в области энергосбережения при проектировании медицинских учреждений // *Жилищное строительство*. 2021. № 7. С. 3–7. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-7-3-7>

показатели прочности и допустимой деформативности, раскрытия трещин, герметичности, теплозащиты и т. п.

2-я группа – параметры, характеризующие моральную долговечность: показатели соответствия здания современному назначению по площади, высоте, объему, инженерному оборудованию, архитектурным критериям, требуемому комфорту. Методы обеспечения эксплуатационных качеств, долговечности и надежности зданий и сооружений приведены на рис. 3.

Набором ПЭК и их значениями отличается не одно здание от другого, а сама система установления, материализации и поддержания соответствующих ПЭК на заданном уровне. Она объединяет усилия проектировщиков, строителей и эксплуатационников, обязывает их изучать и использовать опыт смежников, особенно опыт эксплуатации.

Снижение эксплуатационных затрат достигается обеспечением эквивалентных и возможно больших сроков службы различных элементов зданий, приданием им качеств ремонтпригодности.

ПЭК должны учитываться как основные на всех этапах жизненного цикла здания: разработки проектов, в ходе строительства, при приемке в эксплуатацию и в процессе самой технической эксплуатации (рис. 3).

Такой подход объединяет деятельность специалистов на всех этапах жизненного цикла в решении одной и той же задачи – обеспечить в здании установленные нормами и в проекте ПЭК только собственными методами и средствами [11]. Это повышает ответственность всех исполнителей, делает их работу (продукцию) подконтрольной. В итоге повышается качество строительных объектов, достигается экономия при их возведении и эксплуатации.

Предлагаемая схема классификации методов принятия управленческих решений имеет свою цикличность и саморегулируемость, предполагает применение BIM-модели и совокупность различных математических методов. Как результат своей основной направленности рассматриваемый жизненный цикл объекта станет более энергоэффективным и ресурсосберегающим.

References

1. Sheina S.G., Umnyakova N.P., Giry L.V., Rozhina M.A. Best European practices in the field of energy saving when designing medical institutions. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 7, pp. 3–7. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-7-3-7>

2. Sheina S.G., Giryа L.V., Seraya E.S., Matveyko R.B. Intelligent municipal system and sustainable development of the urban environment: conversion prospects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698 (5), 055015. DOI: 10.1088/issn.1757-899X
3. Бодунова М.В., Москаленко А.В., Ульрих И.В. Принятие управленческих решений в условиях риска // *Информационные технологии в современном мире: Труды международной научно-практической конференции*. Дедовск, 17–18 мая 2016 г. Московский государственный областной университет, 2016. С. 61–64.
4. Малахова К.Ю., Голобокikh Д.А. Разработка и принятие управленческих решений в органах муниципального управления и местного самоуправления // *Белгородский экономический вестник*. 2016. № 2 (82). С. 119–126.
5. Сенин А.С., Лясников Н.В. Принятие управленческих решений в кризисных ситуациях на основе нейронной сети «дерево решений» // *Экономика и социум: современные модели развития*. 2019. Т. 9. № 1 (23). С. 98–110. DOI: 10.18334/ecsoc.9.1.40541
6. Кирхлер Э., Шротт А. Принятие решений в организациях. Психология труда и организационная психология. Т. 4. Харьков: Гуманитарный центр, 2009. 176 с.
7. Лукичева Л.И., Шкарупета Е.В., Егорычева Е.В., Щетинина И.В. Эволюция структур управления предприятиями, ориентированными на развитие интеллектуального капитала как ключевого фактора конкурентоспособности // *Организатор производства*. 2013. № 2 (57).
8. Асаул А.Н., Грахов В.П., Коваль О.С., Рыбнов Е.И. Теория и практика разработки принятия и реализации управленческих решений в предпринимательстве: Монография // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 8–2. С. 276–277.
9. Новоселова И.В., Страбыкина С.И., Бойко Н.С., Данилейко И.Ю. Перспективы «зеленого» строительства и применения энергосберегающих мероприятий в современной России // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 4 (47).
10. Леухин М.Д. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM // *Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России*. 2022. № 1. С. 566–567.
11. Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Гиря Л.В., Добровольский Р.И. Энергосберегающие технологии при использовании подземного пространства на различных этапах жизненного цикла зданий // *Жилищное строительство*. 2022. № 6. С. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-6-29-32>
2. Sheina S.G., Giryа L.V., Seraya E.S., Matveyko R.B. Intelligent municipal system and sustainable development of the urban environment: conversion prospects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698 (5), 055015. DOI: 10.1088/issn.1757-899X
3. Bodunova M. V., Moskalenko A.V., Ulrich I.V. Managerial decision-making in risk conditions. *Information technologies in the modern world: proceedings of the international scientific and practical conference*. Dedovsk, May 17–18, 2016. Moscow State Regional University. 2016. pp. 61–64. (In Russian).
4. Malakhova K.Yu., Golobokikh D.A. Development and adoption of managerial decisions in municipal government and local self-government bodies. *Belgorodskii ekonomicheskii vestnik*. 2016. No. 2 (82), pp. 119–126. (In Russian).
5. Senin A.S., Lyasnikov N.V. Managerial decision-making in crisis situations based on the neural network “decision tree”. *Ekonomika i sotsium: sovremennye modeli razvitiya*. 2019. Vol. 9. No. 1 (23), pp. 98–110. DOI: 10.18334/ecsoc.9.1.40541
6. Kirchler E., Schrott A. Prinyatie reshenii v organizatsiyakh. *Psikhologiya truda i organizatsionnaya psikhologiya* [Decision-making in organizations. Labor psychology and organizational psychology]. Vol. 4. Kharkiv: Humanitarian Center. 2009. 176 p.
7. Lukicheva L.I., Shkarupeta E.V., Egorycheva E.V., Shchetinina I.V. Evolution of management structures of enterprises focused on the development of intellectual capital as a key factor of competitiveness. *Organizator proizvodstva*. 2013. No. 2 (57).
8. Asaul A.N., Grakhov V.P., Koval O.S., Rybnov E.I. Theory and practice of development, adoption and implementation of managerial decisions in entrepreneurship (monograph). *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2015. No. 8–2, pp. 276–277. (In Russian).
9. Novoselova I.V., Strabykina S.I., Boyko N.S., Danileiko I.Y. Prospects of “Green” construction and application of energy-saving measures in modern Russia. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2017. No. 4 (47). (In Russian).
10. Leukhin M.D. The life cycle of a building and its connection with the introduction of BIM technology. *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoi ekonomiki Rossii*. 2022. No. 1, pp. 566–567. (In Russian).
11. Sheina S.G., Umnyakova N.P., Giryа L.V., Dobrovolskii R.I. Energy saving technologies in the use of underground space at different stages of the building life cycle. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 6, pp. 29–32. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-6-29-32>

УДК 624.5

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-9-12>

Н.А. БУЗАЛО¹, канд. техн. наук (buzalo_n@mail.ru), Р.Р. ПОНОМАРЕВ¹, аспирант (tiberium777@mail.ru);
В.А. СМІРНОВ^{2,3}, канд. техн. наук (belohvost@list.ru)

¹ Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова (346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132)

² Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Моделирование узлов вантовых покрытий спортивных сооружений

Статья посвящена моделированию узлов вантовых покрытий спортивных сооружений. В последние десятилетия вантовые системы все чаще применяются при строительстве большепролетных сооружений, в том числе спортивных комплексов. Стадионы и спортивные комплексы, построенные на территории новых современных микрорайонов, становятся центрами притяжения городских жителей, играют особую роль в обновлении и оживлении городской среды. Преимуществами вантовых систем являются возможность сокращения количества опор каркаса, снижение стоимости монтажных и транспортных работ, сокращение сроков строительства, использование меньшего количества металла. Это позволяет снизить затраты на реализацию проекта и улучшить экономическую эффективность. Однако использование закрытых канатов, подверженных коррозии и усталости материала, в вантовых системах может привести к неожиданному отказу системы. Решением может стать использование открытых канатов. В статье подчеркиваются преимущества вантовых систем, рассматриваются перспективные направления их проектирования с использованием методов твердотельного моделирования. Создание цифровых моделей дает возможность оценить влияние удлинения и перегиба вант, учесть продольную силу, возникающую в балочном элементе, изменения температуры, сравнить различные варианты конструктивных решений крепления вант к балочным элементам и пилонам. Авторы рассматривают несколько типов узлов вантовых покрытий и предлагают методы их моделирования.

Ключевые слова: вантовые покрытия, спортивные сооружения, твердотельное моделирование узлов крепления вантовых конструкций.

Для цитирования: Бузало Н.А., Пономарев Р.Р., Смирнов В.А. Моделирование узлов вантовых покрытий спортивных сооружений // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 9–12. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-9-12>

N.A. BUZALO¹, Candidate of Sciences (Engineering) (buzalo_n@mail.ru), R.R. PONOMAREV¹, Postgraduate student (tiberium777@mail.ru);
V.A. SMIRNOV^{2,3}, Candidate of Sciences (Engineering) (belohvost@list.ru)

¹ Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (132, Prosveshcheniya Street, Novocheerkassk, Rostov Region, 346428, Russian Federation)

² Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

³ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Modeling of Units of Cable-Stayed Coverings of Sports Facilities

The article is devoted to modeling of nodes of cable-stayed coverings of sports facilities. In recent decades, cable-stayed systems have been increasingly used in the construction of large-span structures, including sports complexes. Stadiums and sports complexes built on the territory of new modern micro-districts become centers of attraction for urban residents, play a special role in the renewal and revitalization of the urban environment. The advantages of cable-stayed systems are the possibility of reducing the number of frame supports, reducing the cost of installation and transportation work, reducing construction time, and using less metal. This makes it possible to reduce construction costs and improve the economic efficiency of the project. However, the use of enclosed ropes, subject to corrosion and material fatigue, in cable-stayed systems can lead to unexpected failure of the system. The solution may be to use open ropes. The article highlights the advantages of cable-stayed systems, considers perspective directions of their designing with the use of solid-state modeling methods. The creation of digital models makes it possible to evaluate the effect of elongation and skew of the cables, take into account the longitudinal force that occurs in the beam element, temperature changes, compare various options for constructive solutions for fastening the cables to beam elements and pylons. The authors consider various types of cable-stayed coating nodes and propose methods for their modeling.

Keywords: cable-stayed coverings, sports facilities, solid-state modeling of cable-stayed structure attachment points.

For citation: Buzalo N.A., Ponomarev R.R., Smirnov V.A. Modeling of units of cable-stayed coverings of sports facilities. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 9–12. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-9-12>

Во всем мире ежегодно возводятся новые, все более современные и вместительные спортивные сооружения, реконструируются и расширяются су-

ществующие. Стадионы и спортивные комплексы, выстроенные на территории новых современных микрорайонов, совмещающих объекты жилого и

коммерческого назначения, играют особую роль в обновлении и оживлении городской среды, поэтому тенденция использования инновационных архитектурных и конструктивных решений спортивных объектов в ближайшее время будет только развиваться.

При строительстве большепролетных сооружений в последние десятилетия применяются вантовые системы, которые ранее использовались в основном для автомобильных балочно-вантовых мостов и трубопроводных переходов (рис. 1). Ванты в таких сооружениях в основном формировались из витых канатов закрытого типа. Плотная свивка таких канатов создает относительную стабильность их деформационных свойств и защиту от коррозии. Помимо того, все слои каната или только наружные изготавливают из оцинкованных проволок. Однако модули деформации закрытых канатов существенно ниже модулей отдельных проволок, а агрегатная прочность каната на 5–15% ниже суммы прочностей проволок. Витые канаты, выпускаемые отечественной промышленностью, имеют модуль деформации около $1,6 \times 10^5$ МПа при модуле деформации составляющих канат проволок не менее 2×10^5 МПа (<https://stroyone.com/bridge/vantovye-mosty.html>).

Значительные преимущества вантовых систем в сравнении с конструкциями других типов по расходу материалов, по стоимости монтажных и транспортных работ, функциональным и эстетическим требованиям стали причиной широкого использования вантовых систем при возведении большепролетных спортивных сооружений в РФ и за рубежом (рис. 2, 3).

Применение вантовых конструктивных систем покрытий открывает возможность для сокращения числа опор в каркасе здания за счет увеличения размеров пролетов. При этом погонные затраты металла существенно сокращаются по сравнению с традиционно применяемыми системами, поскольку основными несущими конструкциями служат растянутые тросы и канаты, сформированные из высокопрочной

стальной проволоки, защищенные от коррозии специальными конструктивными мерами.

В вантовых покрытиях для вант в основном применяют канаты из параллельных проволок. Эти канаты имеют стабильные высокие модули деформации, равные характеристикам отдельных проволок, и агрегатную прочность, равную сумме прочностей проволок. Их недостатком является сложность намотки на барабаны из-за большой жесткости. Канаты из параллельных проволок изготавливали на заводах в виде пучков-полуфабрикатов, подвергаемых после формирования в ванты дополнительной защите от коррозии; позже была разработана технология выпуска с завода полностью готовых канатов из параллельных проволок, снабженных внутренней и наружной антикоррозионной и механической защитой. Канат, состоящий из 91 оцинкованной проволоки диаметром 5 мм, имеет модуль деформации 2×10^5 МПа, а агрегатную прочность не менее 2700 кН, соответствующую сумме прочностей проволок (предел прочности проволок 1500 МПа). Деформативность вантовых систем зависит в основном от жесткости вант, которая является функцией деформационных характеристик канатов и напряжений в них. В канатах из параллельных проволок можно создать большие напряжения, что в сочетании с высоким модулем упругости позволяет сооружать системы повышенной жесткости. Коэффициент запаса в канатах от нормативных нагрузок $k=2,5-2,7$ обеспечивает необходимую прочность и выносливость вант.

Для снижения концентрации напряжений в местах заделки канатов в анкера и в местах перегибов канатов необходимо применять анкера с упругим механическим заземлением проволок и с холодной их заливкой, использовать конструктивные приемы для уменьшения перегибов канатов на пилоне. Например, не перебрасывать канаты из параллельных проволок через седла, а каждую их ветвь закреплять самостоятельно на опоре (<https://stroyone.com/bridge/vantovye-mosty.html>).

В вантовых покрытиях ванты представляют собой, по существу, односторонние связи, которые

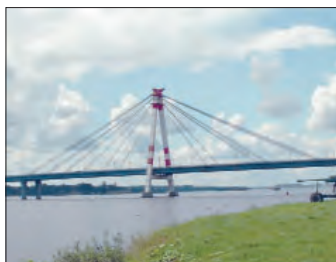


Рис. 1. Первый автомобильный вантовый мост в России через реку Шексну в Череповце, 1979 г. Ванты состоят из канатов закрытого типа диаметром 71,5 мм

Fig. 1. The first automobile cable-stayed bridge in Russia across the Sheksna River in Cherepovets, 1979. The shrouds consist of closed-type ropes with a diameter of 71.5 mm



Рис. 2. Стадион футбольного клуба «Ренн» (Франция), 2004 г. Вместимость 31 тыс. мест: а – внешний вид стадиона; б – модель вантового покрытия трибун

Fig. 2. Stadium of the football club «Rennes» (France), 2004 Capacity 31,000 seats: a – the appearance of the stadium; b – model of the cable-stayed roof of stands

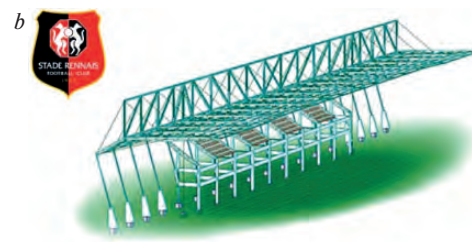




Рис. 3. Стадион «Ростов Арена», 2018 г. Вместимость 35000 мест: а – строительство стадиона; б – схема вантового покрытия трибун

Fig. 3. Stadium «Rostov Arena», 2018 Capacity 35,000 seats: a – construction of the stadium; b – scheme of the cable-stayed coverage of stands

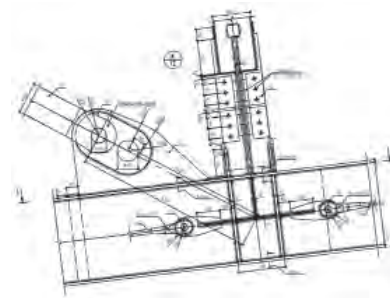
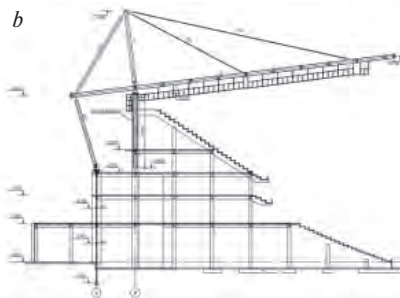


Рис. 4. Узел крепления вант к балочным элементам покрытия стадиона

Fig. 4. Knot of fixing the cable-stay to the beam elements of the stadium's coatings

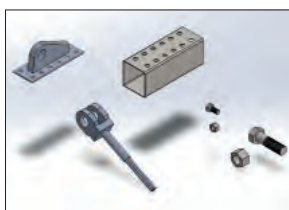


Рис. 5. Моделирование узла крепления вант к металлическим элементам

Fig. 5. Modeling of the fastening point of cable-stay to metal elements

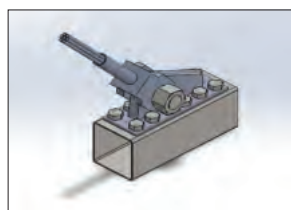
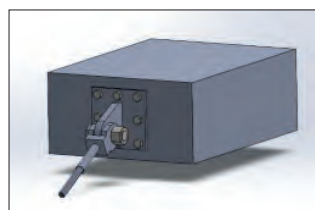


Рис. 6. Моделирование узла крепления вант к железобетонному пилону

Fig. 6. Modeling of the attachment point of the cable-stay to the reinforced concrete pylon



могут работать только на растяжение и не воспринимают сжимающих усилий. Представление вант как стержневых элементов в расчетной модели возможно только при наличии больших усилий от постоянной и временной нагрузок, вызывающих растяжение в вантах [1]. Важнейшим преимуществом вантовых конструкций является то, что их элементы имеют высокие допустимые растягивающие напряжения, ванты эластичны и работают нелинейно при загрузке (присутствуют оба типа нелинейности – геометрическая и физическая) [2].

В основу численных методов расчета, применяемых при проектировании вантовых систем, положены уравнения равновесия узлов и условия совместности деформаций элементов дискретной модели конструкции [3]. Различие методов состоит в выборе основных неизвестных, упрощающих допущений, а также в форме записи уравнений равновесия и различных способах учета нелинейности системы. Решение систем нелинейных уравнений ведется обычно итерационными способами. Применение теории матриц позволяет стандартизировать расчетные операции и сократить время расчета [4, 5].

Современные компьютерные средства проектирования позволяют инженерам расширить их представления о реальном поведении вантовых конструкций [6–8]. Они дают возможность оценить влияние удлинения и перегиба вант, учесть продольную силу, возникающую в балочном элементе, учесть изменения температуры, сравнить различные варианты конструктивных решений крепления вант к балочным

элементам (рис. 2), пилонам, заанкеривания в фундаментах и выбрать оптимальный.

Для моделирования узлов крепления вантовых конструкций возможно применение программного комплекса SolidWorks (Большаков В.П. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex, 2011). Программа имеет большое количество инструментов и функций, таких как создание сквозных отверстий, выдавливание деталей, наложение текстур и многих других. Кроме того, она поддерживает импорт и экспорт файлов из различных форматов, что позволяет легко обмениваться данными с другими ПК. SolidWorks позволяет путем эскизирования добиться нужной геометрии элемента на плоскости и методом «выдавливании» получить твердотельный объект. Спектр функций для проектирования позволяет создавать детали от фланцев и болтов до вилок для крепления вант и металлических канатов. На рис. 4 и 5 показан процесс моделирования узлов в ПК SolidWorks.

К преимуществам твердотельного моделирования в SolidWorks можно отнести взаимосвязь каждой детали в сборке с ее эскизом. Изменяя геометрические параметры одного из элементов, можно оптимизировать конструкцию узла.

На примере представленных моделей показана вариативность разработки отдельных элементов узла крепления вант к стальному и железобетонному элементам. В программной среде SolidWorks были разработаны пластины из листовой стали, вилки и переходные металлические цельные детали для крепления

вант, болтовые соединения. Моделирование узлов сопряжения вантового покрытия позволяет более точно предсказать поведение конструкции под нагрузкой в реальных условиях эксплуатации, что позволяет увеличить ее надежность. SolidWorks имеет функции анализа напряжений, динамического поведения и теплопередачи, которые позволяют проводить тщательный анализ конструкции перед ее производством, уменьшить вероятность ошибок и повысить качество продукции.

Возможно использование экосистемы SolidWorks – Ansys:SolidWorks – для создания детальных 3D-моделей конструкций, а Ansys – для проведения анализа напряжений, динамического поведения и теплопередачи. При этом SolidWorks может экспортировать файлы в формате, который может быть импортирован в Ansys, что позволяет быстро и легко передавать данные между пакетами. Таким образом, взаимодействие между SolidWorks и Ansys может значительно улучшить процесс проектирования и анализа конструкций вантовых покрытий, позволяя получить более точные результаты и уменьшить вероятность ошибок.

При проектировании ответственных сооружений, к которым относятся большепролетные спортивные сооружения с трибунами, рассчитанными на десятки тысяч зрителей, в особенности когда применяются относительно новые конструктивные решения, надежность и безопасность ключевых элементов и узлов системы имеют решающее значение. Определение напряженно-деформированного состояния несущих элементов каркаса и узлов их соединения на основе информационного моделирования является поставленной научной задачей.

Список литературы

1. Смирнов В.А. Висячие мосты больших пролетов. М.: Высшая школа, 1975. 368 с.
2. Кабанцев О.В., Карпиловский В.С., Криксунов Э.С., Перельмутер А.В. Технология расчетного прогноза напряженно-деформированного состояния конструкции с учетом истории возведения, нагружения и деформации. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2011. № 7 (3). С. 110–117.
3. Сыч С. Проектирование вантовых конструкций в Autodesk Robot Structural // *Analysis Professional CAD Master*. 2012. № 6. С. 84–86.
4. Бузало Н.А., Пономарев Р.Р., Смирнов В.А. Деформационный расчет вантовых конструкций покрытий спортивных сооружений // *Жилищное строительство*. 2022. № 10. С. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-10-46-49>
5. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: АСВ, 2011. 736 с.
6. Сафронов В.С. Расчет висячих и вантовых мостов на подвижную нагрузку. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1983. 196 с.
7. Ананьин А.И. Основные уравнения строительной механики в нелинейном расчете гибкой нити. Современные методы статического и динамического расчета сооружений и конструкций. Воронеж: Изд-во ВГАСА, 2002. С. 69–75.
8. Горбушко М.А., Ефремов И.М., Сидоров А.С., Смирнов С.А., Теплых А.В. Инженерные технологии построения расчетных моделей и анализа результатов в системе SCAD Office: модели металлокаркасов // *CAD Master*. 2006. № 5. С. 82–93.

References

1. Smirnov V.A. Visyachie mosty bol'shikh proletovm [Hanging bridges of large spans]. Moscow: Vysshaya shkola. 1975. 368 p.
2. Kabantsev O.V., Karpilovsky V.S., Kriksunov E.S., Perelmuter A.V. Technology of calculated prediction of the stress-strain state of the structure taking into account the history of construction, loading and deformation. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2011. No. 7 (3), pp. 110–117. (In Russian).
3. Sych S.V. Design of cable-stayed structures in Autodesk Robot Structural. *Analysis Professional CAD Master*. 2012. No. 6, pp. 84–86. (In Russian).
4. Buzalo N.A., Ponomarev R.R., Smirnov V.A. Deformational calculation of cable-stayed structures of sports facilities coverings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 7, pp. 46–49. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-7-46-49>
5. Perelmuter A.V., Slivker V.I. Raschetnye modeli sooruzhenii i vozmozhnost' ikh analiza [Design models of structures and the possibility of their analysis]. Moscow: ASV. 2011. 736 p.
6. Safronov V.S. Raschet visyachikh i vantovykh mostov na podvzhnuyu nagruzki [Calculation of suspension and cable-stayed bridges for mobile load]. Voronezh: Publishing House of Voronezh University. 1983. 196 p.
7. Ananyin A.I. Osnovnye uravneniya stroitel'noi mekhaniki v nelineinom raschete gibkoi niti. Sovremennye metody staticheskogo i dinamicheskogo rascheta sooruzhenii i konstruktсии [Basic equations of structural mechanics in nonlinear calculation of a flexible thread. Modern methods of static and dynamic calculation of structures and structures]. Voronezh: VGASA. 2002, pp. 69–75.
8. Gorbushko M.A., Erofeev I.M., Sidorov A.S., Smirnov S.A., Teplih A.V. Engineering technologies for constructing computational models and analyzing results in the SCAD Office system: metal frame models. *CAD Master*. 2006. No. 5, pp. 82–93.

УДК 697.133

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-13-17>

И.А. ШМАРОВ¹, канд. техн. наук; Е.В. КОРКИНА^{1,2}, канд. техн. наук (Elena.V.Korkina@gmail.com);
Л.В. БРАЖНИКОВА¹, инженер; О.Г. ГАГАРИНА³, инженер

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

³ Национальный исследовательский университет «МЭИ» (111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14, стр. 1)

Оценка энергосбережения при использовании естественного и искусственного освещения в Москве

Естественное освещение помещений зданий благотворно влияет на морфофункциональные характеристики организма человека, а также способствует экономии энергии на искусственное освещение в течение светового дня. Поэтому расчеты естественного освещения проводятся с учетом площади светового проема, увеличение которой будет способствовать сокращению энергии, затрачиваемой на искусственное освещение, а также повышению теплопоступлений от солнечной радиации и, как следствие, теплосбережению. Однако при этом также будет наблюдаться повышение трансмиссионных теплопотерь через заполнение светового проема. Для решения задачи по оптимальному размеру площади светового проема в статье рассматриваются энергетический и экономический критерии, разработанные авторами ранее. Энергетический критерий основан на составлении теплового баланса помещения при достигнутом нормируемом уровне естественного освещения с учетом изменения указанных факторов: тепловыделений от искусственных источников света, теплопоступлений от солнечной радиации и трансмиссионных теплопотерь. Экономический критерий учитывает стоимость тепловой и электрической энергии. Проведены расчеты по рассмотренным критериям для помещений различного назначения: жилого, офисного и школьного класса. Показано, что по энергетическим показателям увеличение площади светового проема является выгодным, в то время как по экономическим показателям оно невыгодно для трех месяцев отопительного периода для всех помещений. Таким образом, в работе показана возможность оценки целесообразности увеличения площади светового проема для помещений зданий по энергетическим и экономическим показателям.

Ключевые слова: энергоэффективность, искусственное и естественное освещение, светопроем, теплопоступления, теплопотери, солнечная радиация, низкоэмиссионное остекление.

Для цитирования: Шмаров И.А., Коркина Е.В., Бражникова Л.В., Гагарина О.Г. Оценка энергосбережения при использовании естественного и искусственного освещения в Москве // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-13-17>

I.A. SHMAROV¹, Candidate of Sciences (Engineering); E.V. KORKINA^{1,2}, Candidate of Sciences (Engineering) (Elena.V.Korkina@gmail.com);
L.V. BRAZHNIKOVA¹, Engineer; O.G. GAGARINA³, Engineer

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

³ National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (14, bldg.1, Krasnokazarmennaya Street, Moscow, 111250, Russian Federation)

Assessment of Energy Saving When Using Natural and Artificial Lighting in Moscow

Natural lighting of buildings has a beneficial effect on the morphological and functional characteristics of the human organism, and also helps to save energy for artificial lighting during daylight hours. Therefore, calculations of natural lighting are carried out taking into account the area of the light opening, the increase of which will contribute to reducing the energy spent on artificial lighting, as well as increasing heat gain from solar radiation and, as a result, heat conservation. However, there will also be an increase in transmission heat loss due to the filling of the light opening. To solve the problem of the optimal size of the area of the light opening, this paper considers the energy and economic criteria developed by the authors earlier. The energy criterion is based on the compilation of the thermal balance of the room at the achieved normalized level of natural lighting, taking into account changes in these factors: heat release from artificial light sources, heat gain from solar radiation and transmission heat loss. The economic criterion takes into account the cost of heat and electricity. Calculations were carried out according to the considered criteria for premises of various purposes: residential, office and school class. It is shown that, according to energy indicators, an increase in the area of the light opening is advantageous, while according to economic indicators it is unprofitable for three months of the heating period for all premises. Thus, the paper shows the possibility of assessing the feasibility of increasing the area of the light opening for the premises of buildings according to energy and economic indicators.

Keywords: energy efficiency, artificial and natural lighting, light opening, heat gain, heat loss, solar radiation, low emission glazing.

For citation: Shmarov I.A., Korkina E.V., Brazhnikova L.V., Gagarina O.G. Assessment of energy saving when using natural and artificial lighting in Moscow. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 13–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-13-17>

В современной строительной науке разрабатываются методы проектирования, которые соответствуют требованиям по экологичности и энергосбережению [1]. Так, для увеличения естественного освещения в помещениях строительные компании и архитекторы все больше обращают внимание на использование светопрозрачных конструкций, что, помимо визуального комфорта, способствует экономии электроэнергии на искусственное освещение [2]. Однако светопрозрачные конструкции имеют меньшую теплоизоляцию, чем стены, поэтому они пропускают больше теплоты в окружающее пространство [3]. Увеличение площади светопрозрачных конструкций может привести к снижению расхода электроэнергии на освещение, но в то же время увеличит расход тепловой энергии на отопление помещения [4–5]. Поэтому при проектировании зданий необходимо учитывать влияние светопрозрачных конструкций на тепловую энергоэффективность здания.

Доступные иностранные и российские публикации по данной теме не применяются на практике. Стандарты EN¹ и ИСО², разработанные за рубежом, не могут быть применены напрямую в Российской Федерации, так как они не учитывают световой и тепловой климат регионов России. Нормативный документ³ определяет энергетическую эффективность искусственного освещения без учета естественного освещения. Поэтому исследования, представленные в данной работе, по комплексной оценке экономии энергии на искусственное освещение при увеличении площади оконного проема являются актуальными.

Теоретические основы

В работе авторов [6] определено, при каком увеличении площади светопроема экономия энергии на искусственное освещение будет больше, чем расход энергии на отопление. В результате рассмотрения энергетического баланса помещения получен критерий, определяющий целесообразность увеличения площади световых проемов по энергетическим показателям:

$$V_{\text{эн}} = \frac{\Delta S \cdot g \cdot \tau_{2(2)} \cdot 278 \sum_{z=z_{\text{втр}}}^{z=z_{\text{веч}}} I_z^{\text{всп}}}{\sum_j P_{nj} \Delta z_D + \Delta S \cdot (t_b - t_n) \cdot 24 \left(\frac{1}{R_{ok2}} - \frac{1}{R_o} \right)}, \quad (1)$$

где ΔS – величина, на которую увеличена площадь светопроема, м²; g – общий коэффициент пропуска-

ния солнечной радиации через остекление, д. ед., принимается по данным производителя остекления или по методике⁴; $\tau_{2(2)}$ – коэффициент затенения солнечной радиации переплетами увеличенного оконного блока, рассчитывается по методике⁴, д. ед.; $I^{\text{всп}}$ – суммарная солнечная радиация, поступающая на фасад заданной ориентации за световой день, МДж/(м²·сут), рассчитывается согласно методике СП 345.1325800.2017⁴; 278 – переводной коэффициент из [МДж/сут] в [Вт·ч/сут]; Δz_D – сокращение длительности горения ламп в дневное время, ч/сут; P_{nj} – мощность ламп, Вт; $R_{ок}$ – приведенное сопротивление теплопередаче увеличенного оконного блока⁵, м²·°С/Вт; R_o – приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены⁵ (без светопроема), м²·°С/Вт; t_b – температура воздуха внутри помещения⁶, °С; t_n – средняя месячная температура наружного воздуха⁷, °С.

При значении критерия, большем единицы, увеличение площади светопроемов целесообразно [7]:

$$V_{\text{эн}} > 1. \quad (2)$$

Физический смысл выражений (1)–(2) заключается в том, что при увеличении площади оконных проемов увеличение притока солнечного тепла должно быть больше, чем расход энергии на искусственное освещение (при сокращенном времени его использования) и энергии, теряемой за счет увеличения трансмиссионных теплопотерь. Если неравенство (2) выполняется, то увеличение площади световых проемов считается выгодным с точки зрения энергоэффективности.

В работе [7] выражение (1) определено также в денежном эквиваленте:

$$V_{\text{эк}} = \frac{C_m \cdot \Delta S \cdot g \cdot \tau_{2(2)} \cdot 278 \sum_{z=z_{\text{втр}}}^{z=z_{\text{веч}}} I_z^{\text{всп}}}{C_3 \cdot \sum_j P_{nj} \Delta z_D + C_m \cdot \Delta S \cdot (t_b - t_n) \cdot 24 \left(\frac{1}{R_{ok2}} - \frac{1}{R_o} \right)}, \quad (3)$$

где C_m и C_3 – стоимость тепловой и электрической энергии, р./(кВт·ч).

По аналогии с (2) показано:

$$V_{\text{эк}} > 1. \quad (4)$$

Пример расчета

Для примера рассматриваются три варианта помещений: жилое, офисное, школьный класс. Выбор светильников в этих помещениях для обеспечения

¹ EN 15193-1:2017 «Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting. Part 1: Specification».

² ISO 52000-1:2017 «Energy performance of buildings – Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures».

³ ГОСТ 32498–2013 «Методы определения показателей энергетической эффективности искусственного освещения».

⁴ СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты».

⁵ СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003».

⁶ ГОСТ 30494–2011 «Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

⁷ СП 131.13330.2012. «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01–99*».

Таблица 1
Table 1

Параметры для вычисления выражений (1)–(2) и (3)–(4) для жилого, офисного и школьного помещений
Parameters for calculating expressions (1)–(2) and (3)–(4) for residential, office and school premises

Параметр	Жилая комната	Офисное помещение	Школьный класс
Освещенность, лк	150	300	400
Размер помещения, Ш×Г×В, м	3×6×3	6×6×3	6,4×8×3,6
Суммарная мощность ламп $\sum_j P_{nj}$, Вт	300	432	480
Количество окон	1	2	3
Площадь одного окна S_1 , м ²	4,2	3,78	2,61
Площадь одного окна S_2 , м ²	5,3	5,04	2,88
ΔS , м ²	1,1	1,26	0,27
Формула стеклопакета	4M1-12-4M1-12-4И	4И-16Ar-4M1-16Ar-4И	4M1-12-4M1-12-4M1
g-фактор	0,63	0,5	0,68
$R_{ок2}$, (м ² ·°C)/Вт	0,92	1,45	0,66
$\tau_{2(2)}$, д. ед.	0,78	0,67	0,75

Таблица 2
Table 2

Проверка условий (2), (4) выгоды увеличения площади светопроема по энергетическим, $V_{эн}$, и экономическим, $V_{эк}$, показателям для жилого, офисного и школьного помещений
Verification of conditions (2), (4) benefits of increasing the area of the light transmission by energy, $V_{эн}$, and economic, $V_{эк}$, indicators for residential, office and school premises

Сутки месяца	Жилая комната		Офисное помещение		Школьный класс	
	$V_{эн}$	$V_{эк}$	$V_{эн}$	$V_{эк}$	$V_{эн}$	$V_{эк}$
Октябрь	2,97	1,19	2,93	1,08	2,87	1,33
Ноябрь	2,35	1,13	2,53	1,07	2,02	1,15
Декабрь	1,48	0,84	1,72	0,85	1,16	0,78
Январь	1,73	0,91	1,94	0,88	1,41	0,88
Февраль	2,39	1,12	2,56	1,06	2,07	1,16
Март	2,72	1,12	2,72	1,02	2,57	1,23
Апрель	2,09	0,77	1,96	0,68	2,17	0,89

совмещенного освещения проводится согласно СП 52.13330.2016⁸. Размеры помещений и светопроемов в них указаны в табл. 1. Ориентация светопроемов южная.

В жилом помещении имеется искусственный источник света – люстра с шестью лампами накаливания мощностью по 60 Вт. Суммарная мощность ламп люстры составляет:

$$\sum_j P_{nj} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ Вт.}$$

В офисном помещении применены 6 светильников PRB/S 418 с четырьмя люминесцентными лампами общей мощностью $4 \times 18 = 72$ Вт, их суммарная мощность составляет:

$$\sum_j P_{nj} = 6 \cdot 72 = 432 \text{ Вт.}$$

Для освещения школьного класса использованы двенадцать светильников со светодиодными модуля-

ми EL-ДВО-01-040-7464-40Н мощностью 40 Вт, их суммарная мощность составляет:

$$\sum_j P_{nj} = 40 \cdot 12 = 480 \text{ Вт.}$$

Выбор стеклопакетов в оконных блоках рассматриваемых помещений обусловлен нормированием КЕО⁸ и приведенного сопротивления теплопередаче оконных блоков⁵.

Сокращение времени использования искусственного освещения, Δz_D , определяется исходя из увеличения площади светопроемов, что отображено в работе [8].

В Москве в 2023 г. установлена следующая стоимость:

- тепловой энергии для потребителей, подключенных к тепловой сети до тепловых пунктов, 2 р./(кВт·ч);
- электрической энергии при однотарифном учете для домов с газовыми плитами 6,43 р./(кВт·ч).

⁸ СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*».

Расчет других параметров проводится согласно методикам и нормативным документам, что рассмотрено в [6].

Анализ результатов

Исходя из данных табл. 2 по энергетическим показателям увеличение площади оконного блока для всех рассматриваемых помещений является выгодным ($V_{ЭН} > 1$). По экономическим показателям наблюдаются различия в расчетах по месяцам для рассматриваемых помещений. Так, во всех рассматриваемых помещениях увеличение площади светопроема является невыгодным для декабря, января и апреля. Кроме того, в офисном помещении увеличение площади светопроема является маловыгодным также и для октября, ноября, февраля, марта, так как значение критерия $V_{ЭК}$ близко к критическому значению (превышает его всего на 2–8%). Такой результат объясняется повышенными ценами на тепловую и электрическую энергию для заданного климата, а также тем, что для зимних месяцев наблюдается понижение интенсивности солнечной радиации и повышение трансмиссионных теплопотерь. Для апреля значение $V_{ЭК} < 1$ объясняется особенностями поступления солнечной радиации: Солнце находится выше над горизонтом, и солнечная радиация на вертикальную поверхность поступает под большим углом, что в сочетании с еще не слишком увеличенной ее интенсивностью приводит к снижению ее поступления и, следовательно, к уменьшению значения критерия $V_{ЭК}$. В марте, когда наблюдается наибольшее поступление солнечной радиации на южный фасад в Москве, для офисного помещения оказывается маловыгодным увеличение площади оконных блоков вследствие использования двухкамерного стеклопакета с двумя низкоэмиссионными стеклами, которые существенно ограничивают поступление солнечной радиации (солнечный фактор низкий: $g=0,5$), что уменьшает значение критерия $V_{ЭК}$.

Заключение

Рассмотрены критерии энергетической и экономической оценки выгоды увеличения площади светового проема. Критерии основаны на составлении теплового баланса помещения с учетом тепловыделений от искусственных источников света, теплопоступлений от солнечной радиации и трансмиссионных теплопотерь через световой проем.

По представленным критериям проведен расчет целесообразности увеличения площади световых проемов для помещений различного назначения: жилого (комнаты или гостиничного номера), офисного и школьного класса, проектируемых для г. Москвы.

Для каждого случая проведена оценка значений разработанных критериев. Показано, что по энергетическим показателям увеличение площади светового проема является выгодным для всех рассматриваемых помещений, а по экономическим показателям – невыгодным для декабря, января и апреля. При этом отмечено, что при использовании двухкамерного стеклопакета с двумя низкоэмиссионными стеклами в офисном помещении увеличение площади светового проема является маловыгодным для других месяцев отопительного периода вследствие пониженного значения общего коэффициента пропускания солнечной радиации таким остеклением.

Таким образом, в работе показана возможность оценки по энергетическим и экономическим показателям целесообразности увеличения площади светового проема в проектируемом помещении с применением рассмотренных критериев.

Список литературы / References

1. Thi Khanh Phuong Nguyen, Solovyov A.K., Thi Hai Ha Pham, Kim Hanh Dong. Confirmed method for definition of daylight climate for tropical Hanoi. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 982(01): 35–47. 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_4
2. Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V., Sabat N. Economic and energy efficiency of artificial lighting control systems for stairwells of multistory residential buildings. *Journal of Daylighting*. 2020. Vol. 7. No. 1, pp. 93–106.
3. Cheng Sun, Qianqian Liu and Yunsong Han. Many-objective optimization design of a public building for energy, daylighting and cost performance improvement. *Applied Sciences*. 2020. 10 (7). 2435. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072435>
4. Коржнева Т.Г., Ушаков В.Я., Овчаров А.Т. Учет ресурса естественного света при оптимизации энергозатрат помещения // *Вестник ТГАСУ*. 2013. № 3. С. 156–164.
4. Korzhneva T.G., Ushakov V.Ia., Ovcharov A.T. Taking into account the resource of natural light when optimizing the energy consumption of the room. *Vestnik of TSASU*. 2013. No. 3, pp. 156–164. (In Russian).
5. Kupriyanov V., Sedova F. Energy method for calculating insolation of residential apartments. *IOP conference series. Materials Science and Engineering. Kazan. Russia*. 2020. 012038.
6. Шмаров И.А., Коркина Е.В., Бражникова Л.В., Гагарина О.Г. Теоретические аспекты экономии энергии на искусственное освещение помещения при увеличении площади светового проема //

- БСТ: Бюллетень строительной техники.* 2022. № 6 (1054). С. 54–57.
6. Shmarov I.A., Korkina E.V., Brazhnikova L.V., Gagarina O.G. Theoretical aspects of energy saving for artificial lighting of a room with an increase in the area of the light opening. *BST: Bulletin stroitelnoy tehniki.* 2022. No. 6 (1054), pp. 54–57. (In Russian).
7. Коркина Е.В., Шмаров И.А., Войтович Е.В. Исследования времени наступления критической освещенности для оценки длительности дневного естественного освещения // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.* 2022. № 6. С. 35–42. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-35-42
7. Korkina E.V., Shmarov I.A., Voi`tovich E.V. Studies of the time of the onset of critical illumination to assess the duration of daytime natural illumination. *Vestnik BGTU.* 2022. No. 6, pp. 35–42. (In Russian). DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-6-35-42
8. Горбаренко Е.В., Шиловецова О.А. Естественная освещенность горизонтальной и вертикальных поверхностей по данным наблюдений МО МГУ // *Строительство и реконструкция.* 2018. № 4 (78). С. 53–63.
8. Gorbarenko E.V., Shilovtceva O.A. Natural illumination of horizontal and vertical surfaces according to observations CAN. *Stroitelstvo i reconstruction.* 2018. No. 4 (78), pp. 53–63. (In Russian).



Новосибирский государственный аграрный университет
Объединенная редакция научно-технических журналов
«Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®



Российская академия естественных наук (РАЕН)



Академия пробел качества (АПК)



Международная научно-практическая конференция «НОВЫЕ ПРОГРЕССИВНЫЕ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ»

18–21 июля 2023 г.

Б/О «Бухта Лазурная»*

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИИ

- | | |
|---------|---|
| 18 июля | Заезд; расселение участников |
| 19 июля | Пленарное заседание (конференц-зал, «Бухта Лазурная») |

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Современные инновационные строительные материалы
- Новые технологические решения в материаловедении
- Использование нанодобавок для повышения качества строительных композитов
- Практические примеры внедрения новых материалов и технологий в строительстве
- Контроль качества строительных материалов и изделий

Заявки и материалы и для участия в работе просьба направлять по электронному адресу:
gtnsai@mail.ru до 5 июля 2023 г.

Председатель оргкомитета конференции ПИЧУГИН Анатолий Петрович, д-р техн. наук, проф.,
член редакционного совета журнала «Строительные материалы»®
Тел.: 8-913-929-23-50.

По результатам работы на пленарном заседании будет сформирован сборник научных трудов,
лучшие статьи и выступления которого будут рекомендованы для опубликования
в журналах «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство».

* Новосибирская обл., Барабинский р-н, деревня Квашино. Проезд от ст. Барабинск, НСО до с. Квашино (50 км) и далее до «Бухта Лазурная» (4 км); Телефон для справок 8-913-929-23-50.

УДК 699.84

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-18-22>

А.И. АНТОНОВ^{1,2}, д-р техн. наук (aiant58@yandex.ru); В.П. ГУСЕВ¹, д-р техн. наук (niisf@mail.ru);
В.И. ЛЕДЕНЕВ^{1,2}, д-р техн. наук (ledvi46@yandex.ru);
И.В. МАТВЕЕВА², канд. техн. наук (times02@yandex.ru); М.А. ПОРОЖЕНКО¹, инженер (mporoz@mail.ru)

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Тамбовский государственный технический университет (392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106)

Численные методы расчета шума в несоразмерных помещениях гражданских зданий

В гражданских зданиях различного назначения имеется большое количество помещений с крупными габаритами. Большинство из них являются несоразмерными по пропорциям. Они, как правило, согласно имеющейся классификации, относятся к длинным или плоским помещениям, распределение звуковой энергии в которых имеет свои характерные особенности. На распределение звуковой энергии в таких помещениях в значительной мере оказывает влияние характер отражения звука от ограждений. Установлено, что в большинстве случаев отражение звука в несоразмерных помещениях имеет зеркально-диффузный характер. При таком отражении в помещениях кроме прямого звука образуется отраженное звуковое поле, энергетические характеристики которого определяются зеркальной и диффузной составляющими этого поля. По этой причине для расчета отраженной звуковой энергии должны применяться комбинированные расчетные модели, в которых для определения энергетических характеристик зеркальной и диффузной составляющих отраженного поля должны использоваться разные методы расчета. В статье проанализированы разработанные авторами комбинированные методы расчета, используемые для оценки шумового режима в несоразмерных помещениях при зеркально-диффузном характере отражения звука от ограждений. На основе выполненного анализа разработанных методов установлено, что наиболее приемлемым для практических расчетов является комбинированный метод расчета, в котором зеркальная составляющая определяется методом прослеживания лучей, а диффузно рассеянная энергия – численным статистическим энергетическим методом. Для его реализации в настоящее время разработана компьютерная программа, позволяющая производить расчеты в несоразмерных помещениях любой сложной формы.

Ключевые слова: помещения гражданских зданий, шумовой режим помещений, зеркально-диффузное отражение звука, методы расчета шума.

Для цитирования: Антонов А.И., Гусев В.П., Леденев В.И., Матвеева И.В., Пороженко М.А. Численные методы расчета шума в несоразмерных помещениях гражданских зданий // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-18-22>

A.I. ANTONOV^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering) (aiant58@yandex.ru); V.P. GUSEV¹, Doctor of Sciences (Engineering) (niisf@niisf.ru);
V.I. LEDENEV^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering) (ledvi46@yandex.ru); I.V. MATVEEVA², Candidate of Sciences (Engineering) (times02@yandex.ru);
M.A. POROZHENKO¹, Engineer (mporoz@mail.ru)

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Tambov State Technical University (106, Sovetskaya st., Tambov, 392000, Russian Federation)

Numerical Methods for Calculating Noise in Disproportionate Rooms of Civil Buildings

In civil buildings of various purposes there are a large number of rooms with large dimensions. Most of them have disproportionately proportioned volumes. They, as a rule, according to the available classification, belong to long or flat rooms, the distribution of sound energy in which has its own characteristic features. The distribution of sound energy in such rooms is largely influenced by the nature of the reflection of sound from fences. It is established that in most cases the sound reflection in disproportionate rooms has a mirror-diffuse character. With such reflection in rooms, in addition to direct sound, a reflected sound field is formed, the energy characteristics of which are determined by the mirror and diffuse components of this field. For this reason, combined calculation models should be used to calculate the reflected sound energy, in which different calculation methods should be used to determine the energy characteristics of the mirror and diffuse components of the reflected field. The article analyzes the combined calculation methods developed by the authors, used to assess the noise regime in disproportionate rooms with a mirror-diffuse nature of sound reflection from fences. Based on the analysis of the developed methods, it was found that the most acceptable for practical calculations is the combined calculation method, in which the mirror component is determined by the ray tracing method, and the diffusely scattered energy is determined by the numerical statistical energy method. To implement it, a computer program has now been developed that allows calculations to be made in disproportionate rooms of any complex shape.

Keywords: premises of civil buildings, noise regime of premises, mirror-diffuse reflection of sound, noise calculation methods.

For citation: Antonov A.I., Gusev V.P., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Porozhenko M.A. Numerical methods for calculating noise in disproportionate rooms of civil buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 18–22. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-18-22>

В настоящее время в гражданских зданиях имеются крупноразмерные помещения, предназначенные для пребывания в них большого количества посетителей. К ним, в частности, относятся офисные и учебные помещения, торговые помещения различного назначения, помещения для зрелищных мероприятий и др. Подобные помещения имеются также и на предприятиях, встраиваемых в жилые здания [1, 2]. Отличительной особенностью таких помещений является несоразмерность их геометрических параметров. По своим пропорциям они чаще всего являются длинными или плоскими.

Как правило, в помещениях такого назначения при эксплуатации возникают высокие уровни шума, негативно воздействующие на посетителей. По этой причине на стадии проектирования необходимо производить прогнозирование в них будущего шумового режима с целью оценки его соответствия нормативным требованиям.

Шумовой режим помещений формируется за счет прямого звука, излучаемого источниками звука, действующими в помещении, и отраженной энергии, образующейся при отражении прямого звука от ограждений. Расчет прямого звука не представляет сложности. Как правило, источники шума являются точечными и расчет излучаемой ими энергии производится по простой формуле с учетом значений фактора направленности и пространственного угла излучения источников [3]. Более сложно в таких помещениях формируется отраженная звуковая энергия. Отраженная энергия спадает при удалении от источника звука и, соответственно, ее величина в расчетных точках зависит от их расположения по отношению к источнику.

Распределение отраженной энергии зависит от характера отражения звука от ограждений [4]. Установлено, что отражение звука во многих случаях соответствует зеркально-диффузному характеру, при котором часть падающей энергии отражается зеркально, а другая ее часть диффузно рассеивается [5]. Разделение отраженной энергии на зеркальную и диффузную составляющие определяется коэффициентом β , равным отношению рассеянно отраженной энергии к зеркально падающей на ограждение энергии. Согласно выполненным исследованиям коэффициент β зависит от различных параметров помещений, а именно от их пропорций, сложности формы, наличия рассеивающего звук оборудования и других менее значимых факторов. В монографии [5] приведены рекомендуемые значения коэффициентов β , полученные на основе сравнения расчетных и экспериментальных данных для ряда характерных помещений гражданских и промышленных зданий.

Таким образом, при зеркально-диффузном характере отражения звука от ограждений в помещениях образуются отраженные звуковые поля, энергетические характеристики которых определяются их зеркальной и диффузной составляющими. Следовательно, при оценке шумового режима помещений необходимо в каждой точке производить расчеты энергии прямого звука и энергий зеркальной и диффузной составляющих отраженного звукового поля. Уровень звукового давления в этом случае определяется по формуле:

$$L_i = 10 \lg \left[c \left(\varepsilon_i^{np} + \varepsilon_i^3 + \varepsilon_i^d \right) / I_0 \right], \quad (1)$$

где ε_i^{np} , ε_i^3 , ε_i^d – плотности энергий прямого звука, зеркальной и диффузно рассеянной составляющих отраженного звука в i -й расчетной точке помещения; c – скорость звука в воздухе; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – пороговая интенсивность звука.

В настоящее время авторами для расчета энергетических характеристик такого шумового режима разработаны численные методы расчета, учитывающие разделение отраженной энергии на зеркальную и диффузную составляющие [5]. В зависимости от формы помещений предложены различные комбинированные методы расчета. Например, для помещений правильной геометрической формы в виде прямоугольных параллелепипедов прямая и зеркально отраженная энергии определяются методом мнимых источников [6], а диффузно рассеянная энергия методом, реализующим интегральное уравнение Куттруфа, разработанное на основе уравнения Фредгольма (Fredholm E.I. Sur une classe d'equations fonctionnelles. *Acta Mathematica*. 1903. № 27. P. 365–390) второго рода [7]. Методика расчета подробно рассмотрена в [5].

В связи с тем, что формы реальных помещений могут существенно отличаться от правильных геометрических форм, предложен комбинированный метод расчета, в котором энергии прямого звука и зеркально отраженной составляющей вычисляются методом прослеживания лучей, а диффузно рассеянной энергии – на основе интегрального уравнения Куттруфа. Методика расчета данным комбинированным методом также рассмотрена в [5].

Выполненные авторами исследования применения указанных выше комбинированных методов показали, что расчеты диффузно рассеянной энергии при использовании уравнения Куттруфа создают ряд трудностей вычислительного характера [5]. В частности, существенным недостатком расчетных комбинированных моделей с использованием для определения диффузно рассеянной звуковой энергии уравнения Куттруфа является необходимость заново повторять численный расчет интеграла для каждой

Результаты расчетов уровней звукового давления отраженного шума
Results of calculations of sound pressure levels of reflected noise

Расстояние от источника до расчетной точки, м	Уровни звукового давления, дБ, полученные				
	методом Куттруфа	статистическим энергетическим методом при числовом коэффициенте			
		0,5	0,4	0,3	0,25
2	90,2	89,8	90	90,2	90,4
8	84,4	86	85,8	85,5	85,3
14	78,9	82	81,3	80,3	79,7
20	75	78	76,9	75,3	74,3

точки помещения. В этом случае сложно выполнять построение шумовых карт помещений, необходимых для решения разных акустических задач, например для оценки шумового режима непостоянных рабочих мест, а также для оценки акустической эффективности мер снижения шума в помещении [8, 9].

Более приемлемой для этого является расчетная модель, основанная на методе прослеживания лучей и статистическом энергетическом методе [5, 10]. Расчетная модель разработана нами для оценки шумового режима в помещениях различных сложных форм, в том числе и несоразмерных [5, 11].

При оценке диффузной составляющей отраженной звуковой энергии в данной расчетной модели используется статистический энергетический метод, в основу которого положена связь в отраженном квазидиффузном звуковом поле между плотностью потока звуковой энергии \bar{q} и градиентом плотности энергии ϵ , имеющая согласно [10] вид:

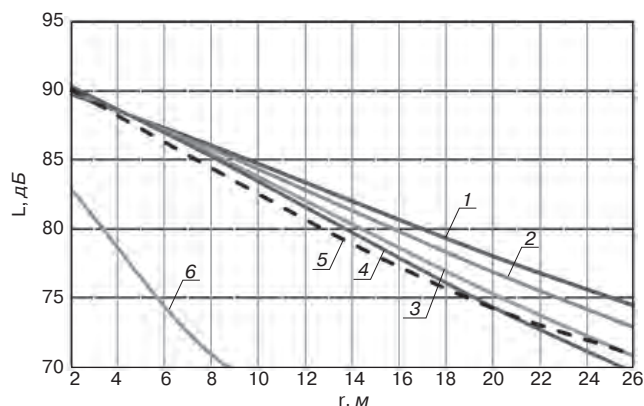
$$\bar{q} = 0,5cl_{cp}grad\epsilon, \quad (2)$$

где l_{cp} – средняя длина свободного пробега звука в помещении.

Входящий в выражение (2) числовой коэффициент $k=0,5$ определен в работе [12]. При исследованиях было установлено, что величина числового коэффициента может изменяться в пределах от 0,2 до 0,6 и, следовательно, результаты расчета величины диффузной составляющей при коэффициенте 0,5 могут иметь погрешности.

Для оценки этой погрешности выполнен численный эксперимент, при котором производилось сравнение между данными расчетов, полученными в диффузном звуковом поле численным методом, реализующим уравнение Куттруфа, и статистическим энергетическим методом.

Ниже в качестве примера приведены результаты расчетов отраженного шума для длинного помещения размерами 36×3,6×3,6 м в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Коэффициенты звукопоглощения ограждений помещения равны 0,15. Звуковая мощность источника шума $L_w=100$ дБ. Центр точечного источника располагается на высоте 1,2 м от пола по оси помещения на



Уровни звукового давления в длинном помещении, рассчитанные: 1–4 – численным статистическим энергетическим методом соответственно при $k = 0,5; 0,4; 0,3; 0,25$; 5 – методом Куттруфа; 6 – уровень прямого звука

Sound pressure levels in a long room, calculated by: 1–4 – numerical statistical energy method, respectively, at $k = 0,5; 0,4; 0,3; 0,25$; 5 – by the Kuttruf method; 6 – the level of direct sound

расстоянии 4 м от торца помещения. Расчетные точки расположены на расстояниях 2, 4, 14 и 20 м от источника. Результаты расчетов приведены в таблице и на рисунке. Расчеты выполнены с использованием комплексной компьютерной программы, реализующей методы расчета на основе интегрального уравнения Куттруфа и статистического энергетического подхода [13].

Из расчетов видно, что расхождения результатов, полученных между точным методом Куттруфа и численным статистическим энергетическим методом, не превышают 3 дБ при числовом коэффициенте 0,5. Данная величина расхождения допустима при выполнении практических расчетов. Аналогичные результаты получены и при других расчетных ситуациях в несоразмерных помещениях с различными пропорциями.

В целом анализ разработанных методов расчета шума в несоразмерных помещениях показал, что наиболее приемлемым для практических расчетов является комбинированный метод, основанный на методе прослеживания лучей и статистическом энергетическом методе. Метод в настоящее время используется нами при оценке шумового режима в гражданских и промышленных зданиях.

Список литературы

1. Шубин И.Л., Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Меркушева Н.П. Оценка шумового режима в помещениях предприятий, встроенных в жилые здания // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 3–8. DOI 10.31659/0044-4472-2020-6-3-8
2. Шубин И.Л., Аистов В.А., Пороженко М.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения // *Строительные материалы*. 2019. № 3. С. 33–43. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-768-3-33-43>
3. Гусев В.П., Антонов А.И., Соломатин Е.О., Макаров А.М. Расчетные модели излучения звука точечными источниками шума промышленных предприятий // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 3 (381). С. 191–196.
4. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Федорова О.О. Влияние характера отражения звука от ограждений на выбор метода расчета воздушного шума в гражданских и промышленных зданиях // *Приволжский научный журнал*. 2017. № 2 (42). С. 16–23.
5. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Шубин И.Л. Расчеты шума в гражданских и промышленных зданиях при зеркально-диффузном отражении звука от ограждений. М.: ООО «Директмедиа Пабблишинг», 2022. 192 с.
6. Розенберг Л.Д. Метод расчета звуковых полей, образованных распределенными системами излучателей // *ЖТФ*. 1942. Т. 12. С. 102–148.
7. Kuttruf H. Simulierte Nachalkurven in Rechtekraumen mit diffusem Shallfeld // *Acustica*. 1971. Vol. 25. No. 6, pp. 333–342.
8. Римшин В.И., Трунтов П.С., Кецо Е.С. Комплексный подход к выполнению акустических расчетов при техническом обследовании аварийного жилого фонда // *Строительные материалы*. 2021. № 6. С. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-21-24>
9. Леденев В.И., Меркушева Н.П. Акустические расчеты при проектировании шумозащиты непостоянных рабочих мест в помещениях с автоматизированными производственными процессами. *Современная наука: теория, методология, практика: Материалы 2-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции*. Тамбов: ИП Чеснокова А.В., 2020. С. 31–38.
10. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Шубин И.Л. Расчеты шума при проектировании шу-

References

1. Shubin I.L., Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Merkusheva N.P. Evaluation of the noise regime in the premises of enterprises built into residential buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 3–8. (In Russian). DOI 10.31659/0044-4472-2020-6-3-8
2. Shubin I.L., Aistov V.A., Porozhenko M.A. Sound Insulation of enclosing Structures in high-rise Buildings. Requirements and Methods of Support. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 3, pp. 33–43. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-768-3-33-43>
3. Gusev V.P., Antonov A.I., Solomatin E.O., Makarov A.M. Computational models of sound emission by point noise sources of industrial enterprises. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeni. Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 3 (381), pp. 191–196. (In Russian).
4. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Fedorova O.O. Influence of the nature of sound reflection from fences on the choice of air noise calculation method in civil and industrial buildings. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2017. No. 2(42), pp. 16–23. (In Russian).
5. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Shubin I.L. Raschety shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh pri zerkal'no-diffuznom otrazhenii zvuka ot ograzhdenii [Noise calculations in civil and industrial buildings with mirror-diffuse reflection of sound from fences]. Moscow: Directmedia Publishing, 2022. 192 p.
6. Rosenberg L.D. Method of calculating sound fields formed by distributed systems of emitters. *ZhTF*. 1942. Vol.12, pp.102–148. (In Russian).
7. Kuttruf H. Simulierte Nachalkurven in Rechtekraumen mit diffusem Shallfeld. *Acustica*. 1971. Vol. 25. No. 6, pp. 333–342.
8. Rimshin V.I., Truntov P.S., Ketsko E.S. An integrated approach to performing acoustic calculations during technical inspection of emergency housing stock. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2021. No. 6, pp. 21–24. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-21-24>
9. Ledenev V.I., Merkusheva N.P. Acoustic calculations in the design of noise protection of non-permanent workplaces in rooms with automated production processes. *Modern science: theory, methodology, practice: Materials of the 2nd All-Russian (national) Scientific and practical Conference*. Tambov: IP Chesnokova A.V. 2020, pp. 31–38. (In Russian).
10. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Shubin I.L. Raschety shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Noise calculations

- мозаичиты в производственных зданиях. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. 274 с.
11. Giyasov B.I., Ledenyov V.I., Matveeva I.V. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 1 (77). P. 13–22. DOI 10.18720/MCE.77.2.
 12. Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T., Tsukernikov I., Shubin I. Coupling coefficient of flux density and density gradient of reflected sound energy in quasi-diffuse sound fields // *Journal of Theoretical and Computational Acoustics*. 2019. Vol. 27. № 2. 1850053.
 13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611868. Российская Федерация. *Комплексная программа по расчету звуковых полей в помещениях и проектированию средств защиты от шума / Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И., Яровая Т.С., Матвеева И.В. Заявл. 22.01.2019. Опубл. 05.02.2019.*
11. Giyasov B.I., Ledenyov V.I., Matveeva I.V. Method for noise calculation under specular and diffuse reflection of sound. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. No. 1 (77), pp. 13–22. DOI 10.18720/MCE.77.2.
 12. Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T., Tsukernikov I., Shubin I. Coupling coefficient of flux density and density gradient of reflected sound energy in quasi-diffuse sound fields. *Journal of Theoretical and Computational Acoustics*. 2019. Vol. 27. No. 2. 1850053.
 13. Certificate of state registration of the computer program No. 2019611868 Russian Federation. *A comprehensive program for the calculation of sound fields in rooms and the design of noise protection equipment / Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Yarovaya T.S., Matveeva I.V. Declared 22.01.2019. Publ. 05.02.2019.*

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.



Книга «Технология гипсовых отделочных материалов и изделий»

Автор – Федулов А.А.

В книге описано производство гипсовых отделочных материалов и изделий от добычи сырья до упаковки готовой продукции. Особое внимание автор уделяет подробному описанию технологических линий и отдельных единиц оборудования, установленных на передовых предприятиях гипсовой промышленности. В книге представлено большое количество иллюстраций всех технологических переделов, которые помогут глубже представить и понять технологические процессы производства того или иного изделия. Описание технологии каждого вида гипсовых изделий основывается на существующих производственных регламентах предприятий России, Германии и Дании, включая шахты, карьеры, которые автор посещал лично.

Книга предназначена студентам, изучающим производство строительных материалов и конструкций в качестве дополнительного материала по технологии современных гипсовых изделий, а также для инженеров-технологов заводов, производящих гипсовую продукцию в качестве справочного материала.



Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку по e-mail: mail@rifsm.ru,
по тел.: (499) 976-22-08, 976-20-36;
или оформить заказ на сайте www.rifsm.ru

УДК 534.836.2

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-23-27>

А.М. РОГАЛЁВ^{1,2}, инженер (amrogalev@yandex.ru);
О.В. ГРАДОВА¹, руководитель сектора «Акустические материалы и конструкции» (zpu2007@yandex.ru);
С.И. КРЫШОВ³, канд. техн. наук (skryshov@yandex.ru)

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Московский политехнический университет (107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38)

³ Центр экспертизы, исследований и испытаний в строительстве (ГБУ «ЦЭИИС») (109052, г. Москва, Рязанский пр., 13)

Исследования среднего коэффициента звукопоглощения помещений для корректировки методики определения величины изоляции транспортного шума

Приведены результаты исследований диффузного коэффициента звукопоглощения жилых помещений квартир. Испытания проводились в натуральных условиях в помещениях жилых зданий в городе Москве по методике ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 «Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 2. Время реверберации обычных помещений». По результатам испытаний получены значения среднего коэффициента звукопоглощения жилых помещений квартир в различных условиях. Выявлено существенное влияние на время затухания шума степени наполнения помещений мебелью и наличия подвесных потолков. На основании полученной статистики времени реверберации помещений с привязкой к их геометрическим показателям произведен расчет средних значений коэффициента звукопоглощения помещений. В результате анализа промежуточных результатов натуральных испытаний звукопоглощающих характеристик помещений установлена зависимость среднего коэффициента звукопоглощения помещений от различных факторов, что позволит составить таблицу значений среднего коэффициента звукопоглощения помещений для расчета проектируемой звукоизоляции транспортного шума. Результаты будут использованы при подготовке изменений в нормативные технические документы, в частности при корректировке методики расчета изоляции транспортного шума, изложенной в СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003».

Ключевые слова: транспортный шум, звукоизоляция, коэффициент звукопоглощения, время реверберации, наружные ограждающие конструкции.

Для цитирования: Роголев А.М., Градова О.В., Крышов С.И. Исследования среднего коэффициента звукопоглощения помещений для корректировки методики определения величины изоляции транспортного шума // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-23-27>

A.M. ROGALEV^{1,2}, Engineer (amrogalev@yandex.ru); O.V. GRADOVA¹, Head of the «Acoustic Materials and Structures» Sector (zpu2007@yandex.ru); S.I. KRYSHOV³, Candidate of Sciences (Engineering) (skryshov@yandex.ru)

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Moscow Polytechnic University (38, B. Semenovskaya Street, Moscow, 107023, Russian Federation)

³ Center for Expertise, Research and Testing in Construction (GBU «TSEIIS») (13, Ryazanskiy Prospekt, Moscow, 109052, Russian Federation)

Research of the Average Sound Absorption Coefficient of Rooms for Correcting the Methodology of Determining the Magnitude of Transport Noise Insulation

The results of studies of the diffuse sound absorption coefficient of residential premises of apartments are presented. The tests were carried out in natural conditions in the premises of residential buildings in the city of Moscow according to the methodology of GOST R ISO 3382-2-2013 «Acoustics. Measurement of acoustic parameters of premises. Part 2. Reverberation time of ordinary rooms». Based on the test results, the values of the average sound absorption coefficient of residential premises of apartments in various conditions were obtained. A significant effect on the noise attenuation time of the degree of filling the premises with furniture and the presence of suspended ceilings was revealed. Based on the obtained statistics of the reverberation time of the premises with reference to their geometric parameters, the average values of the sound absorption coefficient of the premises were calculated. As a result of the analysis of the intermediate results of field tests of the sound-absorbing characteristics of the premises, the dependence of the average sound absorption coefficient of the premises on various factors was established, which will make it possible to compile a table of the values of the average sound absorption coefficient of the premises for calculating the designed sound insulation of transport noise. The results will be used in the preparation of amendments to regulatory technical documents, in particular, when adjusting the method for calculating traffic noise insulation, set out in SP 51.13330.2011 «Protection from noise. Updated version of SNIP 23-03-2003».

Keywords: transport noise, sound insulation, sound absorption coefficient, reverberation time, external building envelopes.

For citation: Rogalev A.M., Gradova O.V., Kryshov S.I. Research of the average sound absorption coefficient of rooms for correcting the methodology of determining the magnitude of transport noise insulation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 23–27. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-23-27>

Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (окон, остеклений) является звукоизоляция $R_{\text{Атран}}$, дБ, представляющая собой изоляцию внешнего шума, создаваемого потоком городского транспорта или транспорта сельских поселений.

Результаты натуральных измерений, проведенных на вводимых в эксплуатацию зданиях, свидетельствуют о большой доле несоответствия испытанных конструкций требованиям норм и еще большей доле несоответствия требованиям проектной документации [1–3].

Расчет требуемой звукоизоляции наружных ограждающих конструкций следует проводить в соответствии с СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» [4]. При расчете требуемого значения звукоизоляции необходимо использовать значение среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$, однако рекомендаций по определению данного параметра при расчете требуемого значения звукоизоляции ни в одном из нормативных документов не представлено [5–7]. Проектировщик вынужден подбирать значение среднего коэффициента звукопоглощения самостоятельно. Как правило, значение среднего коэффициента звукопоглощения для расчета изоляции транспортного шума выбирают в диапазоне от 0,03 до 0,3, при этом результат расчета звукоизоляции отличается на 3–15 дБ [8]. Таким образом, необходимо дополнить методику расчета изоляции транспортного шума достоверными значениями среднего коэффициента звукопоглощения различных помещений.

В рамках выполнения научно-технической работы по теме «Исследования диффузного коэффициента звукопоглощения помещений для корректировки методики расчета изоляции воздушного шума транспортного потока» сектором «Акустические материалы и конструкции» НИИСФ РААСН произведены натурные измерения по определению времени реверберации жилых помещений.

Цель исследования – получение экспериментальных данных значений коэффициента звукопоглощения жилых помещений с различной степенью отделки и наполнением мебелью для повышения точности и достоверности методики расчета изоляции транспортного шума.

Настоящая статья посвящена описанию промежуточных результатов натуральных исследований диффузного коэффициента звукопоглощения жилых помещений квартир, проведенных с 15 марта по 15 апреля 2023 г.

Описание методики измерений

Измерения времени реверберации проводились в натуральных условиях в помещениях жилых зданий в Москве по методике ГОСТ Р ИСО 3382-2-2013 «Акустика. Измерение акустических параметров помещений. Часть 2. Время реверберации обычных помещений» методом прерываемого шума, который предполагает получение кривых спада уровня звукового давления непосредственной записью спада уровня звукового давления после возбуждения помещения широкополосным шумом или шумом ограниченной полосы.

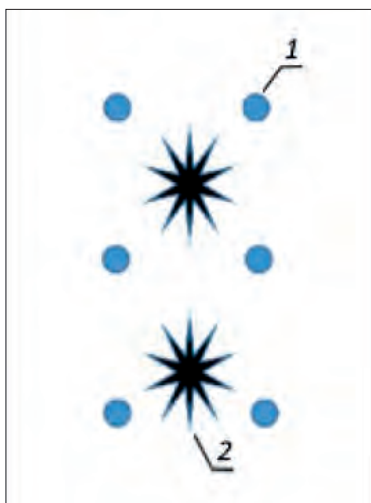


Рис. 1. Расстановка измерительного оборудования при измерении времени реверберации: 1 – положения шумомера-анализатора; 2 – положения источника шума

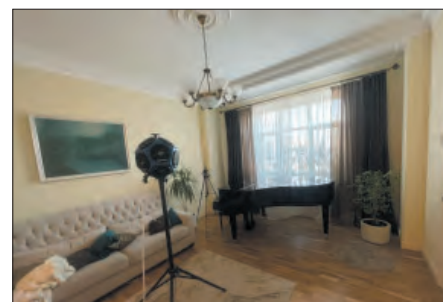
Fig. 1. Arrangement of measuring equipment when measuring reverberation time: 1 – positions of the noise meter analyzer; 2 – positions of the noise source



Рис. 2. Фотографии помещений с высокой загруженностью мебелью
Fig. 2. Photos of rooms with a high load of furniture



Рис. 3. Фотографии помещений с низкой загруженностью мебелью
Fig. 3. Photos of rooms with low furniture occupancy



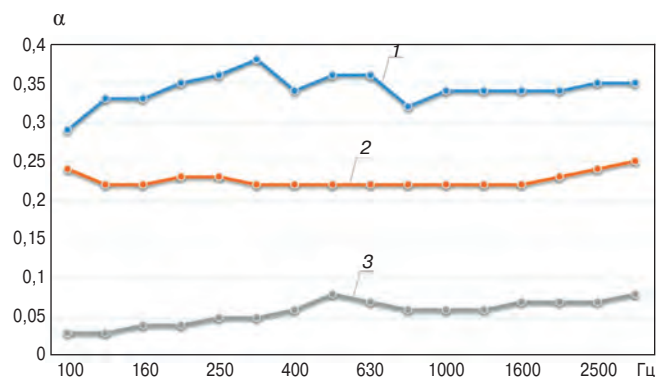


Рис. 4. Значения среднего коэффициента звукопоглощения: для помещений с высокой загруженностью мебелью (1); для помещений с низкой загруженностью мебелью (2); для пустых помещений (3)

Fig. 4. Values of the average sound absorption coefficient: for rooms with high furniture occupancy (1); for rooms with low furniture occupancy (2); for empty rooms (3)

В качестве источника звука использовался всенаправленный сферический источник звука OED-SP360 (частотный диапазон от 10 Гц до 10 кГц) с усилителем мощности со встроенным генератором OED-PA360 (частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц). В качестве анализатора – шумомер, анализатор спектра ОКТАВА, модель Экофизика-110А (измерение уровня звука – класс 1 по ГОСТ Р 53188.1–2019; октавный, 1/3-октавный и 1/12-октавный анализ) с микрофоном конденсаторным свободного поля 1/2 ВМК-205 (номинальная чувствительность 50 мВ/Па, диапазон измерения 22–139 дБА, 27–139 дБС, 31–139 дБZ).

Число комбинаций источник – микрофон, в зависимости от габаритов помещения и степени наполненности мебелью, варьировалось от 6 до 12 (рис. 1).

Требования к испытуемым помещениям: закрытый контур, объем не менее 30 м³; линейные размеры не менее 2,5 м.

Результаты натурных испытаний

По результатам натурных испытаний с 15 марта по 15 апреля 2023 г. получены значения времени реверберации в 1/3-октавной полосе частот для 35 жилых помещений квартир с различным наполнением мебелью и отделкой.

При обработке результатов измерений испытуемые помещения были разделены на два типа:

- с высокой загруженностью мебелью;
- с низкой загруженностью мебелью.

Примеры помещений каждого типа представлены на рис. 2 и 3.

Средние значения времени реверберации испытанных помещений сведены в табл. 1.

Как видно по результатам табл. 1, степень наполнения помещений мебелью оказывает существенное влияние на время реверберации помещений. Выяв-

Таблица 1
Table 1

Средние значения времени реверберации в третьооктавных полосах частот
Average reverberation times in third-octave frequency bands

Частота, Гц	Время реверберации T , с	
	Помещения с высокой загруженностью мебелью	Помещения с низкой загруженностью мебелью
100	0,32	0,4
125	0,28	0,43
160	0,28	0,43
200	0,27	0,42
250	0,26	0,41
315	0,24	0,42
400	0,27	0,42
500	0,25	0,44
630	0,26	0,43
800	0,31	0,43
1000	0,27	0,43
1250	0,27	0,43
1600	0,27	0,42
2000	0,26	0,41
2500	0,26	0,4
3150	0,26	0,38

Таблица 2
Table 2

Средние значения коэффициента звукопоглощения в третьооктавных полосах частот
Average values of the sound absorption coefficient in third-octave frequency bands

Частота, Гц	Коэффициент звукопоглощения α	
	Помещения с высокой загруженностью мебелью	Помещения с низкой загруженностью мебелью
100	0,29	0,24
125	0,33	0,22
160	0,33	0,22
200	0,35	0,23
250	0,36	0,23
315	0,38	0,22
400	0,34	0,22
500	0,36	0,22
630	0,36	0,22
800	0,32	0,22
1000	0,34	0,22
1250	0,34	0,22
1600	0,34	0,22
2000	0,34	0,23
2500	0,35	0,24
3150	0,35	0,25

лено также, что наличие подвесных потолков в помещении увеличивает время затухания шума.

Анализ натуральных испытаний

Имея статистику измерений времени реверберации помещений, полученную при проведении натуральных испытаний в жилых помещениях квартир в Москве с привязкой к их геометрическим показателям, представляется возможным рассчитать средние значения коэффициента звукопоглощения помещений.

Расчеты производились по формуле:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где значения эквивалентной площади звукопоглощения A , м^2 , принимаются по формуле:

$$A = \frac{0,16V}{T}, \quad (2)$$

где V – объем измерительного помещения, м^3 ; T – время реверберации в помещении низкого уровня, с.

Для расчетов использованы значения времени реверберации и геометрических показателей 35 испытанных жилых помещений квартир.

Результаты определения средних значений коэффициентов звукопоглощения помещений с высокой и низкой загруженностью мебелью представлены в табл. 2.

Полученные значения среднего коэффициента звукопоглощения помещений с мебелью в третьоктавных полосах частот в сравнении со средними значениями коэффициента звукопоглощения пустых помещений [9] представлены в виде графика (рис. 4).

В качестве значений среднего коэффициента звукопоглощения пустых помещений использовались результаты натуральных испытаний на существующих объектах строительства в Москве [8–11].

Полученные промежуточные результаты натуральных испытаний подтверждают существенное изменение звукопоглощающих характеристик жилых помещений квартир в зависимости от степени наполнения мебе-

лю, отделки помещений, наличия звукопоглощающих и звукорассеивающих объектов, что должно быть учтено в методике расчета изоляции транспортного шума.

Закключение

В рамках выполнения научно-технической работы по теме «Исследования диффузного коэффициента звукопоглощения помещений для корректировки методики расчета изоляции воздушного шума транспортного потока» сектором «Акустические материалы и конструкции» НИИСФ РААСН произведены натурные измерения по определению времени реверберации жилых помещений. По результатам испытаний получены значения среднего коэффициента звукопоглощения жилых помещений квартир в различных условиях.

В результате анализа промежуточных результатов натуральных испытаний звукопоглощающих характеристик помещений установлена зависимость среднего коэффициента звукопоглощения помещений от различных факторов (степень наполнения мебелью и отделки, наличие звукопоглощающих и звукорассеивающих объектов).

В дальнейшем в рамках комплекса экспериментальных исследований должны быть получены систематизированные данные звукопоглощающих характеристик не менее 50 помещений различных габаритов с разным наполнением в виде мебели, видов отделки и т. д.

На основании оценки полученных данных реальных звукопоглощающих характеристик жилых помещений должна быть составлена таблица значений среднего коэффициента звукопоглощения помещений для расчета проектируемой звукоизоляции транспортного шума.

Результаты будут использованы при подготовке изменений в нормативные технические документы, в частности при корректировке методики расчета изоляции транспортного шума, изложенной в СП 51.13330.2011 «Защита от шума». Аактуализированная редакция СНиП 23-03–2003».

Список литературы

1. Леденев В.И., Матвеева И.В., Фёдоров О.О. О комплексных исследованиях оконных заполнений как элементов оболочки здания по условиям обеспечения ими светового, инсоляционного, теплового, шумового режимов и электромагнитной безопасности в гражданских зданиях // Приволжский научный журнал. 2017. № 1. С. 20–26.
2. Фокин В.М., Усадский Д.Г. Теплофизические и звукофизические свойства различных оконных блоков зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3 (50). С. 141.
3. Garg N., Sharma O., Maji S. Experimental investigations on sound insulation through single, double & triple window

References

1. Ledenev V.I., Matveeva I.V., Fedorov O.O. About complex researches of window fillings as elements of building walls providing light, insolation, thermal, noise conditions and electromagnetic safety in civil buildings. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2017. No. 1(41), pp. 20–26. (In Russian).
2. Fokin V.M., Usadsky D.G. Thermophysical and sound-physical properties of various window blocks of buildings and structures. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2018. No. 3(50), pp. 141. (In Russian).
3. Garg N., Sharma O., Maji S. Experimental investigations on sound insulation through single, double & triple window glazing for traffic noise abatement. *Jour-*

- glazing for traffic noise abatement // *Journal of Scientific & Industrial Research*. 2011. No. 70. P. 471–478.
4. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Современные требования к обеспечению нормативных параметров шума в жилых, общественных и производственных зданиях и на территории жилой застройки. Нормативно-технические документы, разработанные НИИСФ РААСН и введенные в 2016–2018 гг. *Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Санкт-Петербург, 19–21 марта 2019 г. СПб.: Институт акустических конструкций, 2019. С. 57–70.
 5. Шубин И.Л., Умнякова Н.П. Нормативные документы по энергосбережению и строительной акустике, разработанные в НИИСФ РААСН // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2012. No. 2 (930). С. 7–13.
 6. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Система российских стандартов по определению и заявлению параметров звукоизоляции строительных изделий. *Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Санкт-Петербург, 23–25 марта 2021 г. СПб.: Институт акустических конструкций, 2021. С. 24–29.
 7. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Измерение и оценка звукоизоляции строительных изделий // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2020. No. 6 (1030). С. 19–21.
 8. Крышов С.И., Котельников Д.Е., Роголев А.М., Градова О.В. Влияние среднего коэффициента звукопоглощения на требуемую звукоизоляцию светопрозрачных конструкций от транспортного шума // *Жилищное строительство*. 2021. No. 6. С. 25–29. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-25-29>
 9. Крышов С.И., Котельников Д.Е., Градова О.В. Проблемы звукоизоляции междуэтажных перекрытий в панельных зданиях и применение закона массы // *Строительные материалы*. 2021. No. 6. С. 30–32. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-30-32>
 10. Римшин В.И., Трунтов П.С., Кецо Е.С. Комплексный подход к выполнению акустических расчетов при техническом обследовании аварийного жилого фонда // *Строительные материалы*. 2021. No. 6. С. 21–24. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-21-24>
 11. Шубин И.Л., Аистов В.А., Пороженко М.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций в многоэтажных зданиях. Требования и методы обеспечения // *Строительные материалы*. 2019. No. 3. С. 33–43. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-768-3-33-43>
4. Tsukernikov I.E, Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. Modern requirements for the provision of regulatory noise parameters in residential, public and industrial buildings and in residential areas. Regulatory and technical documents developed by niisf raacs and introduced in 2016–18. *Protection against High Noise and Vibration: Proceedings of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Saint Petersburg. 2019, pp. 57–70. (In Russian).
 5. Shubin I.L., Umnyakova N.A. Regulatory documents on energy saving and building acoustics, developed by the research center of structural physics of the russian academy of architecture and construction sciences. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2012. No. 2(930), pp. 7–13. (In Russian).
 6. Tsukernikov I.E, Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. System of russian standards for determining and declaring sound insulation parameters of building products. *Protection against High Noise and Vibration: Proceedings of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Saint Petersburg. 2019, pp. 24–29. (In Russian).
 7. Tsukernikov I.E, Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. Measurement and assessment of sound insulation of building products. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2020. No. 6(1030), pp. 19–21. (In Russian).
 8. Kryshov S.I., Kotelnikov D.E., Rogalev A.M., Gradova O.V. Influence of the average sound absorption coefficient of translucent structures on the required sound insulation from traffic noise. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 6, pp. 25–29. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-25-29>
 9. Kryshov S.I., Kotelnikov D.E., Gradova O.V. Problems of sound insulation of inter-floor floors in panel buildings and the application of the law of mass. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2021. No. 6, pp. 30–32. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-30-32>
 10. Rimshin V.I., Truntov P.S., Ketsko E.S. An integrated approach to performing acoustic calculations during technical inspection of emergency housing stock. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2021. No. 6, pp. 21–24. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-792-6-21-24>
 11. Shubin I.L., Aistov V.A., Porozhenko M.A. Sound Insulation of enclosing Structures in high-rise Buildings. Requirements and Methods of Support. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 3, pp. 33–43. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-768-3-33-43>

УДК 332.822

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-28-30>

В.К. САВИН, д-р техн. наук, член-корр. РААСН (Savin_vngeo12@yandex.ru),
Н.Г. ВОЛКОВА, канд. техн. наук (Volkova_vngeo12@yandex.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

К формированию новой финансовой политики в строительстве

В XXI в. с его климатическими и политическими переменами от многих технологий и идеологий придется отказаться. Современный путь развития экономики на Земле себя изжил. Перед специалистами, работающими в строительной отрасли, как, впрочем, и перед всей экономикой, стоит глобальная задача в необходимости соединения анализа и оценки разносторонних и разноплановых факторов, регулирования хозяйственных систем. Необходимость выбора новых подходов возникает при оценке эффективности проектных решений, а также расчетах энергозатрат при строительстве и эксплуатации зданий. В существующих экономиках в качестве единицы измерения приняты денежные знаки (резинковая линейка), что приводит к затратной логистике производственных процессов. Экономические вычисления, производимые в киловатт-часах, позволяют перевести технологические системы на новый уровень. мироустройство экономики должно основываться на накопленных знаниях в области науки и культуры, соединенных в единое целое, что даст возможность создать качественно новую модель ведения народного хозяйства. Природа и человек в этой модели должны находиться в гармонии. Такой путь производства товаров связан с эффективным развитием страны на основе минимизации энергозатрат и культуры производства.

Ключевые слова: строительство, финансовая политика, экономика, энергетическая единица, энергозатраты.

Для цитирования: Савин В.К., Волкова Н.Г. К формированию новой финансовой политики в строительстве // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 28–30. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-28-30>

V.K. SAVIN, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAACS (Savin_vngeo12@yandex.ru),
N.G. VOLKOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (Volkova_vngeo12@yandex.ru)
Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

To the Formation of a New Financial Policy in Construction

In the 21 century, with its climate and political changes, many technologies and ideologies will have to be abandoned. The modern way of economic development on Earth has become obsolete. The specialists working in the construction industry, as well as in the entire economy, face a global task in the need to combine analysis and assessment of versatile and diverse factors, regulation of economic systems. The need to choose new approaches arises when evaluating the effectiveness of design solutions, as well as calculating energy costs during the construction and operation of buildings. In existing economies, banknotes (rubber ruler) are adopted as a unit of measurement, which leads to costly logistics of production processes. Economic calculations in kilowatt-hours make it possible to take technological systems to a new level. The world order of the economy should be based on the accumulated knowledge in the field of science and culture, combined into a single whole, which will make it possible to create a qualitatively new model of the national economy. Nature and man in this model should be in harmony. This way of production of goods is associated with the effective development of the country based on minimizing energy costs and culture of production.

Keywords: construction, financial policy, economics, energy unit, energy costs.

For citation: Savin V.K., Volkova N.G. To the formation of a new financial policy in construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 28–30. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-28-30>

Современное человечество оказалось на рубеже глобальных перемен [1]. Многополярный мировой порядок с пугающим ускорением приходит на смену однополярному. Мощные многоходовые преобразования в стране базируются на нейтрализации мировых санкций, приводя к позитивному эффекту и способствуя построению мира, основанного на новом подходе к суверенитету и отечественной безопасности. Укрепляются союзы между государствами, такие

как ШОС и БРИКС, формируя новые логические цепочки поставки товаров и продукции. Политические, эпидемиологические и климатические чрезвычайные ситуации приводят к значительному импульсу развития государственности нашей страны [1, 2].

Однако мы сталкиваемся с отсутствием целостного представления о процессе функционирования экономики страны, к рассмотрению принимаются лишь ее отдельные звенья. В существующей эконо-

мической системе нет подходов для выбора правил, приводящих к эффективному развитию всей страны и строительства в частности. Стратегическая направленность при принятии решений касается качественного и количественного обновления всего строительного комплекса, изначально обладающего многофакторными связями между смежными отраслями народного хозяйства и наделенного системообразующими и интегрирующими функциями. Принципиальные изменения в строительной сфере окажут позитивное влияние на экономику всего народного хозяйства. Из четырех секторов экономики: сельского хозяйства, строительства, промышленности и транспорта доля строительной отрасли составляет 60%. Следовательно, внутренний валовой продукт (ВВП) страны и благосостояние людей в основном зависят от строительства. Создание на этой основе проблемно-целевой программы позволит минимизировать энергозатраты икратно увеличить объемы строительства [3].

Необходимость выбора новых подходов возникает при оценке эффективности пилотных экспериментальных проектов, расчетах энергозатрат, производстве промышленной продукции, а также строительстве и эксплуатации зданий. В настоящее время широко обсуждается необходимость формирования новой финансовой идеологии, поддерживаемой властью. Для этого необходимо поменять привычные взгляды, определяющие экономику страны, ее валюту. В существующих экономиках в качестве единицы измерения приняты денежные знаки («резиневая линейка»), что приводит к затратной логистике производственных процессов. Экономические вычисления, производимые в энергетических единицах, киловатт-часах, позволяют перевести технологические системы на новый уровень [4].

Мироустройство экономики должно основываться на накопленных знаниях в области науки и культуры, соединенных в единое целое, что даст возможность создать качественно новую модель ведения народного хозяйства. Любой элемент оболочки здания может быть описан простой формулой, учитывающей взаимное влияние различных факторов на процесс переноса энергии через ограждения и в целом через здание. Энергофизика наиболее наглядно демонстрирует целесообразность применения новой оценочной единицы, соответствующей экономическим реалиям нашего времени. Энергия абсолютна, находится в основе мироздания и является основой всего сущего: созидания, движения и разрушения. Посредством энергии осуществляются все объектные преобразования в течение жизненного цикла здания. Природа и человек в этой модели должны находиться в гармонии. Такой путь производства то-

варов связан с эффективным развитием страны на основе цифры (минимизации энергозатрат) и образа (культуры производства). Определяющая задача состоит в том, чтобы при одних и тех же ресурсах увеличить объемы строительства в разы, обеспечив при этом безопасное и комфортное проживание людей в помещениях и в целом в районах застройки, не нанося вред природе.

Новая глобальная социальная, экономическая и климатическая реальность, с которой столкнулось мировое сообщество, усложнила решение задач, стоящих перед учеными, проектировщиками и специалистами строительной отрасли. Правительство РФ обозначило необходимость строительства в Сибири крупных городов с населением от 300 тыс. человек до 1 млн. При реализации этой задачи следует учитывать последние научные достижения и опыт проектирования современных комфортных и безопасных жилых зданий (<https://natworld.info/nauki-o-prirode/kakimi-poleznymi-iskopaemyimi-bogata-territoriya-rossii>).

В области градостроительного проектирования районов застройки накопилось множество задач и проблем, которые необходимо решать в ближайшее время. Эти проблемы обозначены в федеральных законах № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». В первую очередь с точки зрения безопасности и энергосбережения необходима разработка технического регламента градостроительного проектирования, в основе которого должен лежать Градостроительный кодекс РФ и новые социально-экономические отношения в стране. Основной проблемой градостроительного проектирования является создание комфортных и безопасных условий проживания граждан, которые должны быть обеспечены с максимальным эффектом и минимальными суммарными затратами энергии на строительство и эксплуатацию района застройки.

Источниками загрязнения воздушной среды являются автомобильный, железнодорожный и авиационный транспорт, промышленные предприятия (Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в РФ за 2019 г. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)). Повышенный уровень шума может приводить жителей к заболеваниям. При проектировании городов и рабочих поселков серьезное внимание следует уделять естественному освещению и солнечной инсоляции жилищ. Некоторые сложности могут возникать с инфраструктурой. В этом случае для строительства дорог возможно и целесообразно применение материалов, подвергнутых первичной переработке, т. е. первоначально утилизированных. Дорожные покрытия обладают значительным потенциалом в части ис-

пользования материалов, исчерпавших свой жизненный ресурс.

Проектирование зданий и сооружений начинается с документа СНиП 23-01–99* «Строительная климатология», обслуживающего большую часть строительных нормативных документов, являясь фундаментом хозяйственной жизни страны [5, 6]. Строительные климатические нормативы базируются на информации организаций Росгидромета, что позволяет проводить расчеты для обеспечения энергоэффективности зданий, эффективного использования материальных и топливно-энергетических ресурсов, используя почасовые, месячные и годовые климатические показатели, в том числе и градусо-сутки отопительного периода. В строительных нормах отражено устойчивое состояние климатической системы территории РФ.

Климатические и политические перемены современности требуют принятия нестандартных решений, реальность энергорасчетов очевидна. Для разработки практических подходов к стратегии будущего необходимо принятие идеи об использовании энергоединиц сообществом ее сторонников, экспертов.

Список литературы

1. Шубин И.Л., Умнякова Н.П., Бутовский И.Н. Четверть века реализации нормирования энергопотребления российских отапливаемых зданий // *БСТ*. 2020. № 6. С. 7–12.
2. Савин В.К. Влияние глобального потепления на энергетическую эффективность здания // *АВОК*. 2020. № 6. С. 52–56.
3. Савин В.К. Строительная физика. Энергоэкономика. М.: Лазурь, 2011. 418 с.

4. Савин В.К. Строительная энергофизика. Энергосбережение. Образ и число. М.: Лазурь, 2018. 478 с.
5. Савин В.К., Волкова Н.Г. О нормировании климатических параметров в строительстве // *АВОК*. 2021. № 7. С. 68–70.
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М.: Росгидромет, 2023. 109 с.

References

1. Shubin I.L., Umnyakova N.P., Butovsky I.N. A quarter of a century of implementation of rationing of energy consumption of Russian heated buildings. *BST*. 2020. No. 6, pp. 7–12. (In Russian).
2. Savin V.K. The influence of global warming on the energy efficiency of a building. *AVOK*. 2020. No. 6, pp. 52–56. (In Russian).
3. Savin V.K. *Stroitel'naya fizika. Energoekonomika* [Construction physics. Energoeconomika]. Moscow: Lazur. 2011. 418 p.
4. Savin V.K. *Stroitel'naya energofizika. Energoberezhenie. Obraz i chislo* [Construction energy physics. Energy saving. Image and number]. Moscow: Lazur. 2018. 478 p.
5. Savin V.K., Volkova N.G. On normalization of climatic parameters in construction. *AVOK*. 2021. No. 7, pp. 68–70. (In Russian).
6. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2022 god* [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2022]. Moscow: Roshydromet. 2023. 109 p.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

«Проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений»

Учебное и практическое пособие под редакцией чл.-корр. РААСН, д-ра техн. наук, проф. Р. А. Мангушева

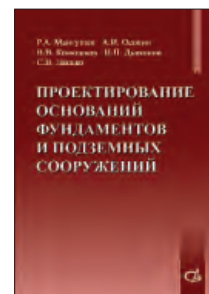
Авторы: д-р техн. наук Р.А. Мангушев,
канд. техн. наук А.И. Осокин,
канд. техн. наук В.В. Конюшков,
канд. техн. наук И.П. Дьяконов,
канд. техн. наук С.В. Ланько.

Пособие выпущено под грифом рекомендации Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).

Данное пособие является дополнением к ранее изданным базовым учебникам «Механика грунтов» (2019) и «Основания и фундаменты» (2020). Авторы д-ра техн. наук, проф. Р.А. Мангушев и И.И. Сахаров.

Разработанное пособие является не только учебным изданием, но и практическим руководством для инженеров-строителей, так как охватывает вопросы проектирования основных типов оснований, фундаментов и подземных частей гражданских зданий и сооружений. Особое внимание уделено расчетам различного типа фундаментов, изготовленным по современным отечественным и зарубежным технологиям, а также конструктивным и технологическим методам устройства котлованов. Учтены особенности устройства фундаментов высотных зданий, влияния технологических осадок, рассмотрены численные методы, используемые при геотехнических расчетах. Особенностью книги является наличие большого количества расчетных примеров по различным типам оснований и фундаментов.

Издание рекомендовано для использования при подготовке бакалавров и специалистов.



УДК 551.521.31

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-31-37>

Е.В. КОРКИНА^{1,2}, канд. техн. наук (Elena.V.Korkina@gmail.com);
Н.Ю. ПЛЮЩЕНКО², инженер (RambovskayaNY@mgsu.ru);
В.Г. ГАГАРИН^{1,2}, д-р техн. наук, профессор, чл.-корр. РААСН (gagarinv@yandex.ru);
Е.В. ВОЙТОВИЧ³, канд. техн. наук

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

³ Московский политехнический университет (107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38)

Применение инсографиков для определения отраженной солнечной радиации от подстилающей поверхности

В данной работе рассматривается способ расчета солнечной радиации, отраженной от подстилающей поверхности, с учетом ее затенения зданиями окружающей застройки и значения альbedo городских покрытий. Для определения затенения подстилающей поверхности используются методы расчета инсоляции селитебных территорий. Для более точного расчета суммарной солнечной радиации предложено учитывать период затенения и облучения подстилающей поверхности в застройке исследуемого объекта посредством построения инсографика для выбранной площадки, расположенной на заданной географической широте, на заданную календарную дату. Таким образом, в представленной работе предложен метод расчета отраженной радиации с учетом различных условий облучения подстилающей поверхности на заданной географической широте и на заданную календарную дату. Указанный метод адаптирован под строительную практику: выполнено построение инсографика и конверта теней на выбранную календарную дату. Определены значения облучаемой и затеняемой площади выбранной площадки от зданий в застройке в каждый час расчетного дня. По разработанному методу проведены расчеты отраженной солнечной радиации от выбранной горизонтальной площадки с учетом ее облучения и затенения для выбранной календарной даты; результаты проанализированы; показана необходимость учета затенения подстилающей поверхности в расчетах отраженной от нее солнечной радиации.

Ключевые слова: солнечная радиация, отраженная составляющая, подстилающая поверхность, альbedo, инсографик, развертка теней.

Исследования проводятся в рамках реализации нацпроекта «Наука и университеты», научная тема «Создание лаборатории качества среды обитания человека и энергоэффективности городского хозяйства (FZRR-2022-0007)», рег. номер 1022072100016-6-2.1.3.

Для цитирования: Коркина Е.В., Плющенко Н.Ю., Гагарин В.Г., Войтович Е.В. Применение инсографиков для определения отраженной солнечной радиации от подстилающей поверхности // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-31-37>

E.V. KORKINA^{1,2}, Candidate of Sciences (Engineering) (Elena.V.Korkina@gmail.com);
N.Y. PLYUSHCHENKO², Engineer (RambovskayaNY@mgsu.ru);
V.G. GAGARIN^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Corresponding member of RAACS (gagarinv@yandex.ru);
E.V. VOITOVICH³, Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

³ Moscow Polytechnic University (38, Bolshaya Semyonovskaya Street, Moscow, 107023, Russian Federation)

The use of Insographics to Determine the Reflected Solar Radiation from the Underlying Surface

The article discusses a method for calculating solar radiation reflected from the underlying surface, taking into account its shading by surrounding buildings and the albedo value of urban coatings. To determine the shading of the underlying surface, methods for calculating the insolation of residential areas were applied. For a more accurate calculation of the total solar radiation, it is proposed to take into account the period of shading and irradiation of the underlying surface in the structure of the studied object by creating an insographic plot for the selected zone located at a given geographical latitude and on a given calendar date.

Thus, the presented article proposes a method for calculating reflected radiation, taking into account various conditions of irradiation of the underlying surface at a given geographical latitude and on a given calendar date. The developed calculation method is adapted to the construction industry: an insographic plot and an envelope of shadows are created for the selected calendar date. The values of the irradiated and shaded area of the selected zone from buildings at each hour of the calculated day were determined. According to the developed method, calculations of the reflected solar radiation from the selected horizontal area were carried out, taking into account its irradiation and shading for the selected calendar date; the results were analyzed; the need to take into account the solar radiation reflected from it in the calculations of the shading of the underlying surface was shown.

Keywords: solar radiation, reflected component, underlying surface, albedo, insographic, shadow sweep.

The research is carried out within the framework of the national project “Science and Universities”, scientific topic “Creation of a laboratory for the quality of human habitat and energy efficiency of urban economy (FZRR-2022-0007)”, registration number 1022072100016-6-2.1.3.

For citation: Korkina E.V., Plyushchenko N.Y., Gagarin V.G., Voitovich E.V. The use of insographics to determine the reflected solar radiation from the underlying surface. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 31–37. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-31-37>

В соответствии с приоритетами научно-технической политики РФ важным аспектом при строительстве современных зданий является экономия энергетических ресурсов в процессе эксплуатации [1–3]. В связи с этим разрабатываются различные методики, направленные на эффективное использование тепловой энергии [4–6]. При расчетах энергозатрат на отопление и вентиляцию здания необходимо учитывать удельные характеристики трансмиссионных теплопотерь, энергозатрат на вентиляцию, а также теплопоступления от солнечной радиации и бытовых тепловыделений в соответствии с нормативными документами. При расчете теплопоступлений от солнечной радиации через светопрозрачные ограждающие конструкции необходимо учитывать поступающую к фасаду солнечную радиацию [7–9] и характеристики заполнения светопроемов [10, 11]. При этом учитывается отраженная составляющая от подстилающей поверхности, которая может затеняться зданиями окружающей застройки. При расчете поступающей солнечной радиации также принимается во внимание альbedo городских покрытий, которое может отличаться от альbedo горизонтальной площадки на метеостанции, покрытой снегом, землей, травой [12–14]. В данной работе рассматривается способ расчета солнечной радиации, отраженной от подстилающей поверхности, с учетом ее затенения зданиями окружающей застройки и альbedo городских покрытий. Это позволит уточнить расчеты поступающей солнечной радиации и, следовательно, расчеты энергозатрат на отопление и вентиляцию здания.

Разработка метода

В [15] предлагается рассчитывать поступающую на фасад отраженную солнечную радиацию по формуле:

$$R^{\text{всп}} = R_{\text{пов}} + R_{\text{зд}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{зд}}$ – солнечная радиация, отраженная от противостоящего здания, МДж/м²; $R_{\text{пов}}$ – солнечная радиация, отраженная от подстилающей поверхности, МДж/м².

В [15] получена формула для определения составляющей, отраженной от подстилающей поверхности на элементарный участок фасада, без учета затенения зданиями окружающей застройки и представлена в виде:

$$R_{\text{пов}} = \frac{I^{\text{гop}} \cdot A_k \cdot r_{\text{пл}}}{100}, \quad (2)$$

где $I^{\text{гop}}$ – суммарная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, без учета влияния зданий окружающей застройки, МДж/м²; A_k – средневзвешенное альbedo подстилающей поверхности, %; $r_{\text{пл}}$ – коэффициент поступления отраженной радиации от горизонтальной площадки, прилегающей к исследуемому зданию, в зависимости от размеров площадки (глубины A , м, и ширины B , м) и высоты, на которой расположен элементарный участок фасада (C , м) (рис. 1).

Следует отметить, что значение суммарной солнечной радиации, поступающей на подстилающую поверхность исследуемого здания, зависит от влияния зданий окружающей застройки и от самого здания. В данной работе используются методы расчета инсоляции селитебных территорий для определения затенения подстилающей поверхности и, соответственно для вычисления суммарной солнечной радиации. Для более точного ее определения необходимо учесть период затенения и облучения выбранной площадки в застройке исследуемого объекта [16, 17]. Для этого необходимо построить инсографик для выбранной площадки, расположенной на заданной географической широте, на заданную календарную дату. В качестве исходных данных требуются значения высоты стояния Солнца (h_0) и азимута (A_0) в каждый час светового дня для выбранной даты.

Для получения общей картины затенения и облучения горизонтальной площадки на инсографике строится конверт теней от зданий в застройке. Построенные конверты теней от зданий в застройке позволяют определить облучаемую и затеняемую площади выбранной площадки в каждый час расчетного дня.

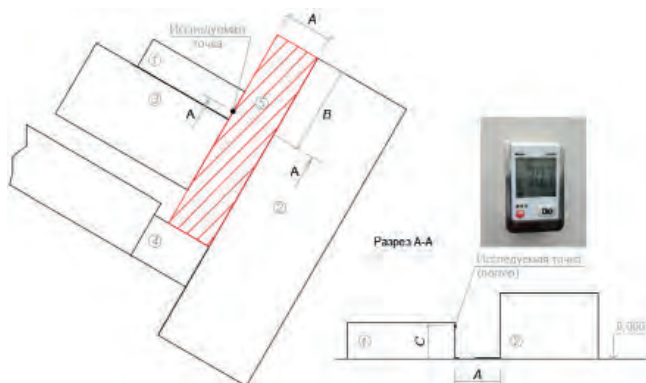


Рис. 1. План-схема застройки: 1 – исследуемая административно-бытовая часть корпуса УНПЛ ААИСК НИУ МГСУ; 2 – противостоящее здание УЛБ НИУ МГСУ; 3 – лабораторный блок корпуса УНПЛ ААИСК НИУ МГСУ; 4 – блок А поточных аудиторий НИУ МГСУ; 5 – горизонтальная площадка, прилегающая к исследуемому объекту с глубиной A , м, и шириной B , м; C – высота размещения датчика температуры (логгера) на фасаде исследуемого объекта, м

Fig. 1. Plan-scheme of building: 1 – studied the administrative and amenity part of the building of UNPL AAISK NRU MGSU; 2 – the opposite building of the ULB NRU MGSU; 3 – laboratory block of the building UNPL AAISK NRU MGSU; 4 – block A of the NRU MGSU streaming audiences; 5 – horizontal area adjacent to the studied object with depth A , m, and width B , m; C – is the height of the temperature sensor (logger) on the facade of the studied object, m

Таким образом, зная облучаемую и затеняемую площади выбранной горизонтальной поверхности в каждый час расчетного дня, можно записать выражение для определения суммарной солнечной радиации по средневзвешенным показателям с учетом затеняющей застройки:

$$\hat{I}_{\text{гор}} = \frac{D \cdot s_{\text{затен}} + (S+D) \cdot s_{\text{обл}}}{s_{\text{затен}} + s_{\text{обл}}}, \quad (3)$$

где S , D – соответственно прямая и рассеянная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную площадку, МДж/м²; $s_{\text{обл}}$, $s_{\text{затен}}$ – соответственно облучаемая и затеняемая площади выбранной площадки в каждый час расчетного дня, м².

Тогда выражение (2) с учетом затеняющей застройки запишется в виде:

$$\hat{R}_{\text{пов}} = \hat{I}_{\text{гор}} \cdot \frac{A_k}{100} \cdot r_{\text{пл}}, \quad (4)$$

где $r_{\text{пл}}$ – то же, что и в (2).

В данной работе средневзвешенное альbedo подстилающей поверхности (Методическое пособие «Расчеты теплоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период. М.: Минстрой России. ФАУ ФЦС. 2017. 111 с.), %, предлагается определять по экспериментальным значениям отражения локальных территорий с i -м типом покрытия выбранной горизонтальной площадки [18]:

$$A_k = \frac{\sum_i^n A_{ki} s_i}{\sum_i^n s_i}, \quad (5)$$

где A_{ki} – экспериментальное значение альbedo локальных территорий с i -м типом покрытия, %; s_i – площадь локальных территорий с i -м типом покрытия, м².

Пример расчета

Для определения составляющей $\hat{R}_{\text{пов}}$, МДж/м², отраженной от подстилающей поверхности, выбрана площадка внутреннего двора между исследуемым фасадом с НФС административно-бытовой части корпуса учебно-научно-производственной лаборатории аэродинамических и аэроакустических испытаний строительных конструкций (УНПЛ ААИСК) НИУ МГСУ, ориентированным на юго-восток (150°) [19], и противостоящим зданием УЛБ НИУ МГСУ (рис. 1) общей площадью 883,2 м².

Значения прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность за 01.08.2018 г. приняты по данным метеорологической обсерватории МГУ.

За исследуемую точку на фасаде 1 принимаем точку расположения датчика температуры (логгер), размещенного на высоте $C=9,9$ м. В соответствии с методикой, представленной в [15], рассчитывается солнечная радиация, отраженная от горизонтальной площадки и поступающая на датчик температуры.

Таблица 1
Table 1

Расчет параметров инсографика на 01.08.2018 г. для 55,86° с. ш.
Calculation of the insographic parameters for the date of 08/01/2018 for 55.86° N

Истинное солнечное время, ч	Азимут Солнца A_0 , град	Угловая высота Солнца h_0 , град	ctg h_0 , угол в рад	Протяженность тени от здания высотой $H=H \cdot \text{ctg } h_0$, м			
				$H_1=10,75$	$H_3=13,6$	$H_2=29,85$	$H_4=10$
3	137,43	-6,8	-8,38	-90,1	-113,98	-250,17	-83,81
6	100,45	14,98	3,74	40,17	50,82	111,54	37,37
9	60,46	39,46	1,21	13,06	16,52	36,27	12,15
12	0	52,34	0,77	8,3	10,5	23,04	7,72
15	60,46	39,46	1,21	13,06	16,52	36,27	12,15
18	100,45	14,98	3,74	40,17	50,82	111,54	37,37
21	137,43	-6,8	-8,38	-90,1	-113,98	-250,17	-83,81

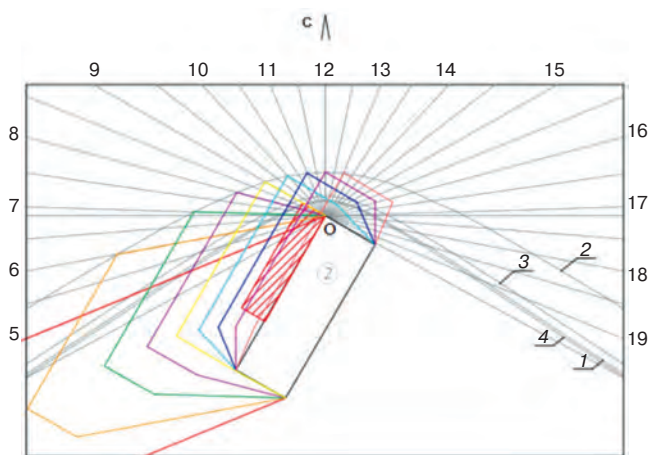


Рис. 2. Конверт теней от здания 2 на инсографике для $55,86^\circ$ с. ш. на 01.08.2018 г. за каждый час затенения выбранной горизонтальной площадки. 1, 2, 3, 4 – суточные траектории вершин теней от зданий 1, 2, 3, 4 (рис. 1), установленных в точке 0

Fig. 2. Shadow envelope from the Building 2 on the insographic plot for $55,86^\circ$ N. on date of 08/01/2018 for each hour of shading of the selected horizontal area. 1, 2, 3, 4 are the daily trajectories of the shadow vertices from the Buildings 1, 2, 3, 4 (Fig. 1) set at point 0

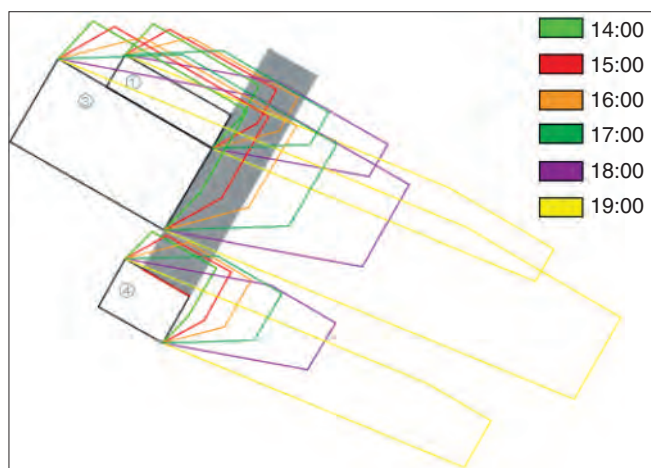


Рис. 3. Конверты теней от зданий 1, 3, 4 на выбранную горизонтальную площадку за каждый час с 14:00 по 19:00 на 01.08.2018 г.

Fig. 3. Shadow envelopes from the Buildings 1, 3, 4 to the selected horizontal area for each hour from 14:00 to 19:00 on date of 08/01/2018

С целью определения периода затенения и облучения выбранной горизонтальной площадки в застройке построен инсографик для $55,86^\circ$ с. ш. на 01.08.2018 г. Значения высоты стояния Солнца (h_0) и азимута (A_0) в каждый час светового дня для выбранной даты рассчитаны в соответствии с методикой (Кондратьев К.Я., Федорова М.П. О влиянии облачности и закрытости горизонта на приход радиации к наклонным поверхностям // Актинометрия и оптика атмосферы: Труды Пятого межведомственного совещания по актинометрии и оптике атмосферы. М.: Наука, 1963. С. 311–312). Расчет произведен в табличной форме (табл. 1), в которой приведены все необходимые данные для построения инсографика (рис. 2). Следует отметить, что масштаб инсо-

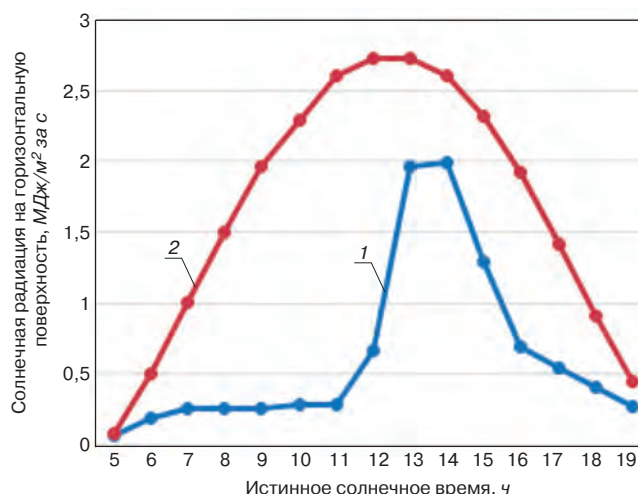


Рис. 4. Суммарная солнечная радиация на исследуемую горизонтальную площадку: 1 – с учетом затенения окружающей застройкой (i^{top}); 2 – без учета (i^{top}) на 01.08.2018 г.

Fig. 4. Total solar radiation to the studied horizontal area: 1 – taking into account the shading by the surrounding buildings (i^{top}); 2 – without taking into account (i^{top}) on date of 08/01/2018

Таблица 2
Table 2

Облучаемая и затеняемая площадь выбранной горизонтальной площадки 01.08.2018 г.
Irradiated and shaded area of the selected horizontal area at date of 08/01/2018

Истинное Солнечное время, ч	Площадь выбранной горизонтальной площадки	
	Затененная $S_{затен}$, м ²	Облучаемая $S_{обл}$, м ²
6	802	81,2
9	882,4	0,8
12	751,3	131,9
15	446,5	436,7
18	663,3	219,9

графика соответствует масштабу подосновы и составляет 1:1000.

На инсографике выполнено построение конвертов теней от зданий 1, 2, 3; 4 (рис. 1) на 01.08.2018 г. Пример построения конверта теней от здания 2 на исследуемую площадку по часам светового дня представлен на рис. 2.

Следует отметить, что при построении конверта теней вершины теней от зданий высотой H , м, заканчиваются на дуге вершин теней той же высоты. Границы же теней от зданий направлены либо параллельно солнечным лучам, либо параллельно граням здания.

Таким образом, выбранную площадку с 5:00 по 13:00 полностью или частично затеняют здания 2 и 4, а с 14:00 по 19:00 на площадку падают тени от зданий 1, 3; 4 (рис. 3).

С построенных конвертов теней графически получены значения облучаемой и затеняемой площадей

Таблица 3
Table 3

Результаты расчета отраженной солнечной радиации
с учетом периодов затенения и облучения
выбранной площадки и без их учета
The results of calculating the reflected solar radiation
with and without taking into account the periods of shading
and irradiation of the selected zone

Истинное Солнечное время, ч	Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, МДж/м ² за с		$\hat{R}_{\text{пов}}$, МДж/м ² за с, по (4)	$R_{\text{пов}}$, МДж/м ² за с, по (2)	$\frac{R_{\text{пов}} - \hat{R}_{\text{пов}}}{R_{\text{пов}}} \cdot 100\%$
	D	S			
5	0,07	0,01	0,02	0,02	14,7
6	0,16	0,34	0,04	0,11	61,9
7	0,21	0,8	0,06	0,22	74,6
8	0,23	1,27	0,06	0,32	82,2
9	0,26	1,7	0,06	0,43	86,7
10	0,29	2,01	0,06	0,5	87,4
11	0,29	2,31	0,06	0,56	88,9
12	0,31	2,41	0,15	0,59	75,4
13	0,32	2,41	0,43	0,59	28,3
14	0,32	2,28	0,43	0,56	23,5
15	0,31	2,01	0,28	0,5	43,8
16	0,3	1,62	0,15	0,42	63,4
17	0,29	1,13	0,12	0,31	61,7
18	0,25	0,67	0,09	0,2	54,7
19	0,17	0,29	0,06	0,1	38,41

выбранной площадки в каждый час расчетного дня от зданий в застройке. В табл. 2 занесены значения за каждые три часа 01.08.2018 г.

С учетом имеющихся данных (табл. 3) по формуле (3) были получены значения суммарной солнечной радиации по средневзвешенным показателям с учетом затеняющей застройки, $\hat{I}^{\text{гор}}$, на исследуемую горизонтальную площадку в каждый час расчетного дня, что отображено на рис. 4 синей линией. Также на рис. 4 показано поступление суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность без учета влияния зданий окружающей застройки, $I^{\text{гор}}$, что отображено красной линией на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что учет влияния окружающей застройки дает существенные различия в значениях суммарной солнечной радиации на горизонтальную площадку. Следовательно, расчет отраженной солнечной радиации целесообразно проводить с учетом затенения горизонтальной поверхности зданиями окружающей застройки.

Для дальнейших расчетов определяется общая площадь выбранной горизонтальной поверхности, которая составляет 883,2 м² (из них 495,1 м² – асфальтовое покрытие; 388,1 м² – зеленая трава). Для определения средневзвешенного альbedo по формуле (5) проведены измерения на спектрофотометрах

СФ-256 УВИ с приставкой ПДО-7 и СФ-256 БИК с приставкой ПДО-8 альbedo асфальтового покрытия, которое составило 10,5%. Значение альbedo зеленой травы принято по [18] равным 23%. Тогда, согласно (5), средневзвешенное альbedo площадки $A_k=16\%$.

Значения составляющей $\hat{R}_{\text{пов}}$, отраженной от подстилающей поверхности, определенные по формуле (4), за каждый час расчетного дня сведены в табл. 3. Для сравнения выполнен расчет $R_{\text{пов}}$ без учета периодов облучения и затенения выбранной горизонтальной площадки по формуле (2).

Анализ результатов

Как видно из данных табл. 3 (стб. 6), значения отраженной солнечной радиации при учете и без учета затенения окружающей застройкой имеют наибольшие отличия в 10:00 и 11:00 ч. Это объясняется тем, что в эти часы исследуемая горизонтальная площадка полностью затенена от объектов окружающей застройки, т. е. отсутствует прямая солнечная радиация (рис. 4).

Наименьшие отличия в 5:00 ч, когда горизонтальная площадка частично облучена прямой солнечной радиацией и ее значение небольшое (0,01 МДж/м²), а также в 14:00 ч, когда облучено 70% общей площади исследуемой горизонтальной поверхности.

В целом отличия существенны, что показывает необходимость учета затенения подстилающей поверхностью окружающей застройки.

Заключение

Сформирован подход к определению отраженной радиации при учете различных условий облучения подстилающей поверхности, заключающийся в построении инсографика для выбранной площадки, расположенной на заданной географической широте, на заданную календарную дату, а также в построении на инсографике конверта теней, позволяющего определить облучаемую и затеняемую площади выбранной площадки в каждый час расчетного дня.

По представленному подходу проведены расчеты суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность с учетом затенения объектами окружающей застройки. Показано существенное отличие полученных результатов в сравнении с расчетом без учета затенения.

Проведены расчеты отраженной солнечной радиации от горизонтальной поверхности, прилегающей к исследуемому фасаду с НФС УНПЛ ААИСК НИУ МГСУ, при учете и без учета затенения окружающей застройки.

Показано, что необходимо учитывать затенение подстилающей поверхности в расчетах отраженной от нее солнечной радиации.

Список литературы

1. Сеферян Л.А., Воронцова О.В., Швец Ю.С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 2 (49). С. 130.
2. Ковылин А.В., Ершова В.О. Влияние теплофизических свойств ограждающих конструкций на энергосбережение в зданиях и сооружениях // *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*. 2018. № 1 (22). С. 18–20.
3. Дворецкий А.Т., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Низкоэнергетические здания: окна, фасады, солнцезащита, энергоэффективность. М.: Директ-Медиа, 2022. 232 с.
4. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Выбор экономически целесообразной теплозащиты зданий на Севере РФ // *Жилищное строительство*. 2022. № 12. С. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78>
5. Неклюдов А.Ю. Развитие современного расчета потребления энергии на отопление и вентиляцию // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 3. С. 75–82.
6. Лушин К.И., Штерн М.Ю., Жуков М.Ю., Плющенко Н.Ю., Янцен О.В. Повышение эффективности использования энергии системами вентиляции на основе управления производительностью по сигналам датчиков углекислого газа // *Сантехника. Отопление. Кондиционирование*. 2021. № 5 (233). С. 42–45.
7. Клочко А.К., Клочко А.Р. Преимущества графического метода определения коэффициента инсоляции для вертикального остекления // *Строительство: наука и образование*. 2019. № 1 (31). С. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2019.1.6>
8. Kontoleon K.J. Dynamic thermal circuit modeling with distribution of internal solar radiation on varying façade orientations // *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 47 (4), pp. 139–150.
9. Lee K. Estimation of surface solar irradiation using sky view factor, sunshine factor and solar irradiation models according to geometry and buildings // *4 International Conference on Building Energy and Environment*. 2018, pp. 329–332.
10. Маликова А.С. Энергоэффективное остекление бизнес-центра // *Инженерные исследования*. 2021. № 5 (5). С. 3–9.

References

1. Seferyan L.A., Vorontsova O.V., Shvets Yu.S. Methods for improving of energy-efficiency of buildings. *Inzhenerniy vestnik Dona*. 2018. No. 2 (49), pp. 130. (In Russian).
2. Kovylin A.V., Ershova V.O. Influence of the thermophysical properties of fencing constructions on energy saving in buildings and structures. *Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport*. 2018. No. 1 (22), pp. 18–20. (In Russian).
3. Dvoreczkij A.T., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Nizkoenergeticheskie zdaniya: okna, fasady, solncezashhita, energoeffektivnost` [Low energy buildings: windows, facades, sun protection, energy efficiency]. Moscow: Direkt-Media. 2022. 232 p.
4. Malyavina E.G., Frolova A.A. The choice of economically feasible thermal protection of buildings in the north of the Russian federation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 12, pp. 72–78. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78>
5. Neklyudov A.Yu. Development of modern calculation of consumption energy for heating and ventilation. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2018. No. 3, pp. 75–82. (In Russian).
6. Lushin K.I., Shtern M.Yu., Zhukov M.Yu., Plyushchenko N.Yu., Yancen O.V. Improving the energy efficiency of ventilation systems using carbon dioxide sensors. *Santexnika. Otoplenie. Kondicionirovanie*. 2021. No. 5 (233), pp. 42–45. (In Russian).
7. Klochko A.K., Klochko A.R. Graphic method advantages of determination of vertical glazing insolation coefficient. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*. 2019. No. 1 (31), pp. 1–12. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2019.1.6>
8. Kontoleon K.J. Dynamic thermal circuit modeling with distribution of internal solar radiation on varying façade orientations. *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 47 (4), pp. 139–150.
9. Lee K. Levermore G. Estimation of surface solar irradiation using sky view factor, sunshine factor and solar irradiation models according to geometry and buildings. *4 International Conference on Building Energy and Environment*. 2018, pp. 329–332.
10. Malikova A.S. Energy efficient glazing of the business center. *Inzhenernye issledovaniya*. 2021. No. 5 (5), pp. 3–9. (In Russian).

11. Стецкий С.В., Кузнецова П.И. Светотехнические, солнцезащитные и информативные качества окон нетрадиционной формы в гражданских зданиях стран с жарким солнечным климатом // *Научное обозрение*. 2017. № 10. С. 20–25.
12. Коркина Е.В., Тюленев М.Д., Войтович Е.В. Влияние противостоящего здания на поступление отраженной и рассеянной солнечной радиации // *Жилищное строительство*. 2022. № 1–2. С. 9–16. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-1-2-9-16>
13. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Тюленев М.Д. Влияние противостоящих зданий на энергосбережение здания с низкоэмиссионным остеклением // *Жилищное строительство*. 2022. № 3. С. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-3-30-35>
14. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings // *Solar Energy*. 2019. Vol. 180, pp. 717–734. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.023>
15. Коркина Е.В., Плющенко Н.Ю., Войтович Е.В. Аналитический метод расчета отраженной солнечной радиации от подстилающей поверхности на элементарный участок фасада // *Известия вузов. Строительство*. 2022. № 12. С. 75–83. DOI: [10.32683/0536-1052-2022-768-12-75-83](https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-768-12-75-83)
16. Klucher T. Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces // *Solar Energy*. 1979. Vol. 23, pp. 111–114.
17. Шмаров И.А., Земцов В.А., Коркина Е.В. Инсоляция: практика нормирования и расчета // *Жилищное строительство*. 2016. № 7. С. 48–53.
18. Справочник эколого-климатических характеристик Москвы. Т. 2: Прикладные характеристики климата, мониторинг загрязнения атмосферы, опасные явления, ожидаемые тенденции в XXI веке (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ) / Под ред. д-ра геол. наук А.А. Исаева. М.: Изд-во географического фак. МГУ, 2006. 411 с.
19. Гагарин В.Г., Плющенко Н.Ю., Косарев А.Р. Методика экспериментального определения параметров уравнения распределения температуры воздуха по высоте вентилируемой прослойки НФС // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*. 2017. № 6 (58). С. 107–113.
11. Stetsky S.V., Kuznetsova P.I. Illuminating, sun-protective and informative qualities of non-conventional windows in civil buildings in countries with hot sunny climate. *Nauchnoe obozrenie*. 2017. No. 10, pp. 20–25. (In Russian).
12. Korkina E.V., Tyulenev M.D., Vojtovich E.V. Influence of the opposing building on the arrival of reflected and diffuse solar radiation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 1–2, pp. 9–16. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-1-2-9-16>
13. Gagarin V.G., Korkina E.V., Tyulenev M.D. The effect of opposite buildings on energy saving of buildings with low-emission glazing. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 3, pp. 30–35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-3-30-35>
14. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings. *Solar Energy*. 2019. Vol. 180, pp. 717–734. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.023>
15. Korkina E.V., Plyushhenko N.Yu., Vojtovich E.V. Analytical method for calculation of reflected solar radiation from the underlying surface onto a facade elementary section. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2022. No. 12, pp. 75–83. (In Russian). DOI: [10.32683/0536-1052-2022-768-12-75-83](https://doi.org/10.32683/0536-1052-2022-768-12-75-83)
16. Klucher T. Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces. *Solar Energy*. 1979. Vol. 23, pp. 111–114.
17. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Korkina E.V. Insolation: practice of regulation and calculation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 7, pp. 48–53. (In Russian).
18. Spravochnik ekologo-klimaticheskix karakteristik Moskvy. Prikladnye karakteristiki klimata, monitoring zagryazneniya atmosfery, opasnye yavleniya, ozhidayemye tendencii v XXI veke [Handbook of Ecological and Climatic Characteristics of Moscow. Applied Climate Characteristics, Monitoring of Atmospheric Pollution, Hazardous Phenomena, Expected Trends in the 21st Century (according to the observations of the Meteorological Observatory of MSU)]. Moscow: MSU. 2006. 411 p.
19. Gagarin V.G., Plyushchenko N.Yu., Kosarev A.R. The experimental determination methodology of the parameters in the equation of the air temperature distribution on the HFS height. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii*. 2017. No. 6 (58), pp. 107–113. (In Russian).

УДК 699.84

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-38-42>

С.И. КРЫШОВ¹, канд. техн. наук, начальник отдела (skryshov@yandex.ru),
Д.Е. КОТЕЛЬНИКОВ¹, ведущий инженер (yorik487@yandex.ru);

О.В. ГРАДОВА², инженер, руководитель сектора № 42.1 «Акустические материалы и конструкции»

¹ Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве (ГБУ «ЦЭИИС») (109052, г. Москва, Рязанский пр., 13)

² Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Возможности применения перегородок из пазогребневых блоков с позиций обеспечения требований звукоизоляции

Одним из самых распространенных материалов при возведении перегородок между помещениями в зданиях различного назначения, в частности в жилых, являются пазогребневые блоки. Одним из важнейших показателей уровня комфортности среды пребывания человека является звукоизоляция ограждающих конструкций. Низкие показатели звукоизоляции ограждающих конструкций пагубно сказываются на здоровье и трудовой деятельности человека. С целью оценки звукоизоляции таких конструкций проведена серия испытаний различных перегородок из пазогребневых блоков на предмет соответствия индекса изоляции воздушного шума действующим нормативным требованиям. В статье рассмотрены различные варианты конструктивных решений перегородок, выполненных из пазогребневых блоков между помещениями в зданиях различного назначения. Изучены решения и исследования, представленные в различных справочных и научных материалах и публикациях прошлых лет. Проведен анализ зависимости индексов изоляции воздушного шума перегородок из пазогребневых блоков от принятых конструктивных решений и условий испытаний. Приведен график зависимости частотных характеристик всех конструкций, в отношении которых проводился анализ зависимости индексов изоляции воздушного шума. Также приведено сравнение натурных испытаний и теоретических расчетов звукоизоляции однослойных перегородок сплошного сечения согласно действующим нормативным документам.

Ключевые слова: звукоизоляция, перегородки, время реверберации, пазогребневые блоки, индекс изоляции воздушного шума.

Для цитирования: Крышов С.И., Котельников Д.Е., Градова О.В. Возможности применения перегородок из пазогребневых блоков с позиций обеспечения требований звукоизоляции // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 38–42. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-38-42>

S.I. KRYSHOV¹, Candidate of Sciences (Engineering), Head of Department (skryshov@yandex.ru),

D.E. KOTELNIKOV¹, Leading Engineer (yorik487@yandex.ru); O.V. GRADOVA², Engineer, Head of Sector № 42.1 «Acoustic materials and structures»

¹ Center for Expertise, Research and Testing in Construction (GBU «TSEIIS») (13 Ryazansky Prospekt, Moscow, 109052, Russian Federation)

² Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Possibilities of Using Partitions from Tongue-and-Groove Blocks from the Standpoint of Ensuring Sound Insulation Requirements

One of the most common materials in the construction of partitions between rooms in buildings for various purposes, in particular in residential buildings, are tongue-and-groove blocks. One of the most important indicators of the level of comfort of the human environment is the sound insulation of enclosing structures. Low rates of sound insulation of enclosing structures have a detrimental effect on human health and labor activity. In order to assess the sound insulation of such structures, a series of tests of various partitions made of tongue-and-groove blocks was carried out for compliance with the airborne sound insulation index of the current regulatory requirements. The article considers various options for constructive solutions for partitions made of tongue-and-groove blocks between rooms in buildings for various purposes. The solutions and studies presented in various reference and scientific materials and publications of past years are studied. An analysis of the dependence of the indices of airborne noise insulation of partitions made of tongue-and-groove blocks on the adopted design solutions and test conditions was carried out. A graph of the dependence of the frequency characteristics of all structures for which the analysis of the dependence of airborne noise insulation indices was carried out is given. A comparison of full-scale tests and theoretical calculations of sound insulation of single-layer partitions of a solid section is also given in accordance with the current regulatory documents.

Keywords: sound insulation, partitions, reverberation time, tongue-and-groove blocks, airborne sound insulation index.

For citation: Kryshov S.I., Kotelnikov D.E., Gradova O.V. Possibilities of using partitions from tongue-and-groove blocks from the standpoint of ensuring sound insulation requirements. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 38–42. (In Russian).

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-38-42>

Звукоизоляция ограждающих конструкций – один из важнейших показателей, определяющих комфортность среды пребывания человека, будь то жилье, производственные зоны или объекты социального назначения. Низкие показатели звукоизоляции ограждающих конструкций, как внешних, так и внутренних, ведут к снижению качества жизни и труда [1–4].

Основным типом конструкций, разделяющих единое пространство на зоны с различным назначением, являются стены и перегородки. Нормируемым параметром звукоизоляции для стен и перегородок является индекс изоляции воздушного шума R_w . Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» индекс изоляции воздушного шума стен и перегородок, в зависимости от назначения, нормируется в диапазоне от 43 до 60 дБ.

Одним из распространенных материалов, применяемых при возведении таких конструкций, являются пазогребневые блоки [5–10]. Пазогребневые блоки представляют собой плиты толщиной 80–100 мм, в противоположных торцах которых имеются углубления (пазы) и выступы (гребни), благодаря которым несколько элементов можно собрать в единую конструкцию с перехлестом пазов и гребней.

На построенных объектах проводились измерения частотных характеристик изоляции воздушного шума (рис. 1, 2) нескольких конструктивных решений перегородок с применением пазогребневых блоков (ПГП). В качестве конструктивных решений перегородок применялись как однослойные конструкции из блоков толщиной 80 (ПГП 80 мм) и 100 мм (ПГП 100 мм), так и многослойные с применением пазогребневых блоков толщиной 100 мм, обшитых с одной стороны листами из гипсокартона толщиной 9,5 мм (ПГП 100 мм + ГКЛ 9,5 мм), и двух слоев пазогребневых блоков толщиной 80 мм (ПГП 2×80 мм) (табл. 1).

Измерения выполнены по методике ГОСТ 27296–2012 «Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций»: для каждой третьоктавной полосы частот определяли средние уровни звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней, а также проводили измерения времени реверберации и фонового шума в помещении.

Для сравнения с лабораторными измерениями также приведены данные звукоизоляции конструкций пазогребневых блоков перегородок в два слоя толщиной по 80 и 100 мм с применением слоя зву-



Рис. 1. Перегородка из пазогребневых блоков
Fig. 1. Partition of tongue-and-groove blocks



Рис. 2. Перегородка из пазогребневых блоков, обшитая с одной стороны листами гипсокартона
Fig. 2. Partition of tongue-and-groove blocks, sheathed on one side with sheets of drywall

коизолирующего материала (ПГП 2×100 мм + СЗБ) из альбома типовых технических решений тонких звукоизолирующих конструкций методического пособия НИИСФ РААСН (Альбом «Типовые технические решения тонких звукоизолирующих конструкций». Версия ТС/02.2015/РДС/С/РУ. ОАО «58 Центральный проектный институт» (г. Санкт-Петербург), НИИСФ РААСН при участии специалистов компаний ТехноСонус и КНАУФ. 2015; Анджелов Л.В., Нанасов И.М., Пустовгар А.П., Адамцевич А.О., Медведев В.В., Емельянов М.В., Владимиров И.Е., Ильницкий Н.В., Ка-

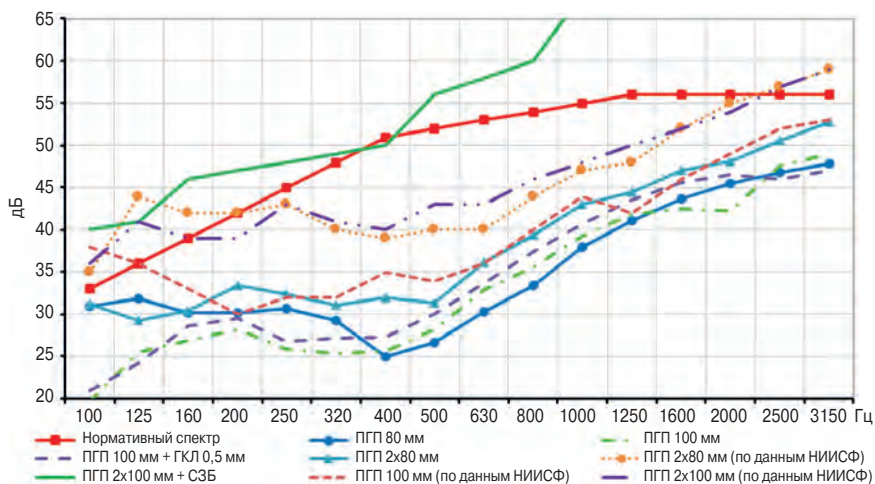


Рис. 3. Частотные характеристики изоляции воздушного шума
Fig. 3. Frequency characteristics of airborne sound insulation

Таблица 1
Table 1

Сравнение звукоизоляции различных конструкций
Comparison of sound insulation of various designs

Частота, Гц	Нормативный спектр	ПГП 80 мм	ПГП 100 мм	ПГП 100 мм + ГКЛ 9,5 мм	ПГП 2×80 мм	ПГП 2×80 мм (по данным НИИСФ)	ПГП 2×100 мм + СЗБ	ПГП 100 мм (по данным НИИСФ)	ПГП 2×100 мм (по данным НИИСФ)
100	33	31	20	21	31	35	40	38	36
125	36	32	25	24	29	44	41	36	41
160	39	30	27	29	30	42	46	33	39
200	42	30	28	30	33	42	47	30	39
250	45	31	26	27	32	43	48	32	43
320	48	29	25	27	31	40	49	32	41
400	51	25	26	27	32	39	50	35	40
500	52	27	28	30	31	40	56	34	43
630	53	30	33	34	36	40	58	36	43
800	54	33	36	37	39	44	60	40	46
1000	55	38	39	41	43	47	68	44	48
1250	56	41	42	44	44	48	69	42	50
1600	56	44	43	46	47	52	75	46	52
2000	56	46	42	46	48	55	78	49	54
2500	56	47	48	46	51	57	85	52	57
3150	56	48	49	47	53	59	87	53	59
Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ		35	35	37	40	46	59	41	48

Таблица 2
Table 2

Сравнение экспериментальных и расчетных индексов изоляции воздушного шума
Comparison of experimental and calculated indices of airborne sound insulation

	ПГП 80 мм	ПГП 100 мм	ПГП 100 мм + ГКЛ 9,5 мм	ПГП 2×80 мм	ПГП 2×80 мм (по данным НИИСФ)	ПГП 100 мм (по данным НИИСФ)	ПГП 2×100 мм (по данным НИИСФ)
Измеренный индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ	35	35	37	40	46	41	48
Расчетный индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ	35	39	40	46	46	39	50

заков Д.В., Цюрупа Д. Методическое пособие «Разработка методических указаний по проектированию типовых технических решений ограждающих звукоизолирующих конструкций». Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве. 2016. С. 54–57).

Взаимное положение нормативного спектра изоляции воздушного шума и частотных характеристик изоляции воздушного шума различных конструктивных решений перегородок показано на рис. 3.

Из сравнения звукоизоляции различных конструкций видно, что однослойные перегородки не в состоянии обеспечить даже минимальные требования по звукоизоляции из регламентируемых СП 51.13330.2011. Для обеспечения даже минимальных требований СП 51.13330.2011 приме-

нения только одного слоя пазогребневых блоков недостаточно. Чтобы обеспечить нормируемый уровень изоляции воздушного шума согласно СП 51.13330.2011, при использовании в качестве материала стен пазогребневых блоков необходимо применять конструкции в несколько слоев с использованием дополнительных слоев из звукоизолирующих материалов [11–14].

Согласно СП 275.1325800.2016 индекс изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями сплошного сечения расчетным путем можно определить по формуле:

$$R_B = 37 \lg m + 55 \lg K - 43,$$

где m – поверхностная плотность ограждения, а K определяется по таблице 9 СП 275.1325800.2016.

Применим данный метод к оценке индекса изоляции тех испытанных перегородок, которые можно рассматривать как конструкции сплошного сечения (с плотностью 1100 кг/м^3).

В табл. 2 приведено сравнение экспериментальных и расчетных индексов изоляции воздушного шума.

Выводы

Значения индекса изоляции воздушного шума при теоретическом расчете и лабораторных ис-

пытаниях получаются выше, чем на строительных объектах.

Для пазогребневых перегородок лабораторно-расчетные индексы изоляции на 3–6 дБ превышают натурные значения.

Базирующиеся на лабораторных испытаниях нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций зданий нуждаются, по мнению авторов, в корректировке применительно к практике массового строительства.

Список литературы

1. Новосельцев Ю.П., Чумасова Е.В., Шалагинова Е.В. Звукоизоляция межквартирных перегородок и межэтажных перекрытий в жилых домах. В сб.: *Общество. Наука. Инновации (НПК-2018)*. Вятский государственный университет, 2018. С. 629–635.
2. Анджелов Л.В., Любакова Е.В. Звукоизоляция межкомнатных перегородок // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3–1. С. 25–27.
3. Крышов С.И. Проблемы звукоизоляции строящихся зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 8–10.
4. Мониц Д.В. Методология расчета звукоизоляции и разработки рациональных конструктивных решений легких ограждающих конструкций // *Приволжский научный журнал*. 2022. № 1 (61). С. 52–61.
5. Крылова К.К. Основные технологии и материалы для возведения перегородок в жилых зданиях // *Инженерные исследования*. 2021. № 5 (5). С. 23–30.
6. Петров О.В. Современные отделочные материалы в дизайне интерьера // *Инженерные исследования*. 2021. № 3 (3). С. 22–27.
7. Гончаров Ю.А., Дубровина Г.Г., Шныпко С.Д. Обеспечение требуемых акустических условий в помещениях за счет применения гипсовых пазогребневых плит // *Строительные материалы*. 2018. № 8. С. 31–35. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-31-35>
8. Павлова П.О., Завадько М.Ю. Анализ производства и применения гипсовых материалов и изделий в строительстве. В сборнике: *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием*. Белгород, 2022. С. 270–273.
9. Садуакасов М.С., Шойбеков Б.М., Токмаджешвили Г.Г., Ермуханбет М.А., Мейрханов Т.Б. Пеногипсовые панели для перегородок // *Строитель-*

References

1. Novosel'tsev Yu.P., Chumasova E.V., Shalaginova E.V. Sound insulation of inter-apartment partitions and floors in residential buildings. In the collection: *Society. The science. Innovations (NPK-2018). Collection of articles of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference*. Vyatka State University, 2018, pp. 629–635. (In Russian).
2. Andzhelov L.V., Lyubakova E.V. Soundproofing of interior partitions. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3–1, pp. 25–27. (In Russian).
3. Kryshov S.I. Problems of sound insulation of buildings under construction. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 8–10. (In Russian).
4. Monich D.V. Methodology for calculating sound insulation and development of rational design solutions of lightweight enclosures. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2022. No. 1 (61), pp. 52–61. (In Russian).
5. Krylova K.K. Basic technologies and materials for construction of partitions in residential buildings. *Inzhenernye issledovaniya*. 2021. No. 5 (5), pp. 23–30. (In Russian).
6. Petrov O.V. Modern decoration materials in interior design. *Inzhenernye issledovaniya*. 2021. No. 3 (3), pp. 22–27. (In Russian).
7. Goncharov Yu.A., Dubrovina G.G., Shypko S.D. Provision of required acoustic condition in premises due to the use of gypsum tongue-and-groove slabs. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 8, pp. 31–35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-31-35>
8. Pavlova P.O., Zavad'ko M.Yu. Analysis of the production and use of gypsum materials and products in construction. In the collection: *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of the Belarusian State Technical University. V.G. Shukhov dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. Collection of reports of the National Conference with international participation*. Belgorod, 2022, pp. 270–273.
9. Saduakasov M.S., Shoibekov B.M., Tokmadzheshvili G.G., Ermukhanbet M.A., Meirkhanov T.B. Foamed gypsum panels for partitions. *Stroitel'nye Materialy*

- ные материалы. 2019. № 10. С. 64–69. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-775-10-64-69>
10. Цыплаков А.Н., Черноусенко Г.И., Семёнова А.Т., Кукина О.Б., Гайдина Н.М., Парусимов И.В. Перспективы применения гипсокомпозита в монолитном малоэтажном строительстве // *Химия, физика и механика материалов*. 2019. № 4 (23). С. 4–21.
 11. Бобылев В.Н., Тишков В.А., Гребнев П.А., Монич Д.В. Резервы повышения звукоизоляции перегородок из пазогребневых гипсовых плит // *Приволжский научный журнал*. 2015. № 4 (36). С. 41–45.
 12. Старцева О.В., Овсянников С.Н. Теоретические и экспериментальные исследования звукоизоляции перегородок. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2013. № 2 (39). С. 176–184.
 13. Кочкин Н.А., Шубин И.Л., Кочкин А.А. Исследование повышения звукоизоляции существующих ограждений с использованием слоистых вибродемпфированных элементов // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2019. № 3 (381). С. 215–219.
 14. Бобылев В.Н., Ерофеев В.И., Монич Д.В., Гребнев П.А., Кузьмин Д.С. Звукоизоляция однослойных легких перегородок с антирезонансными панелями // *Приволжский научный журнал*. 2021. № 3 (59). С. 46–55.
- [Construction Materials]. 2019. No 10. pp. 64–69. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-775-10-64-69>
 10. Tsyplakov A.N., Chernousenko G.I., Semenova A.T., Kukina O.B., Gaidina N.M., Parusimov I.V. The perspective of gypsum composite application in monolithic low-rise construction. *Khimiya, fizika i mekhanika materialov*. 2019. No 4 (23), pp. 4–21. (In Russian).
 11. Bobilev V.N., Tishkov V.A., Grebnev P.A., Monich D.V. Reserves of increase of sound insulation of partitions of gypsum plates. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2015. No 4 (36). pp. 41–45. (In Russian).
 12. Startseva O.V., Ovsyannikov S.N. Theoretical and experimental researches of sound insulation of partitions. *Vestnik of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2013. No. 2 (39), pp. 176–184. (In Russian).
 13. Kochkin N.A., Shubin I.L., Kochkin A.A. Research of increase in sound insulation of the existing protections with use of layered vibration damped elements. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti*. 2019. No. 3 (381), pp. 215–219. (In Russian).
 14. Bobilev V.N., Erofeev V.I., Monich D.V., Grebnev P.A., Kuz'min D.S. Sound insulation of single-layer lightweight partitions with anti-resonant panels. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. 2021. No. 3 (59), pp. 46–55. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Авторы: А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин, С.Г. Богов, В.А. Шашкин, М.А. Шашкин
(практическое руководство под редакцией д.г.-м.н. Шашкина А.Г.)

Санкт-Петербург: Георекострукция, 2021. 640 с.

В монографии раскрывается содержание мониторинга механической безопасности при новом строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Показывается значение мониторинга не только как средства контроля за сохранностью городской застройки, но и как профилактического средства, позволяющего своевременно обнаружить и диагностировать негативные тенденции и принять адекватные меры по нормализации технического состояния сооружения. Отмечается необходимость построения мониторинга как интерактивного процесса, базирующегося на компьютерной модели взаимодействия сооружения и основания. Это позволяет корректно интерпретировать результаты мониторинга, а также выполнять обратные расчеты для совершенствования исходных расчетных схем и физических моделей материалов и грунтов.

По вопросам приобретения обращайтесь:

E-mail: georeconstruction@gmail.com

WWW: geo-bookstore.ru



Учебное пособие «Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию»

Авторы: Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н., Гендлина Ю.Б., Залипаева О.А., Каптюшина А.Г.,
Медведева Н.В., Петровская А.А., Поварова О.А., Чорная Т.Н.

Научный редактор – д-р техн. наук, проф. В.С. Грызлов

Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 276 с.

Дана общая характеристика профессии строитель. Приведены сведения из истории развития строительной отрасли. Предложено краткое описание видов строительной продукции, особенностей проектирования строительных объектов, технологии и порядка организации возведения зданий и сооружений; раскрыты вопросы менеджмента в строительстве. Подчеркнута важность строительной науки и цифровизации строительной деятельности. Отдельная глава посвящена особенностям организации инженерно-строительного обучения. Для студентов бакалавриата, начавших обучение по направлению «Строительство». Может быть использовано для профориентационной работы с выпускниками школ.

По вопросам приобретения обращайтесь в издательство «Инфра-Инженерия»



УДК 697.132

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-43-51>

А.Ю. ОКУНЕВ^{1,2}, канд. физ.-мат. наук (okunevay@gmail.com);
Е.В. ЛЕВИН¹, канд. физ.-мат. наук (aqwsrv@list.ru)

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Государственный университет по землеустройству (105064, Москва, ул. Казакова, 15)

Лучистый теплообмен ограждающих конструкций зданий с окружающей средой

Разработана модель лучистого теплообмена ограждающих конструкций зданий с окружающей средой. Модель основана на расчете теплопоступлений на ограждающие конструкции от внешнего излучения и учитывает прямое и рассеянное солнечное облучение, а также лучистую теплоотдачу ограждающих конструкций окружающей среде. При моделировании рассеянного солнечного облучения учитываются рассеяние от поверхности грунта и других окружающих здание объектов и радиационный теплообмен ограждающих конструкций с облаками и ясным небом. Расчет лучистого теплообмена проводится для площадки (плоскости ограждающей конструкции), ориентированной под произвольным углом к горизонтальной плоскости и по сторонам света. Разработанная модель имеет обобщенный характер и применима к местности для любой широты на поверхности Земли. При применении модели на практике на основе зависимостей от времени интенсивности прямого солнечного излучения, определяемого облачностью, возможно получение непрерывных во времени данных по теплопоступлениям на ограждающие конструкции. Для этого могут быть использованы архивные статистические данные метеорологических станций или модельные метеорологические условия. Разработанная модель может быть использована при проведении расчетно-теоретических исследований теплозащитных характеристик различных ограждающих конструкций, а также исследований по влиянию нестационарных внешних тепловых воздействий на тепловой микроклимат помещений и требований к системам отопления и кондиционирования помещений.

Ключевые слова: ограждающие конструкции зданий, прямое солнечное излучение, рассеянное солнечное излучение, лучистый теплообмен, физико-математическая модель, теплопоступления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).

Для цитирования: Окунев А.Ю., Левин Е.В. Лучистый теплообмен ограждающих конструкций зданий с окружающей средой // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 43–51.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-43-51>

A.Yu. OKUNEV^{1,2}, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics); E.V. LEVIN¹, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics) (aqwsrv@list.ru)

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of RAACS (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² State University of Land Use Planning (15, Kazakova Street, Moscow, 105064, Russian Federation)

Radiant Heat Exchange of Enclosing Structures of Buildings with the Environment

A model of radiant heat exchange between the enclosing structures of buildings and the environment has been developed. The model is based on the calculation of heat inputs to the enclosing structures from external radiation and takes into account direct and diffuse solar radiation, as well as radiant heat transfer of the enclosing structures to the environment. When modeling diffuse solar irradiation, scattering from the surface of the soil and other objects surrounding the building, and radiation heat exchange of enclosing structures with clouds and clear skies are taken into account. The calculation of radiant heat transfer is carried out for the site (the plane of the building envelope), oriented at an arbitrary angle to the horizontal plane and to the cardinal points. The developed model has a generalized character and is applicable to the terrain for any latitude on the Earth's surface. When applying the model in practice, based on the time dependences of the intensity of direct solar radiation, determined by cloudiness, it is possible to obtain time continuous data on heat transfer to enclosing structures. For this, archived statistical data of meteorological stations or model meteorological conditions can be used. The developed model can be used in carrying out computational and theoretical studies of the heat-protecting characteristics of various enclosing structures, as well as studies on the influence of non-stationary external thermal influences on the thermal microclimate of premises and requirements for heating and air conditioning systems.

Keywords: enclosing structures of buildings, direct solar radiation, diffuse solar radiation, radiant heat exchange, physical-mathematical model, heat receipts.

The work was financially supported by the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS).

For citation: Okunev A.Yu., Levin E.V. Radiant heat exchange of enclosing structures of buildings with the environment. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 43–51. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-43-51>

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам безопасности пребывания людей в зданиях и сооружениях, а также обеспечения энергетической эффективности при их эксплуатации. Оба эти вопроса так или иначе связаны с обеспечением мероприятий по поддержанию стабильного теплового микроклимата в помещениях, для чего постоянно проводятся соответствующие научно-технические исследования. Особое внимание в этих исследованиях уделяется влиянию переменных краткосрочных внешних тепловых воздействий на оболочку зданий, к которым относятся температурные воздействия со стороны внешнего воздуха. На территории РФ тепловая защита ограждающих конструкций от температурных воздействий проектируется на основе средней температуры воздуха в отопительный период (градусо-суток отопительного периода – ГСОП) и не учитывает возможные суточные колебания температуры и их влияние на изменения температуры воздуха в помещениях. Кроме температуры наружного воздуха значительное влияние на тепловое состояние помещений оказывает радиационный теплообмен здания с окружающей средой, протекающий под влиянием прямого и рассеянного солнечного излучения. Чем ниже географическая широта здания, тем больше влияние этого теплообмена. Например, радиационный теплообмен через ограждающие конструкции имеет различные показатели в дневное и ночное время суток, особенно для ясного безоблачного неба, что может приводить к заметным локальным во времени изменениям параметров теплового микроклимата внутри здания.

Изучению лучистого теплообмена в настоящее время посвящено множество исследований. При этом большая часть работ касается прямых радиационных теплопоступлений через светопрозрачные ограждающие конструкции, поскольку такие теплопоступления с минимальной задержкой по времени могут привести к значительным изменениям температуры внутри помещений. Например, в работах [1–3] анализируется влияние инсоляции на микроклимат помещений. В работах [4, 5] проводится расчет теплопоступлений от солнца через остекления.

Во многих исследованиях лучистый теплообмен также учитывается при анализе теплопоступлений через крыши и стены зданий. Например, в статье [6] приведен метод аналитического решения задачи теплопереноса для оценки нестационарного теплопритока в помещения через многослойные стены и плоские крыши при периодически изменяющихся граничных условиях по температуре воздуха и поступающему солнечному излучению. В работе [7] также предложено аналитическое решение для расчетов нестационарного теплообмена в композитной стене,

находящейся под воздействием прямого солнечного излучения и синусоидальных колебаний температуры окружающего наружного воздуха. В работе [8] приведены экспериментальные исследования взаимодействия прямого и рассеянного солнечного излучения с утепленным с наружной стороны фасадом здания. Измерению подлежали температура поверхности фасада здания, спектральный коэффициент отражения излучения, температура наружного воздуха и интенсивности прямой и рассеянной солнечной радиации. В работе [9] приведен метод расчета тепловой мощности на охлаждение здания, учитывающий теплопритоки в помещения за счет солнечного излучения через стены и крышу. Кроме прямого солнечного облучения в ряде работ расчет нагрева поверхности здания от солнечной радиации проводится с учетом теплообмена с соседними зданиями и подстилающими поверхностями (например, асфальт) [10]. Большое значение для практики имеют работы, в которых рассматриваются возможности снижения теплопоступлений в здания за счет увеличения светоотражения на их внешней оболочке [11–13], а также работы, показывающие, каким образом излишнее тепло за счет облученности может накапливаться и удаляться из воздушных прослоек стен и кровель [14, 15].

Во всех исследованиях необходимым является знание того, каким образом энергия излучения должна быть учтена количественно. На эту тему существует ряд работ, среди которых можно выделить [16–21]. В данных работах приведены методики пересчета известных теплопоступлений от солнечной радиации на горизонтальную поверхность на теплопоступления на вертикальные и наклонные поверхности. Также рассматриваются методы расчета поступлений солнечной радиации на фасад здания при наличии других рядом стоящих зданий. Как правило, известные методики оперируют с почасовыми поступлениями солнечной радиации. Все это относится к прямой солнечной радиации. Известные методы учета рассеянной солнечной радиации обладают высокой степенью неопределенности, хотя этот вопрос является важным при учете облученности стен зданий. Рассеянная солнечная радиация может внести в теплообмен на поверхности фасада вклад, находящийся на уровне величин, даваемых конвективным теплообменом. И наконец, очень незначительное количество работ выполнено на тему реального радиационного теплообмена фасадов и покрытий с открытым небом. Известно, что радиационная температура неба в ночное время в отсутствие рассеянного солнечного излучения является очень низкой (по разным источникам, на уровне минус 50 – минус 60°C, и даже есть ссылки на то, что она может достигать минус 100°C). Это оз-

начает, что для покрытий зданий и в какой-то степени для стен в ясную погоду теплообмен на поверхности оболочки здания в ночное и дневное время может резко различаться, это может приводить к заметным изменениям суточных параметров теплового микроклимата внутри здания.

Целью настоящего исследования явилось представление разработанной авторами обобщенной модели, позволяющей учитывать все типы теплопоступлений без ограничений по времени их учета, широты местности, на которой расположен объект, и ориентации фасада по сторонам света.

Основные положения и структура модели лучистого теплообмена

В отличие от известных моделей, направленных на вычисление суммарных теплопоступлений от Солнца или средних их величин, в рамках настоящей работы предлагается модель для определения мгновенных значений, т. е. для каждого момента времени. Применение такого подхода при использовании вероятностных или архивных данных по погодным условиям (облачности, температуре воздуха, влажности, направлении и скорости ветра) позволяет расчетно-теоретическими методами установить нарушения микроклимата помещения за заданный период, а также определять пиковые нагрузки на системы отопления или кондиционирования. Модель включает различные типы лучистого теплообмена: прямое солнечное излучение, рассеянное солнечное излучение от поверхности грунта и облаков, лучистый теплообмен с ограждающей конструкцией произвольной пространственной ориентации, а также расчет лучистого теплообмена с окружающей средой.

Прямое солнечное излучение

Общеизвестно, что Земля вращается вокруг Солнца с близким к постоянному периодом $T_r = 365,24 \approx 365$ (сут), при этом она также вращается вокруг своей оси с периодом 24 ч, а ось наклонена относительно плоскости эклиптики орбиты на угол $\gamma = 23,44^\circ$. Эти факты позволяют рассчитать положение Солнца на небосводе в любой момент времени в любой день, для точки на поверхности Земли с заданной широтой.

Пренебрегая преломлением света в атмосфере, сферичностью и асферичностью поверхности, движение Солнца по небосводу описывается следующими формулами:

$$\zeta = \arcsin(\sin \gamma \cdot \sin(2\pi(n - 79)/365)), \quad (1)$$

где ζ – отклонение азимута восходящего Солнца на юг от направления на восток, n – номер дня в году.

При использовании формулы (1) 81-й и 263-й дни соответствуют весеннему и осеннему равноден-

ствию, 172-й и 355-й дни – летнему и зимнему солнцестоянию соответственно. При этом фактические дни солнцестояния соответствуют указанным значениям, но дни равноденствия немного отличаются (79-й и 266-й), что связано с эллиптичностью орбиты Земли. В рамках настоящей работы не будет реализовано попытки найти теплопоступления от Солнца с точностью выше, чем несколько процентов, поскольку в любом случае факторы, связанные с пропусканием атмосферы, определяются по экспериментальным значениям коэффициентов с относительно небольшой точностью.

После определения угла ζ можно рассчитать угол Солнца над горизонтом χ в зависимости от времени:

$$\chi = \arcsin(\cos(\zeta) \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\delta) + \sin(\zeta) \cdot \sin(\theta)), \quad (2)$$

где θ – широта ($55,8^\circ$ для Москвы); $\delta = 2\pi \frac{a.v. - 12}{24}$ – угол, соответствующий текущему астрономическому времени (*a.v.*) в часах.

Угол положения Солнца относительно южного направления ψ (азимут, рассматриваем северное полушарие) рассчитывается следующим образом:

$$\begin{cases} \psi = \delta, & \text{при } \delta = 0, \pi, -\pi; \\ \psi = \arctg(A) - \pi, & \text{при } -\pi < \delta < 0 \text{ и } A > 0; \\ \psi = \arctg(A) + \pi, & \text{при } \pi > \delta > 0 \text{ и } A < 0; \\ \psi = \arctg(A), & \text{при } \delta \neq \pi, -\pi \text{ и } A\delta > 0; \end{cases} \quad (3)$$

$$A = \frac{\sin(\delta)}{\sin(\theta)\cos(\delta) - \text{tg}(\zeta)\cos(\theta)}$$

Углы χ и ψ определяют положение центра Солнца на небосводе. При этом с учетом углового радиуса Солнца $\Delta_c = 0,534^\circ$ восход и закат происходят на практике немгновенно, и можно рассчитать видимую долю Солнца над горизонтом (η):

$$\begin{cases} \eta = 1, & \text{при } \chi > \Delta_c; \\ \eta = 0, & \text{при } \chi < -\Delta_c; \\ \eta = \frac{B}{\pi\Delta_c^2}, & \text{при } 0 < \chi < \Delta_c; \\ \eta = \frac{\pi\Delta_c^2 - B}{\pi\Delta_c^2}, & \text{при } 0 > \chi > -\Delta_c; \end{cases} \quad (4)$$

$$B = (\pi - \arccos(\frac{|\chi|}{\Delta_c}))\Delta_c^2 + \sqrt{\Delta_c^2 + \chi^2} |\chi|.$$

Формулы (1)–(4) могут быть также применены и с учетом окружающей застройки, и с учетом сферичности поверхности. Для этого в уравнениях (4) следует принимать за соответствие центра Солнца горизонту не $\chi=0$, а зависимость $\chi_{\text{гор}}(\psi)$, соответствующую фактическому горизонту у объекта.

Зная углы χ и ψ , а также видимую долю Солнца над горизонтом η , можно определить облученность прямым солнечным излучением произвольной площадки вблизи поверхности. Положение площадки определим вектором нормали к ней, а точнее, двумя

углами: наклон к горизонту (α) и азимут, отсчитываемый от направления на юг (β) по часовой стрелке.

Для такого обозначения площадки углы α и β соответствуют следующим значениям:

- вертикальная, ориентирована на юг; $\alpha=0$, $\beta=0$;
- вертикальная, ориентирована на запад; $\alpha=0$, $\beta=\pi/2$;
- вертикальная, ориентирована на север; $\alpha=0$, $\beta=\pi$;
- вертикальная, ориентирована на восток; $\alpha=0$, $\beta=-\pi/2$;
- горизонтальная, ориентирована вверх; $\alpha=\pi/2$.

Облученность за счет прямого солнечного излучения, попадающего на площадку, определяется углом между вектором нормали и вектором в направлении Солнца.

Пользуясь векторной алгеброй, нетрудно получить следующее выражение для косинуса угла между нормалью к площадке и направлением на Солнце:

$$\cos(\varphi) = \cos(\alpha)\cos(\chi)\cos(\beta)\cos(\psi) + \cos(\alpha)\cos(\chi)\sin(\beta)\sin(\psi) + \sin(\alpha)\sin(\chi). \quad (5)$$

При этом коэффициент, отвечающий за отношение облученности площадки к интенсивности солнечного излучения, можно принимать равным данному косинусу, когда он положителен, и нулю, когда он принимает отрицательное значение (например, Солнце освещает другие фасады здания).

$$\begin{cases} K_{\text{пс}} = \eta(\chi)\cos(\varphi) & \text{при } \cos(\varphi) > 0; \\ K_{\text{пс}} = 0 & \text{при } \cos(\varphi) \leq 0. \end{cases} \quad (6)$$

При этом поглощаемая солнечная энергия за счет прямого солнечного излучения определяется как:

$$J_{\text{пс}} = K_{\text{пс}}(\alpha, \beta, \chi, \psi) \cdot \varepsilon_{\text{опт}} J_0, \quad (7)$$

где $\varepsilon_{\text{опт}}$ – коэффициент поглощения коротковолнового солнечного излучения, вообще говоря, зависящий от угла падения света φ , однако в рамках настоящего исследования данной зависимостью пренебрежем; J_0 – интенсивность прямого солнечного излучения (без учета облачности), которая также в некоторой степени зависит от прозрачности атмосферы и величины χ , принимаемый в дальнейшем равной 1 кВт/м² (на практике χ может иметь значения от 0,8 до 1,3 кВт/м²).

Рассеянное солнечное излучение

Рассматривая облучение поверхности ограждающей конструкции Солнцем, не следует ограничиваться только прямым солнечным излучением непосредственно от Солнца к поверхности. Часть солнечного излучения рассеивается в различных направлениях в атмосфере (на аэрозолях и облаках), а также поступает к объекту в виде отражен-

ного излучения от поверхности грунта (особенно со снежным покровом) и окружающих объектов. Для простоты ограничимся случаем отдельно стоящего здания в условиях гладкого ландшафта и не будем принимать во внимание существование зеркальных отражающих поверхностей (например, поверхность воды в штиль или светопрозрачные конструкции окружающих зданий). Результатом рассеяния будем считать в любом случае диффузное (Ламбертово) излучение во всех направлениях от поверхности. Вторичным рассеянием также пренебрежем (рассеяние рассеянного излучения, попадающее на исследуемую поверхность).

Рассеяние от поверхности грунта

Рассмотрим элемент площади вертикальной ограждающей конструкции, находящийся на высоте h над поверхностью Земли (рис. 1, точка W). Ограничимся случаем отсутствия тени перед зданием, т. е. угол между азимутом Солнца и нормалью к поверхности ($\beta-\psi$) не более 90°. По направлению нормали от поверхности ведем ось Ox , а в направлении площадки ось Oy . В этом случае каждый элемент поверхности Земли (G , рис. 1) перед ограждающей конструкцией является источником рассеянного излучения, в том числе в направлении площадки W . Пренебрегая сферичностью поверхности Земли, площадка в точке G облучается солнцем под углом $\pi/2-\chi$ (см. формулу (2)). Следовательно, рассеиваемая интенсивность с учетом коэффициента отражения оптического излучения $\tau_{\text{оз}}$ составляет: $J_0 \tau_{\text{оз}} \sin(\chi)$.

При этом энергетическая сила света единичной площадки G в направлении W составит:

$$\frac{1}{\pi} J_0 \tau_{\text{оз}} \sin(\chi) \frac{h}{\sqrt{x^2 + y^2 + h^2}}.$$

Облученность площадки W при этом составляет:

$$\frac{1}{2\pi^2} \tau_{\text{оз}} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \frac{xh}{(x^2 + y^2 + h^2)^2}.$$

Суммарная облученность площадки W рассеянным от поверхности Земли излучением составит:

$$\begin{aligned} J_{\text{рз}W} &= \frac{1}{2\pi^2} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \tau_{\text{оз}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{xh}{(x^2 + y^2 + h^2)^2} dy dx = \\ &= \frac{1}{4\pi^2} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \tau_{\text{оз}} h \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dy}{y^2 + h^2} = \\ &= \frac{1}{4\pi^2} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \tau_{\text{оз}} \arctg\left(\frac{y}{h}\right) \Big|_{y=-\infty}^{y=+\infty} = \\ &= \frac{1}{4\pi^2} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \tau_{\text{оз}}. \end{aligned} \quad (8)$$

При рассмотрении прозрачной атмосферы и наклонной площадки, выражение для облученности рассеянным от земли излучением принимает вид:

$$J_{\text{рз}}(\alpha) = \frac{1}{4\pi} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) J_0 \tau_{\text{оз}} \cos(\alpha). \quad (9)$$

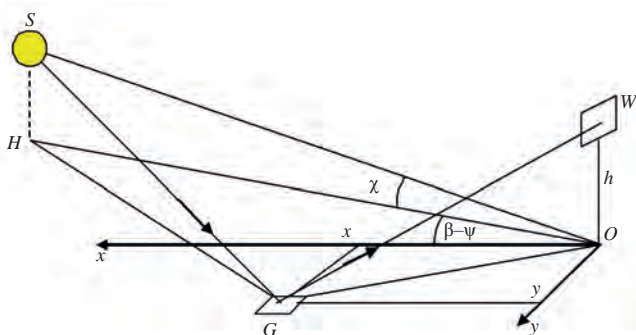


Рис. 1. Схема рассеяния излучения от Земли в сторону ограждающей конструкции

Fig. 1. Scheme of radiation scattering from the ground towards the building envelope

Следует отметить, что облученность для вертикальной площадки по (8) может быть весьма значительна, особенно в весенний период при наличии снежного покрова и высокой величины коэффициента отражения τ_{03} . Фактически, если рассматривать отдельно стоящее четырехугольное здание, при отсутствии облачности в световой день два фасада облучены постоянно мощностью, в 4л раз меньшей, чем горизонтальная площадка, что может составлять величины около 50 Вт/м², больше, чем характерные величины теплопотерь через ограждающие конструкции. На другие два фасада также будет попадать рассеянное от поверхности Земли излучение, однако величина облученности для них снижена, так как поверхность Земли в непосредственной близости от здания находится в тени от самого здания.

Рассеяние от облаков

Помимо рассеяния солнечного излучения от поверхности Земли, также происходит рассеяние от облаков и поглощение в них солнечного излучения. Под облаками будем также понимать дымку, дождь, снег и иные атмосферные явления, препятствующие попаданию прямого солнечного излучения на фасад или кровлю здания. Будем считать, что поглощение солнечного излучения происходит только для рассеиваемой его части. Другими словами, рассеяние происходит на облаках, туманах и др., но эти атмосферные образования полупрозрачны.

В соответствии со сказанным введем два коэффициента, описывающие влияние атмосферы:

$K_{обл}$ – коэффициент рассеяния прямого солнечного излучения, определяемого как отношение интенсивности рассеянного от атмосферных образований излучения к облученности прямым солнечным излучением горизонтальной площадки в отсутствие облачности, в дальнейшем – облачность;

$K_{туч}$ – коэффициент поглощения рассеянного в атмосферных образованиях излучения, определяемого как отношение интенсивности поглощенного в атмосферных образованиях излучения к интенсивности рассеянного на них излучения, в дальнейшем – тучность.

Фактически введение этих двух коэффициентов является моделью, в которой рассматривается распространение излучения в атмосфере, пренебрегая сферичностью Земли, что позволяет рассмотреть атмосферные образования как некоторый слой атмосферы, находящийся над зданием.

В случае нулевой тучности все рассеянное от атмосферных образований излучение разделяется на две равные части: половина направляется вниз, в том числе в направлении интересующего нас здания; другая половина рассеивается в космос. При тучности, отличной от нуля, интенсивность рассеянного в сторону Земли излучения пропорционально уменьшается.

Принимая величины облачности и тучности в данный момент известными, найдем облученность фасада или кровли здания рассеянным от атмосферы излучением.

Для вертикальной площадки (фасада здания) подход аналогичен изложенному для рассеяния от поверхности грунта с точностью до величины рассеиваемого излучения:

$$J_{ра}(\alpha = 0) = \frac{1}{8\pi} K_{пс}(\alpha = \pi/2) J_0 K_{обл} (1 - K_{туч}). \quad (10)$$

Отличие между формулами (9) и (10) заключается только в коэффициенте: коэффициент отражения от поверхности Земли заменен на $\frac{1}{2} K_{обл} (1 - K_{туч})$, что означает, что только половина рассеянного излучения направлена в сторону поверхности Земли и здания на ней, а также то, что часть излучения поглощена атмосферными образованиями. При этом формула (10) применима не только для фасадов на солнечной в данный момент времени стороне, но и для теневых тоже. Принимается, что рассеянное от облаков излучение равномерно распространяется во всех направлениях как от плоского Ламбертового источника излучения.

Для горизонтальной площадки формула (10) переписывается в виде:

$$J_{ра}(\alpha = \frac{\pi}{2}) = \frac{1}{2} K_{пс}(\alpha = \pi/2) J_0 K_{обл} (1 - K_{туч}); \quad (11)$$

в данной формуле учтено, что облученность горизонтальной площадки равна интенсивности рассеянного вниз от облаков излучения.

Формулы (10) и (11) в общем случае имеют следующий вид:

$$J_{ра}(\alpha) = \frac{1}{8\pi} K_{пс}(\alpha = \pi/2) J_0 K_{обл} (1 - K_{туч}) [\cos(\alpha) + 4\pi \sin(\alpha)]. \quad (12)$$

Суммарная мощность солнечного излучения, поглощенная произвольной площадкой

Обобщая сформулированное для прямого и рассеянного солнечного излучения, можно сказать, что суммарная поглощаемая мощность излучения единицей площади фасада или кровли отдельно стоящего на плоском ландшафте здания солнечным излучением состоит из трех частей: прямое солнечное излучение, сниженное пропорционально облачности; отраженное от поверхности Земли излучение, сниженное также пропорционально облачности; рассеянное излучение от атмосферы, пропорциональное облачности:

$$J_{\text{погл}} = (1 - K_{\text{обл}})(J_{\text{пс}}(\alpha, \beta, \chi, \psi) + \varepsilon_{\text{опт}} J_{\text{рз}}(\alpha, \beta, \chi, \psi)) + \varepsilon_{\text{опт}} J_{\text{ра}}(\alpha, \chi). \quad (13)$$

Все члены данного уравнения пропорциональны прямому солнечному излучению, только мощность $J_{\text{пс}}$ — непосредственно падающему на фасад или кровлю (определяется ориентацией площадки), в то время как мощность $J_{\text{рз}}$ определяется по (9) при $|\beta - \psi| \leq \frac{\pi}{2}$ и равна 0 при $|\beta - \psi| > \frac{\pi}{2}$. При этом можно учесть угловые размеры Солнца при рассмотрении перехода прямого излучения от одного фасада к другому. Тогда вместо таких условий возникнут аналогичные (4). Мощность $J_{\text{ра}}$ при этом не зависит от ориентации по сторонам света фрагмента фасада здания и зависит лишь от угла наклона к горизонту. Итого для случая $|\beta - \psi| > \frac{\pi}{2}$ (13) имеет вид:

$$J_{\text{погл}} = \varepsilon_{\text{опт}} J_0 ((1 - K_{\text{обл}}) K_{\text{пс}}(\alpha, \beta, \chi, \psi) + \frac{1}{8\pi} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) K_{\text{обл}} (1 - K_{\text{туч}}) \cdot [\cos(\alpha) + 4\pi \sin(\alpha)]) \quad (14)$$

и для случая $|\beta - \psi| \leq \frac{\pi}{2}$:

$$J_{\text{погл}} = \varepsilon_{\text{опт}} J_0 ((1 - K_{\text{обл}}) K_{\text{пс}}(\alpha, \beta, \chi, \psi) + \frac{1}{8\pi} K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) [\cos(\alpha) \cdot (2\tau_{\text{оз}} + K_{\text{обл}}(1 - 2\tau_{\text{оз}}) - K_{\text{обл}} K_{\text{туч}}) + 4\pi K_{\text{обл}}(1 - K_{\text{туч}}) \sin(\alpha)]) \quad (15)$$

В формулах (14) и (15) коэффициент $K_{\text{пс}}$ записан в двух видах: в одном случае он зависит от углов ориентации площадки фасада и определяющих положение Солнца на небосводе в данный момент времени, а во втором случае (для рассеянного излучения) указан при угле $\alpha = \pi/2$. Имеется в виду, что для рассеянного излучения следует вычислить значение данного коэффициента с учетом текущего положения Солнца на небосводе, так же как для горизонтальной площадки, по формулам для прямого солнечного излучения. Для горизонтальной площадки зависимость от β и ψ для плоского горизонта пропадает и величина $K_{\text{пс}}$ зависит только от угла подъема Солнца над горизонтом χ . В этом случае данный коэффициент становится равным:

$$K_{\text{пс}}(\alpha = \pi/2) = \eta(\chi) \sin(\chi), \quad (16)$$

где $\eta(\chi)$ определяется по формулам (4) и определяет долю Солнца над горизонтом.

Лучистый теплообмен ограждающих конструкций с окружающей средой

Ранее была сформулирована модель для расчета поглощенного солнечного излучения ограждающими конструкциями. Солнечное излучение является относительно коротковолновым (в среднем с длиной волны $\sim 0,6$ мкм), что приводит к заметному отражению излучения поверхностью грунта и рассеянием атмосферными образованиями, в том числе в направлении здания. Что касается длинноволнового теплового излучения (~ 10 мкм), которое излучают объекты при температуре на уровне 300К (длина волны порядка ~ 10 мкм), то подавляющее большинство объектов для него являются непрозрачными и в значительной степени черными (не отражают). Снежный покров, вода, стекло, облака и др. имеют коэффициент излучения не меньше 0,9 по отношению к тепловому излучению. Хорошо отражающими являются неокрашенные неокисленные металлы, однако случаи укрывания грунта или купола над зданием из таких материалов в значительной степени экзотичны и в дальнейшем не рассматриваются.

В результате для теплового излучения поверхность ограждающей конструкции здания часто достаточно черная и обменивается лучистой теплотой с близкой к абсолютно черной окружающей средой. Для математического описания этих процессов, как и ранее, ограничимся случаем отдельно стоящего здания на плоском ландшафте.

Энергетическая светимость фрагмента ограждающей конструкции определяется законом Стефана–Больцмана для случая серого тела:

$$J_{\text{тизл}} = \varepsilon \sigma T_{\text{ок}}^4, \quad (17)$$

где $0 < \varepsilon < 1$ — коэффициент излучения поверхности ограждающей конструкции; $T_{\text{ок}}$ — ее термодинамическая температура, К, а $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$ — постоянная Стефана–Больцмана.

Поглощаемая поверхностью тепловая лучистая мощность складывается из трех частей: излучение от поверхности грунта, излучение от атмосферных образований и излучение ясного неба:

$$J_{\text{тпогл}} = J_{\text{тз}} + J_{\text{тобл}} + J_{\text{тин}}. \quad (18)$$

При рассмотрении направления ниже горизонта поглощаемое излучение соответствует тепловому

излучению поверхности Земли, а выше – излучению от облаков и/или ясного неба. Таким образом, не прибегая к сложному интегрированию по углам или координатам, как это делалось для рассеяния от поверхности грунта, можно сразу раскрыть выражение (18):

$$J_{\text{погл}} = 0,5\varepsilon\sigma(T_3^4 + K_{\text{обл}} T_{\text{обл}}^4 + (1 - K_{\text{обл}}) T_{\text{ян}}^4), \quad (19)$$

где T_3 , $T_{\text{обл}}$, $T_{\text{ян}}$ – радиационная температура поверхности Земли, атмосферных образований и ясного неба соответственно. При этом, ввиду того что атмосферные образования и поверхность Земли практически черные по отношению к тепловому излучению, принимая их температуры равными температуре воздуха (T_{out}), выражение (19) можно уточнить:

$$J_{\text{погл}} = 0,5\varepsilon\sigma((1 + K_{\text{обл}}) T_{\text{out}}^4 + (1 - K_{\text{обл}}) T_{\text{ян}}^4). \quad (20)$$

Радиационная температура неба ($T_{\text{ян}}$) при этом слабоизменяющаяся на уровне 200 К. Формула (20) в случае сплошной облачности вырождается в простое и понятное выражение: $J_{\text{погл}} = \varepsilon\sigma T_{\text{out}}^4$, соответствующее поглощению излучения от сторонних объектов серой поверхностью ограждающей конструкции с температурой T_{out} .

Разница между энергетической светимостью и поглощенной мощностью единицей площади ограждающей конструкции дает величину плотности теплового потока через поверхность, обусловленную лучистым теплообменом с окружающей средой:

$$J_{\text{т}} = 0,5\varepsilon\sigma(2T_{\text{ок}}^4 - (1 + K_{\text{обл}}) T_{\text{out}}^4 - (1 - K_{\text{обл}}) T_{\text{ян}}^4). \quad (21)$$

При этом если, например, рассмотреть случай ясной ночной погоды в летнее время и определить температуру поверхности, соответствующую тепловому балансу в части лучистого теплообмена, то имеем:

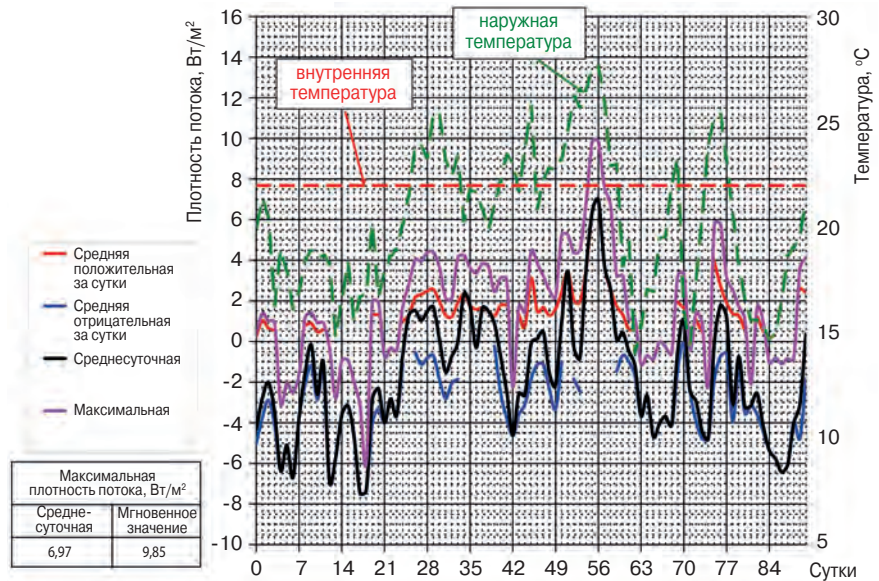


Рис. 2. Расчетные значения средних плотностей теплового потока на внутренней поверхности стены и температура наружного воздуха

Fig. 2. Calculated values of the average heat flux densities on the inner surface of the wall and the outdoor air temperature

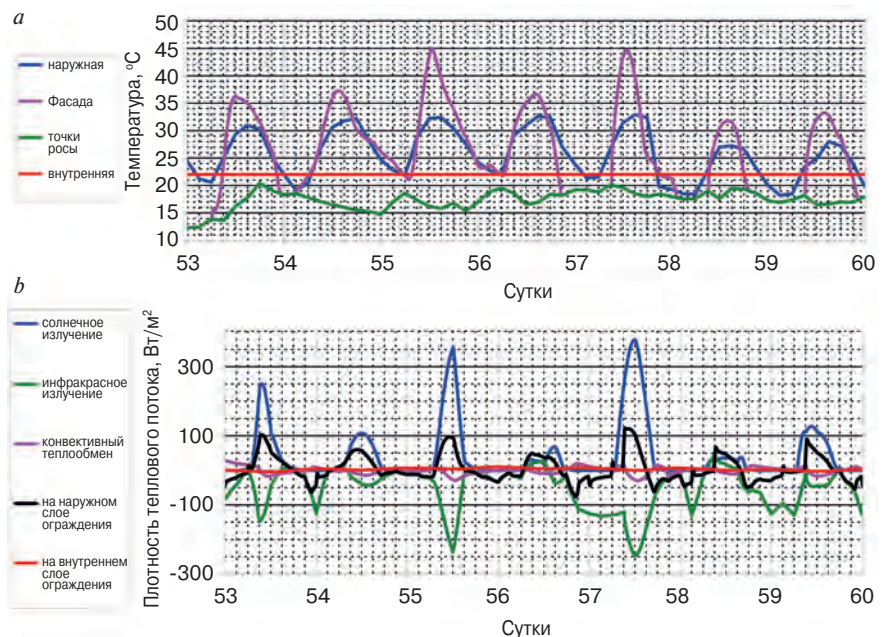


Рис. 3. Температурные изменения (а) и расчетные значения величин мгновенных теплопоступлений на поверхность стены и в помещение (б), полученные расчетами в период наибольших теплопоступлений

Fig. 3. Temperature changes (a) and the calculated values of the values of instantaneous heat gains to the wall surface and to the room (b), obtained by calculations during the period of greatest heat transfer

$T_{\text{ок}} = \sqrt[4]{\frac{T_{\text{out}}^4 + T_{\text{ян}}^4}{2}}$, что при температуре окружающей среды, например 17°C, приводит к значению температуры поверхности минус 16°C, т. е. на 33 градуса холоднее окружающей среды. Если при этом учесть, что поверхность Земли также переохлаждена, то расчетное значение будет и того ниже. На практике такое переохлаждение не наблюдается в соответствии с

двумя факторами: присутствует конвективный теплообмен, подогревающий поверхность, а также температура поверхности ограничена температурой точки росы окружающего воздуха ($T_{\text{от}}^{\text{росы}}$). В ночное время, в ясную погоду наблюдается конденсация (роса) и кристаллообразование (иней) на поверхностях ограждающих конструкций. Таким образом, при написании уравнений теплового баланса поверхности ограждающей конструкции с окружающей средой следует ее дополнить условием:

$$T_{\text{ок}} \geq T_{\text{от}}^{\text{росы}}. \quad (22)$$

Для применения разработанной модели на практике нужны значения температуры наружного воздуха, температура точки росы, величины облачности и тучности. Дополняя модель также уравнениями нестационарного теплопереноса через ограждающие конструкции, провели исследования по расчету теплопереноса через ограждающие конструкции различных типов в зимнее и летнее время.

Используя климатические данные, авторами проведены исследования теплопоступлений через различные деревянные ограждающие конструкции. Исследованию подлежали теплопоступления внутрь помещений в летний период. На рис. 2 приведены результаты расчетов средних плотностей теплового потока на внутренней поверхности ограждающей конструкции в виде полнотелой деревянной стены из бруса толщиной 150 мм, ориентированной на юг, а также температуры наружного и внутреннего воздуха за период начиная с 1 июня. При расчетах принято, что температура внутреннего воздуха постоянна и поддерживается на уровне 22°C, а температура наружного воздуха соответствует архивным данным по метеоусловиям.

Детализация исходных данных и полученных результатов в период наибольших теплопоступлений приведена на рис. 3 для мгновенных значений температуры и плотности тепловых потоков.

На рис. 3, б приведены плотности тепловых потоков, поступающих на стену за счет прямого солнечного излучения, рассеянного излучения в инфракрасной области, плотности тепловых потоков, проникающих в ограждающую конструкцию через наружную поверхность стены, и плотности тепловых потоков, проникающих в помещение через внутреннюю поверхность стены, а также плотности тепловых потоков, соответствующие конвективному теплообмену на наружной поверхности стены. Из данных, приведенных на рисунках, можно видеть, что на наружной поверхности стены наблюдаются значительные колебания температуры и реализуются мгновенные значения плотности теплового потока на уровне сотен Вт/м². При этом на внутренней поверхности

плотность теплового потока находится на уровне единиц Вт/м².

Заключение

1. Разработана модель лучистого теплообмена ограждающей конструкции с окружающей средой.
2. Модель учитывает поступление прямой и рассеянной солнечной радиации на ограждающую конструкцию, лучистый теплообмен с окружающей средой (включая теплоотдачу радиационно холодному ясному небу).
3. Разработанная модель, применяемая в виде граничных условий для теплопереноса через ограждающие конструкции, позволяет достаточно полно описать теплопоступления в помещения в летний период и теплопотери в зимний.
4. Модель может быть использована при проведении расчетно-теоретических исследований, в частности при исследовании влияния конструкции и цветового решения фасада на энергозатраты, связанные с отоплением и кондиционированием помещений.

Список литературы / References

1. Арнс Э., Хайнзерлинг Д., Пальяга Г. Влияние теплопоступлений от солнечной радиации на тепловой комфорт в помещении // *Энергосбережение*. 2019. № 5. С. 54–61.
1. Arens E., Heinzerling D., Palyaga G. Influence of heat input from solar radiation on thermal comfort in a room. *Energoberezhniye*. 2019. No. 5, pp. 54–61. (In Russian).
2. Hodder S., Parsons K. The effects of solar radiation on thermal comfort. *International Journal of Biometeorology*. 2007. Vol. 51. Iss. 3, pp. 233–250 DOI: 10.1007/s00484-006-0050-y
3. Середа С.Н. Влияние инсоляции на микроклимат помещения // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 5 (107). Ч. 1. С. 93–98.
3. Sereda S.N. The influence of insolation on the microclimate of the premises. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2021. No. 5 (107). Part 1, pp. 93–98. (In Russian).
4. Сотников А.Г. Математический и стереографический анализ интенсивности солнечной радиации и затенения светопроемов для расчета СКВ зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 4. С. 21–30.
4. Sotnikov A.G. Mathematical and stereographic analysis of the intensity of solar radiation and shading of light openings for the calculation of the SLE of buildings. *Inzhenerno-stroitel'ny zhurnal*. 2010. No. 4, pp. 21–30. (In Russian).
5. Hodder S., Parsons K. The effects of solar radiation and black body re-radiation on thermal comfort.

- Ergonomics*. 2008. Vol. 51 (4), pp.476–491. DOI: 10.1080/00140130701710986
6. Recep Yumrutas, Mazhar Ünsal, Mehmet Kanoğlu. Periodic solution of transient heat flow through multilayer walls and flat roofs by complex finite Fourier transform technique. *Building and Environment*. 2005. Vol. 40. Iss. 8, pp. 1117–1125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.09.005>
 7. Mohamed F. Zedan and Abdulaziz M. Mujahid. An efficient solution for heat transfer in composite walls with periodic ambient temperature and solar radiation. *International journal of ambient energy*. 2011. Vol. 14, pp. 83–98. DOI:10.1080/01430750.1993.9675599
 8. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Пастушков П.П., Тюленев М.Д. Исследование температуры нагрева поверхности фасада от солнечной радиации при различных условиях облучения // *Жилищное строительство*. 2020. № 7. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-7-19-25>
 8. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Pastushkov P.P., Tyulenev M.D. Investigation of the heating temperature of the facade surface from solar radiation under various irradiation conditions. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 7, pp. 19–25. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-7-19-25>
 9. Spitler J.D., McQuiston F.C., Lindsey K. The CLTD/SCL/CLF cooling load calculation method. *ASHRAE Transactions*. 1993. 99(1). pp. 183–192.
 10. Коркина Е.В., Войтович Е.В., Плющенко Н.Ю., Столяров М.Д. Теплопоступления на фасад здания в застройке при учете теплообмена излучением // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2019. № 9. С. 46–53.
 10. Korkina Ye.V., Voytovich Ye.V., Plushenko N.Yu., Stolyarov M.D. Heat gains on the facade of a building in a building when accounting for heat transfer by radiation. *Vestnik BSTU named after V.G. Shukhov*. 2019. No. 9, pp. 46–53. (In Russian).
 11. Yin Zhang, Enshen Long, Yanru Li, Pan Li. Solar radiation reflective coating material on building envelopes: Heat transfer analysis and cooling energy saving. *Energy Exploration & Exploitation*. 2017. Vol. 35. Iss.6. <https://doi.org/10.1177/0144598717716285>
 12. Synnefa A., Santamouris M., Apostolakis K. On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*. 2007. Vol. 81. No. 4, pp. 488–497. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.08.005>
 13. Kazutaka Isoda, Kohki Nagata, Mizue Ebisawa, Yukitoshi Otani Angle-selective reflection surface for energy efficiency. *Proceedings Photonics for Solar Energy Systems VII*. Strasbourg, France. 2018. Vol. 10688. 1068818. <https://doi.org/10.1117/12.2307307>
 14. Karolis Banionis, Vytautas Stankevičius, Edmundas Monstvilas. Heat exchange in the surface of lightweight steel roof coatings. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2011. Vol. 17(1), pp. 88–97 <https://doi.org/10.3846/13923730.2011.556180>
 15. Shikha Ebrahim, Adel Alshayji. Reducing solar heat gain from included buildings' roof by using radiant barrier system. *Comsol Conference*. Rotterdam. 2013. https://www.comsol.ru/paper/download/181725/ebrahim_paper.pdf
 16. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 170 с.
 16. Kondrat'yev K.YA., Pivovarova Z.I., Fedorova M.P. Radiatsionnyy rezhim naklonnykh poverkhnostey [Radiation regime of inclined surfaces]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1978. 170 p.
 17. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Гагарин В.Г., Шмаров И.А. Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 27–33.
 17. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Gagarin V.G., Shmarov I.A. Basic relationships for calculation of solar radiation exposure of walls of separate buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 27–33. (In Russian).
 18. Коркина Е.В. Графический метод расчета поступающей на фасад прямой солнечной радиации при наличии противостоящего здания // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 237–249. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.237-249
 18. Korkina E.V. Graphic method for calculating direct solar radiation entering the facade in the presence of an opposing building. *Vestnik of MSTU*. 2019. Vol. 14. Issue. 2, pp. 237–249. (In Russian). DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.237-249
 19. Esquivias P.M., Moreno D., Navarro J. Solar radiation entering through openings: Coupled assessment of luminous and thermal aspects. *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 175. pp. 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.021>
 20. Kontoleon K.J. Energy saving assessment in buildings with varying façade orientations and types of glazing systems when exposed to sun. *International Journal of Performability Engineering*. 2013. Vol. 9. No 1, pp. 33–48.
 21. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings. *Solar Energy*. 2019. Vol. 180, pp. 717–734. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.023>

УДК 72.03

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-52-60>

Е.Л. БЕЛЯЕВА, канд. техн. наук, советник РААСН, академик РАЕН, директор (igbi@yandex.ru)

ООО «Институт геобiosферных исследований» (127521, г. Москва, Анненский пр., 1, оф. 512)

Проблемы благоустройства исторических территорий в контексте культурных традиций и современных требований

В рамках исследований, обосновывающих создание специализированной методики проектирования благоустройства для исторических территорий, показана необходимость преемственности в подходах, которые должны учитывать особенности и традиции городов, способствовать регенерации и реконструкции исторических территорий с учетом обеспечения сохранности памятников архитектуры, ценной в градостроительном отношении застройки и ее морфотипов, природных и искусственных ландшафтов исторических зон. Опыт проектирования показывает, что деятельность по благоустройству исторических территорий городов должна включать новые социально и экологически ориентированные подходы и использовать их как инструмент для регенерации и повышения комфортности городской среды, сохранения культурного и природного наследия, воссоздания облика и «духа места». Показана роль историко-культурных, социокультурных, социоэкологических и геоэкологических факторов при проектировании благоустройства, необходимость включения этих факторов в систему принятия решений. Приводится анализ критериев и методов пофакторных исследований и комплексной оценки, которые рекомендуется использовать для разработки специализированной методики проектирования в форме отраслевой геоинформационной системы (ГИС) с использованием информационно-аналитических моделей предпроектных обоснований и проектирования объектов различного вида. Обоснована необходимость проведения на предпроектном уровне расширенных историко-градостроительных, социокультурных, социоэкологических обоснований, инженерно-геологических и гео-экологических изысканий, обосновано применение экспертных методов многофакторной оценки.

Ключевые слова: благоустройство, подходы, принципы, методика проектирования, исторические территории, социокультурные, социоэкологические, геоэкологические факторы, многофакторные оценки.

Работа подготовлена по результатам авторского участия в многочисленных проектах благоустройства в исторической части Москвы в 2017–2022 гг. и выполнения НИР «Особенности благоустройства и озеленения исторических зон городов», выполнявшейся по плану ФНИ РААСН Минстроя России в ЦНИИП Минстроя России в 2019–2020 гг., и результатам инициативного продолжения исследований.

Для цитирования: Беляева Е.Л. Проблемы благоустройства исторических территорий в контексте культурных традиций и современных требований // *Жилищное строительство*. 2023. № 6. С. 52–60.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-52-60>

E.L. BELYAEVA, Candidate of Sciences (Engineering) (igbi@yandex.ru)

LLC Institute of Geobiospheric Research (1, Off. 512, Annenskiy Proezd, Moscow, 127521, Russian Federation)

Problems of Improvement of Historical Territories in the Context of Cultural Traditions and Modern Requirements

As part of the studies substantiating the creation of a specialized methodology for designing landscaping for historical territories, the need is shown for continuity in approaches that should take into account the peculiarities and traditions of Moscow, promote the regeneration and reconstruction of historical territories, taking into account the preservation of architectural monuments, valuable urban development and its morphotypes, natural and artificial landscapes of historical zones. Design experience shows that the activities for the improvement of the historical territories of cities should include new socially and environmentally oriented approaches and use them as a tool for regenerating and improving the comfort of the urban environment, preserving cultural and natural heritage, recreating the appearance and "spirit of the place". The role of socio-cultural, socio-ecological and geo-ecological factors in the design of improvement, the need to include these factors in the decision-making system for the development of territories are shown. An analysis of the criteria, methods of factor-by-factor studies and a comprehensive assessment, which are recommended for the subsequent development of a specialized design methodology in the form of an industry geographic information system (GIS) using information and analytical models of pre-design justifications and design of objects of various types, is given. The necessity of conducting at the pre-project level extended historical and urban planning, socio-cultural, socio-ecological studies, engineering-geological and geo-environmental surveys is substantiated, the use of expert methods of multifactorial assessment is also substantiated.

Keywords: improvement, approaches, principles, design methodology, historical territories, socio-cultural, socio-ecological, geo-ecological factors, multifactorial assessments.

The work was prepared based on the results of the author's participation in numerous improvement projects in the historical part of Moscow in 2017–2022 and the implementation of the research work "Peculiarities of improvement and gardening of historical zones of cities", carried out according to the plan of the FNI RAACN of the Ministry of Construction of Russia at the TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia in 2019–2020. and results of initiative continuation of research.

For citation: Belyaeva E.L. Problems of improvement of historical territories in the context of cultural traditions and modern requirements. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 6, pp. 52–60. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-6-52-60>

В последние годы проблематика и практическая деятельность по благоустройству городов, особенно исторических, привлекает большое внимание, но, к сожалению, она чрезмерно политизирована как со стороны властей, так и жителей, которые иногда сталкиваются с очевидными просчетами и негативными результатами проведенных работ. Причинами неудач в некоторых регионах и городах, в том числе в Москве, могут быть беспрецедентные для них масштабы работ, недостаточное финансирование, неудовлетворительное качество материалов, чрезвычайно короткие сроки изысканий, проектирования и реализации объектов. Полный комплекс работ по благоустройству проводится часто в течение одного строительного сезона, включая согласования и сдачу объекта в эксплуатацию.

В значительной мере недостатки благоустройства связаны с отсутствием научно обоснованной методологии и методики проектирования, предпроектных изысканий, комплексного подхода к принятию решений и несоблюдением градостроительных режимов использования территорий, прилегающих к памятникам архитектуры, защитных и охранных зон. Однако главные недостатки связаны с утилитарными подходами к благоустройству, недостаточным использованием его возможностей в качестве инструмента регенерации и приспособления для современного использования исторической среды. В практике проектирования, как правило, не уделяется внимания социокультурным и экологическим задачам регенерации исторических территорий, в том числе предотвращению чрезвычайных ситуаций, защите от загрязнения атмосферного воздуха, вибрации, подтопления и других видов техногенеза геологической среды, влияющих на сохранность культурного и природного наследия. В проектах благоустройства мало внимания уделяется вопросам противопожарной безопасности, механическим воздействиям при эксплуатации и ведении работ.

Изучение трудов Е.М. Пашкина, В.П. Князевой, Н.П. Шепелева, М.С. Шумилова и многочисленные маршрутные обследования в исторической части Москвы, выполненные автором в 2022–2023 гг. и подтвержденные фотофиксацией, показывают, что неудовлетворительное благоустройство территорий и воздействие коммуникаций (водонесущих и тепло-трасс) в условиях плотной застройки создает повышенные риски для сохранности памятников архитектуры и градостроительной среды, но вопросы перекладки или ремонта коммуникаций, а также выноса неэксплуатируемых сетей не включаются в состав и содержание проектов благоустройства. Аварийные ситуации на сетях, в том числе при реализации проектов благоустройства, нередко сводят на нет все усилия и затраты по этому направлению, создают локальные проблемные ситуации, длящиеся годами. В Москве, например, со-

гласования ОПС по проектам благоустройства касаются исключительно вопросов соблюдения технических зон коммуникаций и не содержат каких-либо предписаний или требований в отношении реконструкции сетей и защитных мероприятий, исходя из нормативных сроков эксплуатации. В условиях повышенной плотности сетей разных балансодержателей в исторической части города такие требования были бы оправданны.

При «ремонте благоустройства», а именно так, как правило, называются работы, выполняемые муниципальными службами ЖКХ, не ставятся и соответственно не решаются задачи оздоровления городской среды и улучшения социально-экологических условий для жителей исторических территорий, повышения безопасности и комфортности городской среды. Разработка разделов МРООС в составе проектной документации среды исторических территорий проводится формально, тем более что при низкой интенсивности источников экологических воздействий в границах участка благоустройства и ограниченности времени воздействия гигиенические нормативы, как правило, не нарушаются. Методика оценки экологических воздействий по факторам загрязнения воздуха, шума и вибрации должна быть существенно расширена с учетом фоновых показателей и ее главной задачей должна стать не оценка реальных и потенциальных источников воздействий на окружающую среду, а именно состав социально и экологически ориентированных мероприятий по оздоровлению и повышению комфортности городской среды, включая вопросы инсоляции, аэрации и подтопления с гигиенических и социально-экологических позиций. Кстати, требования в отношении разработки перечня специальных мероприятий существуют при проектировании благоустройства на территориях ООПТ и на территориях ОКН (произведения СПИ и ландшафтной архитектуры).

Благоустройство территорий центров исторических городов, образующих так называемую ткань города, как правило, ведется выборочно, фрагментарно (как ремонт), без стремления восстановить историческую парцелляцию кварталов, морфотипы исторической застройки и обеспечить благоприятные условия для восприятия памятников и ценной городской среды. На практике, как правило, не улучшается «проницаемость» городской среды и балансовые показатели застройки за счет сноса малоценных строений, что могло бы существенно повысить долю незамощенных поверхностей и озеленения.

Исследования автора [1, 2] показали, что объективные условия регенерации и реконструкции исторических территорий требуют особой методологии и специальной методики проектирования, основанных на задачах комплексного восстановления исторической среды с обеспечением сохранности культурного и при-

родного наследия. В исторической и природной среде, а тем более при их сочетании, известные методы, методики и программы, разработанные для работы с высотными доминантами, малоэффективны или неприменимы.

При проектировании благоустройства для исторических застроенных и природных территорий с действующими режимами охранных зон и требованиями сохранности ландшафтов, как правило, отсутствует возможность вести адекватное расчетное моделирование рельефа, баланса земляной массы, разрабатывать мероприятия по водоотведению с помощью известных программ, например на основе программного комплекса *Autogad*. Проектировщикам, работающим на исторических территориях, намного сложнее соответствовать требованиям действительно комплексного благоустройства и принятия многофакторных решений, чем при работе в других зонах городов. Более того, некоторые значимые факторы и группы традиционно не включаются в систему принятия решений по благоустройству исторических территорий. В их числе группы социокультурных, социоэкологических, инженерно-геологических и ландшафтно-геоэкологических факторов и условий пространства.

Нормативные стандарты обоснования проектов так называемого комплексного благоустройства, предусмотренные федеральными и отраслевыми ГОСТами, устарели и не обеспечивают необходимый индивидуальный подход и системные принципы принятия решений, важных для полноценного использования возможностей благоустройства при регенерации исторической и природной среды, обеспечения сохранности культурного и природного наследия, современных социальных и экологических требований.

Анализ практики и подходы к совершенствованию методологии

Анализ практики Москвы и ряда городов Московской области [1–3] показывает, что при проектировании благоустройства застроенных исторических и природных территорий городов практически не используются современные возможности регенерации рельефа, повышения сохранности ценных природных объектов и комплексов, гидрографической сети, исторических ландшафтов. Положительным примером последних лет может считаться только регенерация и приспособление для современного использования центральной части городов Коломны и Дмитрова, включая расположенные в исторической части городов архитектурные ансамбли, ценные природные и озелененные территории.

Авторский опыт проектирования благоустройства на исторических территориях Москвы, результаты натурных обследований объектов благоустройства в Москве и Московской области, теоретические исследования показали, что многие неудачи благоустройства

связаны с отсутствием методологии и методики проектирования и что практика благоустройства часто не учитывает действующее законодательство об охране исторического и природного наследия. В то же время в некоторых городах можно отметить чрезмерное и неоправданное увлечение зарубежными подходами и принципами глобализации и постмодернизма. Часто их не поддерживало население, но тем не менее они претендовали и претендуют на роль современных «стандартов благоустройства» [1].

Методология, на протяжении ряда лет продвигавшаяся компанией «Стрелка», не учитывала региональные природно-климатические особенности городов, игнорировала законодательство об охране культурного наследия, ряд положений Градостроительного кодекса для территорий особого вида, действующую нормативную базу планировки и благоустройства городов, не содержала каких-либо особых требований к благоустройству исторических территорий. В этом вопросе, по-видимому, тоже необходимо провести «импортозамещение», которое должно восстановить преемственность и национальные традиции в понимании роли и значения благоустройства в современной градостроительной практике.

Благоустройство территорий исторических городов в последние годы ведется масштабно, по национальным проектам, региональным и местным программам развития туризма и отдыха, жилищно-коммунального хозяйства, повышения комфортности городской среды. Это разнообразие само по себе определяет различия в подходах к проектированию. Причина различий методологическая. Например, в «Стандарте благоустройства» компании «Стрелка» особые требования к благоустройству исторических территорий даже не оговариваются и не учитывают актуализированную в 2020 г. редакцию МГСН 1.01.99, которая применительно к задачам благоустройства в свое время была детализирована в МГСН 1.02.02 в рамках классической теории отечественной градостроительной деятельности и терминологии.

Существует другая парадигма – планирование благоустройства в рамках стратегического планирования и муниципальной деятельности (преимущественно оперативного управления), и она ориентирована на локальные задачи даже тогда, когда они называются программами комплексного благоустройства. По крайней мере территориально-пространственным комплексом градостроительных условий и градостроительных режимов использования территорий они часто пренебрегают, используют сугубо управленческий подход. Подходы должны быть междисциплинарными и учитывать нормативно-правовую базу градостроительной деятельности, Градостроительного кодекса РФ и Москвы, законодательства об охране культур-

ного наследия и охране окружающей среды. Важно признать первичность градостроительных подходов и требований по сравнению с подходами и требованиями оперативного управления при разработке и оценке проектной документации даже в случаях, когда речь идет о проектировании капитального ремонта благоустройства. Также необходимо восстановить сферу экспертизы проектов благоустройства в полном объеме, а не только по сметной стоимости за организациями градостроительного профиля.

Как показал опыт, «отраслевые» подходы ЖКХ, которые были ориентированы именно на оперативное управление и ответы на «вызовы», не позволяют обеспечить ни комплексных подходов, ни необходимого качества исполнения. Упомянутый выше «Стандарт благоустройства» (Стрелка-Дом РФ, 2020) не содержит раздела проектирования благоустройства в соответствии с принципами и нормативными требованиями, наработанными за много лет в рамках градостроительной практики, не использует градостроительную терминологию, основные определения и критерии действующих нормативных и методических документов, разработанных в разное время для планировки и благоустройства городов, включая СНиП, ГОСТ. Особые проблемы создает отсутствие преемственности в методологии при проектировании благоустройства на исторических и природных территориях с особыми режимами использования.

Учет требований законодательства об охране культурного и природного наследия, особого статуса и режимов градостроительного использования при благоустройстве территорий безусловно необходим, особенно в Москве.

Например, действие базовых принципов и нормативов градостроительного проектирования для природных и исторических территорий, в частности территорий с заповедным режимом и сохраняющимися (или сохраняемыми) морфотипами исторической застройки, утвержденных в МГСН 1.01.99, подтверждено полностью актуализированной в 2020 г. версией этого документа, где приводятся также требования по благоустройству.

В декабре 2021 г. Минстрой России выпустил методические рекомендации для муниципальных образований (МО) по разработке и утверждению собственных нормативных документов по благоустройству, поскольку именно МО являются главными заказчиками таких проектов. Это был важный с точки зрения методологии практический результат, но к сожалению, в этом документе полностью отсутствуют специальные требования и рекомендации, касающиеся особенностей благоустройства исторических городов и исторических территорий городов, в границах которых расположены ценные архитектурные ансамбли и па-

мятники, иногда федерального значения и всемирного культурного наследия, ценная историческая застройка, природные ландшафты и произведения СПИ, формирующие городскую среду, о сохранности которых проектировщики должны позаботиться.

Методологические проблемы проектирования благоустройства во многом связаны с нерешенными вопросами законодательства об охране культурного наследия и Градостроительного кодекса и их взаимодействия. С тех пор как из законодательства ушло понятие исторического города, а вместо него используется понятие исторического поселения, бывает, уже и Москву не считают историческим городом. Между тем современные интерпретации законодательства сформировали отношение к благоустройству Москвы как к части современных преобразований градостроительной среды «столичного» уровня, не регулируемых градостроительными регламентами особого вида.

Изучение проблематики и опыт проектирования на исторических территориях Москвы показывает, что для благоустройства исторических городов малопродуктивны подходы урбанизма и глобализации. Следует учитывать, что само понятие «благоустройство» сложилось в России к началу XX в. [4] и используется до настоящего времени. Однако оно не имеет дословного перевода на английский язык, в европейских странах, США и Канаде такого понятия не существует. В науке и практике этих стран отсутствует более или менее системное представление о проблемах и задачах комплексного благоустройства в том значении, в каком оно используется в отечественной практике. Современных исследований по истории благоустройства городов не обнаружено. Книга, изданная малым тиражом под ред. Т.Н. Гук (Москомархитектура, 2021), освещает роль благоустройства в реновации Москвы в основном XX в., советского периода и до наших дней, к сожалению, недоступна для изучения.

Ближе к пониманию задач планирования комплексной регенерации исторических и природных территорий подходят специалисты Китая, Индии, ряда африканских государств. То, что проблематика комплексного благоустройства за рубежом в самостоятельное направление деятельности по «устойчивому развитию городов» до сих пор не выделена, является следствием господствующей частной собственности на землю и максимального использования предпосылок для коммерческого использования объектов и территорий. При этом в зарубежной практике безусловно существуют замечательные примеры реализованных решений по регенерации и реконструкции территорий архитектурных памятников, садов и парков, исторических ландшафтов городов, природных и озелененных территорий. Многие авторы публикаций отмечают противоречие в парадигмах сохранности культурного наследия и устойчивого

развития, тогда как эта научно-методологическая проблема должна была бы побудить к совершенствованию методики проектирования как инструмента, оптимизирующего принятие решений в различных градостроительных и экономических условиях.

Принципы благоустройства исторических территорий городов должны учитывать традиции, сформировавшиеся исторически как результат объективных процессов развития градостроительства, в которых значительную роль играли особенности природно-климатических условий и землепользования в городах России. Далее на примере Москвы проанализируем и попытаемся оценить задачи, масштабы, принципы и конкретные мероприятия благоустройства на различных исторических этапах ее развития, значение предметности и значимости традиций для современной практики.

Исторические предпосылки формирования традиций отечественного благоустройства

Особенностью Москвы в XIV–XVII вв., как и многих других древних российских городов в отличие от европейских, был слободский тип расселения при достаточных территориальных ресурсах. Иностранцев удивляла как большая площадь земельных участков, так и значительная площадь свободных территорий, часто неудобных для застройки, но требующих какого-либо приспособления под текущие нужды слобод (рис. 1). Даже в древней Москве, в периоды, когда ее население превышало население других столиц, была невысокая плотность застройки и населения. В границах слобод и за их внешними границами было большое количество территорий, требующих благоустройства с целью обеспечения ее защиты от военных действий, пожаров, наводнений, с целью обеспечения связности и доступности большей частью специализированных слобод между собой (различные национальности, ремесла, другие виды деятельности), с территориями городского центра, а также с целью обеспечения внешних связей. Отдельными задачами являлись создание искусственных водоемов для пожаротушения, оборудование водозаборов и водоисточников.

Однако главная страница истории благоустройства древней Москвы как столицы Московского государства началась в XIV в., продолжилась до начала XVIII в. включительно и связана с размещением и строительством крупных (Кремль и монастыри в границах и за границами города) фортификационных сооружений, включавших крепостные стены, которые вначале выполнялись из дерева, позднее из обработанного камня, а в XVII в. из кирпича. При этом проводились масштабные гидрологические и земельные работы, связанные с изменением направлений и засыпкой ру-

сел рек и ручьев, с созданием запрудами искусственных водоемов, устройством обводненных рвов, валов, выравниванием и подсыпкой территорий, с оборудованием мест водозаборов, водоотведения. Например, это изменение русла р. Неглинки и образование Красного пруда на месте нынешнего Александровского сада, устройство обводненного рва при строительстве в XVII в. краснокирпичного Московского кремля, устройство в XVI в. обводненного рва и пруда перед стенами Новодевичьего монастыря [5, 7].

Именно природные особенности рельефа, гидрографической сети, геоморфологии, ландшафта местности определяли пространственно-планировочные особенности городских поселений. В древней Москве они сформировали пространственные предпосылки, характерные для приречного и слободского типов расселения (см. известные работы Д.О. Швидковского, Т.Ф. Саваренской, И.В. Лазаревой и др.), и соответственно значимость инженерной защиты и инженерного благоустройства в градостроительстве древней Москвы.

При большой площади города и рассредоточенном характере расселения увеличивалась протяженность границ древних функционально-планировочных образований и соответственно масштабы необходимых работ. Устраивались многочисленные ограждения, насыпи, каменные и деревянные мосты, набережные, берегозащитные сооружения, деревянные мостовые и набережные. Эти элементы благоустройства эксплуатировались достаточно долго и при необходимости реконструировались и строились вновь. Например, бревенчатые набережные и улицы просуществовали в Москве до конца XVIII в., при этом слои мощения часто укладывались по брускам один на другой. Известно, что в древней Москве устраивались сады и аптекарские огороды, например огромный «Царев сад» в Замоскворечье напротив Кремля, сады и аптекарские огороды в Коломенском и Измайлове.

В последующем, в конце XVII и в XVIII в. в периоды царствования Петра Первого, Елизаветы Петровны, Екатерины Второй сформировались архитектурно-градостроительные требования к благоустройству Первопрестольной. В конце XVIII в. речь уже шла о формировании специальных общественных пространств и городских озелененных территорий для общественного благоустройства. В рамках Генплана Кожина предусматривалась разборка стен Китай-города, Белого города и Земляного вала с последующим созданием на их месте площадей, дорог, бульваров и скверов. Мероприятия по благоустройству разрабатывались на основе Генплана, выполненного на топографическом плане местности, и последующих документов [6, 7]. О сложности инженерных задач и проектов, которые были решены в конце XVIII в., говорят следующие примеры: устройство Кремлевской

набережной с террасированием, укреплением берегового склона и озеленением (вначале арх. В. Баженов, затем М. Казаков), устройство водоотводного канала для перенаправления стока р. Москвы на время ремонта Каменного моста, пострадавшего от наводнения [5–7].

После пожара Москвы 1812 г. в процессе восстановления города и его планировочной реконструкции предусматривались мероприятия по завершению разборки древних фортификационных сооружений Китай-города, Белого города; начинается создание Страстного, Тверского, Рождественского и других бульваров, а также более позднего Скородома (Земляного вала), построенного в XVII в. При реорганизации территорий происходит расширение и благоустройство улиц, создание и благоустройство крупных общественных пространств (Триумфальная, Арбатская, Зубовская площади и др.), резервирование участков и создание общественных парков (Петровский парк и др.), устройство бульваров и набережных. Большое значение приобретает мощение натуральным камнем [5–7].

После отмены крепостного права в 1861 г. в связи с бурным ростом городского населения, началом строительства железных дорог и формированием крупнейшего в Европе Московского железнодорожного узла потребовались перепланировки и дополнительные территориальные ресурсы. Благоустройство Москвы в то время осуществлялось согласно требованиям «нового общественного устройства» и соответствующего «Городового положения» от 6 июня 1870 г. В конце XIX – начале XX в. широко использовалась практика создания городских общественных и озелененных пространств, зон отдыха и общедоступных парков в пригородах, получили развитие системы водо-

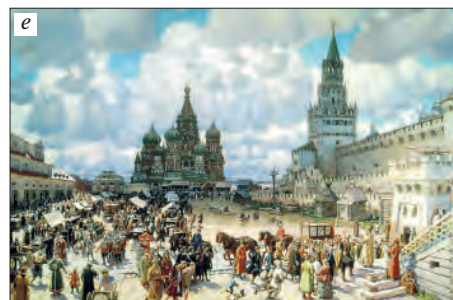


Рис. 1. Развитие благоустройства Москвы в XIV–XVII вв.: а – рост территории Москвы (источник [7, с. 32]); б – схема роста укреплений на Боровицком холме (источник [7, с. 401]); в – макет Московского кремля XV–XVII в.; д – Китайгородская стена. Фрагмент отреставрированной части стены. Вид в сторону Охотного ряда; е – бревенчатая мостовая. Фрагмент XV в.; ф – каменная вымостка. Фрагмент XV в. Фото из экспозиции Музея Москвы

Fig. 1. Development of the beautification of Moscow in the 14th–17th centuries: а – growth of the territory of Moscow (source [7, p. 32]); б – scheme of growth of fortifications on Borovitsky hill (source [7, p. 401]); в – model of the Moscow Kremlin in the 15th–17th centuries; д – Kitaygorodskaya wall. Fragment of the restored part of the wall. View towards Okhotny Ryad; е – Log pavement. Fragment of the 15th century; ф – stone pavement. Fragment of the 15th century. Photo from the exposition of the Museum of Moscow

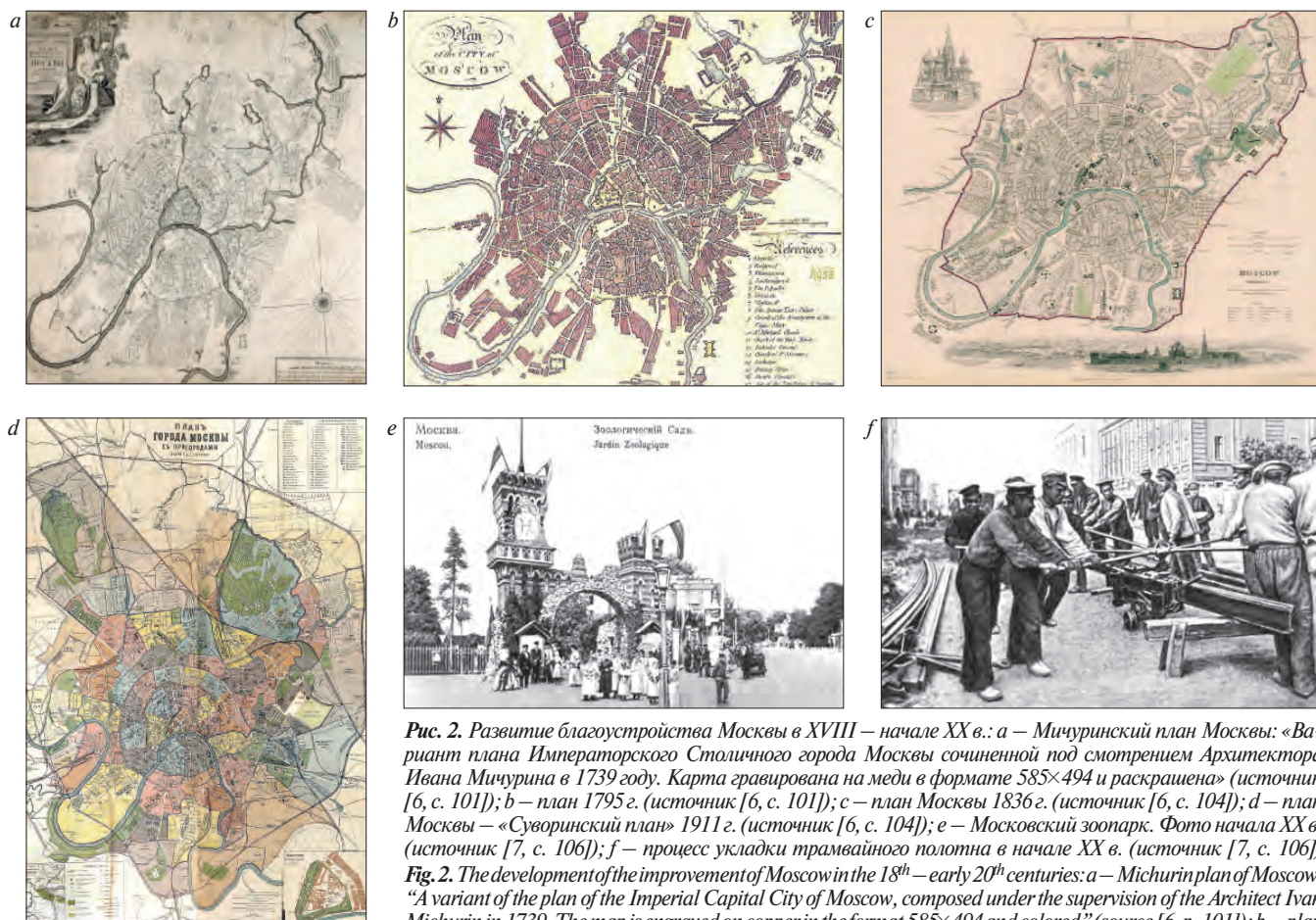


Рис. 2. Развитие благоустройства Москвы в XVIII – начале XX в.: а – Мичуринский план Москвы: «Вариант плана Императорского Столичного города Москвы сочиненной под смотрением Архитектора Ивана Мичурина в 1739 году. Карта гравирована на меди в формате 585×494 и раскрашена» (источник [6, с. 101]); б – план 1795 г. (источник [6, с. 101]); в – план Москвы 1836 г. (источник [6, с. 104]); д – план Москвы – «Суворинский план» 1911 г. (источник [6, с. 104]); е – Московский зоопарк. Фото начала XX в. (источник [7, с. 106]); ф – процесс укладки трамвайного полотна в начале XX в. (источник [7, с. 106])

Fig. 2. The development of the improvement of Moscow in the 18th – early 20th centuries: а – Michurin plan of Moscow: “A variant of the plan of the Imperial Capital City of Moscow, composed under the supervision of the Architect Ivan Michurin in 1739. The map is engraved on copper in the format 585×494 and colored” (source [6, p. 101]); б – plan of Moscow of 1795 (source [6, p. 101]); в – plan of Moscow in 1836 (source [6, p. 104]); д – plan of Moscow – “Suvorinsky plan” of 1911 (source [6, p. 104]); е – Moscow Zoo. Photo from the beginning of the 20th century (source [7, p. 106]); ф – the process of laying the tramway at the beginning of the 20th century (source [7, p. 106])

снабжения, канализации, водоотведения, обводнения, берегоукрепления [5–7].

На рубеже XIX–XX вв., когда население Москвы превысило миллион человек, власти пытались решать сложные проблемы приспособления городских территорий под застройку средствами организации рельефа, инженерной подготовки, в том числе путем выполаживания, террасирования и укрепления склонов, засыпки оврагов, балок, болот, русел малых рек и ручьев, использования средств инженерной защиты и отведения поверхностного стока, озеленения (рис. 2).

Совершенствование планировочной структуры городских улиц и дорог, разделение пешеходного и транспортного движения, укладка рельсового полотна потребовали специальных планировочных и технических решений, вертикальной планировки, совершенствования дорожных покрытий. В конце XIX в. начинает применяться асфальт (ул. Никольская), но широкое распространение он получил лишь в XX в.

В условиях технического развития, роста количества и плотности населения обостряются социально-экологические проблемы. В этот период благоустройство уже тесно связано с задачами новой

науки – коммунальной гигиены, которая послужила основой современной градостроительной экологии (С.Б. Чистякова [8], В.В. Владимиров [9] и др.).

К концу XIX – началу XX в. в Москве развиваются инженерные коммуникации водопровода, канализации, ливнеотстоков, освещения, санитарной очистки территории. Для организации водоснабжения на Лубянской, Трубной, Сухаревской и других главных городских площадях устраиваются водоразборные фонтаны, далее водовозы развозили воду бочками потребителям. Решение задач инженерного обеспечения и развития сетей оказалось непосредственно связанным с благоустройством территорий и развивалось не просто параллельно, а взаимосвязанно.

В Москве на рубеже XIX–XX вв. и позже – до конца 1930-х гг. были принципиально решены задачи инженерной защиты территорий от наводнений и паводков, берегоукрепления и организации водостока. Последнее катастрофическое наводнение в Москве произошло в 1908 г. Проблема затопления была решена при строительстве канала Москва–Волга и созданием городской системы регулирования стока и обводнения.

Во второй половине XIX и на рубеже XX в. благоустройство в основном проводилось за счет государ-

ственной казны и лишь частично финансировалось из муниципальных и частных средств. Благоустройство проводилось не только в городской черте, но и в ближайших пригородах – на территориях, предназначенных для размещения предприятий городского хозяйства, производств, складов, а также дач и мест загородного отдыха, подъезды к которым были возможны по железным дорогам, в том числе по МК МЖД (станции «Серебряный бор», «Белокаменная», «Нижние котлы», «Покровское-Стрешнево», «Царицыно» и др.).

В 1912–1913 гг. вышла в свет книга выдающегося гражданского инженера В.Н. Семенова «Благоустройство городов» [4], где был проанализирован зарубежный и частично исторический российский опыт благоустройства городов во взаимосвязи с градостроительным развитием, рассмотрены применявшиеся на практике и перспективные планировочные и технические решения улично-дорожной сети, озеленения, водоотведения. В результате были сформулированы фундаментальные теоретические подходы и принципы отечественного благоустройства и озеленения городов, обоснованы основные инженерные решения, сохраняющие свое значение до сих пор.

Разработанные В.Н. Семеновым основы отечественной теории благоустройства городов развивались в течение советского периода. Они имели огромный практический результат, полученный при разработке под руководством В.Н. Семенова первого перспективного Генплана развития Москвы советского периода, который стал основой последующих генпланов XX и XXI вв. Этот Генплан Москвы, утвержденный в 1937 г., включал разрабатываемые с начала XX в. межотраслевые проработки и масштабные проекты, в том числе по строительству и развитию метро, по перспективному развитию транспортно-планировочной структуры, реконструкции и строительству главных улиц и дорог, по совершенствованию функционального зонирования и взаиморазмещения жилых и производственных территорий, по ограничению этажности и плотности застройки, формированию системы озелененных пространств, организации мест отдыха горожан и по решению других социально значимых проблем благоустройства города.

В Генплане, утвержденном к 1937 г., решались главные направления градостроительного развития и благоустройства Москвы, направленные на улучшение социально-экологических условий жизни города и горожан; во дворах исторического центра практически не применялся асфальт, что, как мы теперь понимаем, способствовало сохранности культурного наследия.

Москва традиционно славилась системой озеленения. Например, к концу 1950-х гг. в Париже обеспеченность населения озелененными территориями составляла 0,5 м² на человека, а в центральной части Москвы норматив озеленения до настоящего состав-

ляет 5 м² на человека [10]. В советский период такая деятельность подкреплялась сформулированными государством социальными целями, системой государственного планирования градостроительного развития и регулирования землепользования при отсутствии частной собственности на землю.

Несмотря на то что темпы, содержание и методы работ по благоустройству в ходе исторического развития безусловно менялись, но сохраняется главное – стремление к решению важнейших проблем развития города средствами благоустройства и его социальная и экологическая направленность, чем не всегда могут гордиться другие города мира.

Заключение

1. Учет генетических и исторических традиций, преемственность в подходах к благоустройству городов, особенно исторических и природных территорий ценных в социокультурном и социоэкологическом отношении, должны быть положены в основу современной методологии и методики проектирования. Необходимо углубленное изучение проблем благоустройства в привязке к конкретным историческим местностям, морфотипам застройки и ландшафта, что позволит создать теоретическую и фактологическую основу для ведения практической деятельности и создания специализированной методики проектирования.

2. На примере благоустройства Москвы показано, что на всем протяжении истории города благоустройство обеспечивало общественно (социально и экологически) значимые функции и требования коллективной безопасности (военной, пожарной, санитарной), требования пространственной связности и доступности объектов и территорий, требования инженерной подготовки под застройку и инженерной защиты территорий от неблагоприятных природных процессов, требования обеспечения водными и энергетическими ресурсами.

3. Выполненные исследования показывают, что в современной Москве и в других городах России в значительной мере сохраняются преемственность в подходах и традиции благоустройства, напрямую связанные с представлениями о его общественной значимости, социальной и экологической направленности, которые сформировались в исторической ретроспективе и продолжают до настоящего времени.

4. Современные задачи совершенствования методологии и методики проектирования благоустройства должны учитывать социально значимые требования, которые составляют основу сохранения исторических традиций и обеспечивают преемственность в подходах к благоустройству, при этом пространственно-планировочные решения, методы, приемы и технические решения благоустройства должны меняться исходя из современных представлений о регенерации истори-

ческой среды, требований сохранения культурного и природного наследия, технических возможностей.

5. В поиске подходов и принципов благоустройства на конкретных исторических территориях необходимо проводить научные исследования, изыскания и обоснования для комплексного решения междисциплинарных задач регенерации и развития исторических территорий, сохранности культурного и природного наследия и обеспечения других социально значимых требований к комфортности городской среды, которые часто не имеют ничего общего со стандартами «глобализации» и не сводятся к демонстрации достижений ландшафтной архитектуры, но используют ее методы как результат архитектурно-художественной проработки и эстетического оформления проектных решений.

Список литературы

1. Беляева Е.Л. Особенности благоустройства и озеленения исторических городов. Подходы и методические рекомендации: Монография. М.: Экон-Информ, 2021. 270 с.
2. Беляева Е.Л. «Сохранение» и «обеспечение сохранности» при проектировании благоустройства и озеленения центров исторических городов // *Биосферная совместимость: человек, регион, технология*. 2019. № 3 (27). С. 54–70. DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-54-70
3. Беляева Е.Л. Анализ результатов благоустройства центров исторических городов (на примере Коломны, Сергиева Посада, Дмитрова, Звенигорода) // *Ландшафтная архитектура в эпоху глобализации*. 2021. № 1. С. 14–38. DOI: 10.37770/2712-7656-2021-1-14-38
4. Семенов В.Н. Благоустройство городов. М.: Тип. П.П. Рябушинского, 1912. 184 с.
5. Беляева Е.Л., Беляев А.Ю. Об истории городского благоустройства и инженерных сетей Москвы. Ч. 1. История благоустройства древней Москвы XIV–XVII веков // *Academia. Архитектура и строительство*. 2021. № 3. С. 115–124.
6. Беляева Е.Л., Беляев А.Ю. Об истории городского благоустройства и инженерных сетей Москвы. Ч. 2. Благоустройство и инженерные сети XVIII – начала XX века // *Academia. Архитектура и строительство*. 2021. № 4. С. 99–109.
7. Москва: Энциклопедия / Гл. ред. С.О. Шмидт / М. 82. Сост.: М.И. Андреев, В.М. Карев. М. 6. Большая Российская энциклопедия, 1997. 976 с.
8. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. М.: Стройиздат, 1988. 272 с.
9. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. М.: Мысль, 1986. 237 с.
10. Чистякова С.Б., Беляева Е.Л. Использование град-экологических подходов к благоустройству и озеленению исторических городов: *Сборник научных трудов РААСН: В 2 т. Т. 1: Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2020 году*. М., 2021. С. 416–422.

References

1. Belyaeva E.L. Osobennosti blagoustroystva i ozeleneniya istoricheskikh gorodov. Podkhody i metodicheskiye rekomendatsii. Monografiya [Features of improvement and gardening of historical cities. Approaches and methodical recommendations. Monograph]. Moscow: Ekon-Inform. 2021. 270 p.
2. Belyaeva E.L. “Preservation” and “ensuring safety in the design of landscaping and landscaping of the centers of historical cities. *Biosfernaya sovместimost’: chelovek, region, tekhnologiya*. 2019. No. 3 (27), pp. 54–70. (In Russian). DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-54-70
3. Belyaeva E.L. Analysis of the results of the improvement of the centers of historical cities (on the example of Kolomna, Sergiev Posad, Dmitrov, Zvenigorod). *Landshaftnaya arkhitektura v epokhu globalizatsii*. 2021. No. 1, pp. 14–38. (In Russian). DOI: 10.37770/2712-7656-2021-1-14-38
4. Semenov V.N. Blagoustroystvo gorodov [Improvement of cities]. Moscow: Printing house P.P. Ryabushinsky. 1912. 184 p.
5. Belyaeva E.L. Belyaeva E.L., Belyaev A.Yu. On the history of urban improvement and engineering networks of Moscow. Part I. The history of the improvement of ancient Moscow. XIV–XVII centuries. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2021. No. 3, pp. 115–124. (In Russian).
6. Belyaeva E.L. On the history of urban improvement and engineering networks of Moscow. Part 2. Landscaping and engineering networks of the 18th – early 20th centuries. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2021. No. 4, pp. 99–109. (In Russian).
7. Moscow: Encyclopedia / Ch. ed. S.O. Schmidt / M. 82 Comp.: M.I. Andreev, V.M. Karev. M.6 Great Russian Encyclopedia, 1997, 976 p.
8. Chistyakova S.B. Okhrana okruzhayushchey sredy [Environmental protection]. Moscow: Stroyizdat. 1988. 272 p.
9. Vladimirov V.V., Mikulina E.M., Yargina Z.N. Gorod i landschaft [City and landscape]. Moscow: Mis'. 1986. 237 p.
10. Chistyakova S.B., Belyaeva E.L. The use of urban-ecological approaches to the improvement and landscaping of historical cities. *Collection of scientific works of RAACS. Vol. 1: Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2020*. Moscow. 2021, pp. 416–422. (In Russian).

23-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СУХИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

**23-25 августа
2023**

ВАЛТИМІХ

МУРМАНСК  **2023**

**Сияем
МОЩНО**



КВИНТЕТ
EVENT АГЕНТСТВО

СМИТ



baltimix.ru

V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ:
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА
И РЕКОНСТРУКЦИИ»

20–22
СЕНТЯБРЯ 2023



МОСКВА
ОТЕЛЬ HOLIDAY INN SUSCHEVSKY

Организатор конференции



Официальная поддержка



Генеральный спонсор
конференции



Генеральные информационные партнеры



www.fc-union.com, info@fc-union.com, +7 (495) 66-55-014, +7 925 57-57-810

12+

