

УДК 721.012.22/728.45

Иванцов Алексей Игоревич

кандидат технических наук

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru

Куприянов Валерий Николаевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Ибрагимова Гузель Исхаковна

инженер-архитектор

E-mail: breandyaks@gmail.com

ООО «СК «ИМАН»

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Ташаяк, д. 1

Использование отраженной солнечной радиации как источника инсоляции при проектировании здания общежития

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – достижение 100 % инсоляции жилых комнат студенческого общежития, ориентированного в широтном направлении за счет учета отраженной солнечной радиации от противостоящего здания.

Результаты. В работе отражена важность солнечного облучения и ее влияние на психоэмоциональное состояние студентов в период обучения в северных регионах страны. Приведен анализ примеров использования отраженной инсоляции в мировой практике проектирования зданий.

Основным результатом работы является методика проектирования здания широтной ориентации с инсоляцией всех жилых комнат с применением автоматизированного проектного комплекса Rhino Grasshoper. Доказана эффективность солнечной радиации, отраженной от южного фасада противостоящего здания, в качестве источника инсоляции для северного фасада, проектируемого согласно энергетического метода расчета инсоляции помещений.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурно-строительного комплекса состоит в разработке методики проектирования зданий коридорного типа широтной ориентации со 100 % инсоляцией всех жилых помещений, за счет использования отражения солнечной радиации от противостоящих зданий.

Ключевые слова: проектирование зданий, солнечная радиация, инсоляция, отражение, методика

Введение

При проектировании жилых зданий временного пребывания, к которым относят, например, общежития и гостиницы, нормативные документы позволяют оставлять до 40 % жилых комнат без облучения прямым солнечным светом на протяжении всего года, так как согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 нормы инсоляции в таких зданиях должны выполняться не менее чем в 60 % жилых комнат. Вместе с тем, солнечная радиация оказывает широкий спектр положительного воздействия на человека: от биологического до эмоционально-психологического, и исключать ее на протяжении долгого времени является нежелательным.

В северных регионах страны, где световой день на протяжении большого времени достаточно короток, пренебрежение нормами инсоляции на фоне значительных психологических нагрузок ведет к снижению работоспособности и функциональных систем человека.

Достижение требуемого инсоляционного режима в 100 % жилых номеров временного жилья возможно путем учета отражений солнечной радиации от фасадов противостоящих зданий.

Психоэмоциональное состояние студентов в период обучения в вузе

Процесс обучения студентов в вузах неразрывно связан с интенсивными психоэмоциональными нагрузками, вызываемыми как увеличением объемов усваиваемой учебной информации, так и процессами психологической и социальной адаптации. Данные нагрузки влекут за собой снижение функциональных систем организма, переутомление, нарушение здоровья [1, 2].

В вузах нашей страны учебная загруженность студентов по академическим нормам не должна превышать 36 часов в неделю, однако из-за возрастающей доли материала, относящегося к самостоятельной работе студентов, на которую приходится до 3-4 часов в день, общая загруженность может превышать и 50 часов в неделю. При этом учебные задания выполняются, как правило, по вечерам и выходным дням [3].

Кроме того, исследование психофункционального состояния студентов связывает увеличение личностной и ситуативной тревожности с сезонным дефицитом уровня освещенности и низким уровнем поступления прямой солнечной радиации в условиях средних и особенно северных широт. Наступающее в северном регионе в зимний период сезонное уменьшение солнечной радиации приводит к повышенной утомляемости, сонливости, повышенному напряжению, потере концентрации внимания и пр. Повышается уровень общей тревожности, беспокойства, агрессии по отношению к окружающим. И все это в свою очередь негативно сказывается на учебном процессе: студенты с повышенным уровнем тревожности хуже запоминают материал, чаще проваливают экзамены [4].

Солнечная радиация оказывает на человека действие широкого спектра: биологическое, психологическое, эстетическое, эмоциональное. Нормы инсоляции помещений в большинстве стран основаны в том числе на положительном психоэмоциональном воздействии прямого солнечного облучения на человека. Исследование 70-х годов прошлого века, проведенное с целью определения психологически предпочтительных для населения условий инсоляции жилых помещений в различных географических районах нашей страны, показало, что свое положительное отношение к инсоляции своих квартир жители объясняют тем, что в освещенных солнцем помещениях, улучшается настроение (38-61 %), солнечный свет улучшает внешний вид интерьера (10-16 %) и благотворно влияет на здоровье (12-16 %). Также следует заметить, что согласно данным исследований 35-45 % опрошенных жителей, проживающих в квартирах, выходящих окнами на северные и северо-западные фасады считают условия инсоляции недостаточными [5]. К тому же согласно данному исследованию выявлено что 46 % жителей, проживающих в средней и южной полосе, считают наиболее приемлемым временем инсоляции утренние часы, а в северных городах предпочитают инсоляцию в течении всего дня. Во всех климатических зонах страны большая часть жителей предпочитают зимой, а в северных регионах и летом находиться в инсолируемых помещениях [5].

В этой связи становится важным учитывать нормативный инсоляционный режим помещений, в которых студенты находятся продолжительное время, с целью повышения их психоэмоционального состояния особенно в условиях северных широт.

Нормативный инсоляционный режим помещений

Нормативный инсоляционный режим помещений накладывает определенные ограничения на ориентацию жилых зданий различной архитектурной типологии по сторонам света. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 в жилых зданиях должны инсолироваться, т.е. облучаться прямым солнечным светом, не менее одной жилой комнаты в одно-трехкомнатных квартирах, не менее двух комнат в четырех- и более комнатных квартирах.

Для секционных зданий преимущественно широтной ориентации, когда окна жилых помещений выходят на север или юг, для выполнения норм инсоляции возможна только двухсторонняя ориентация квартир с большим числом комнат, однокомнатные квартиры могут выходить только на южную сторону. При преимущественно меридиональной ориентации секционных жилых зданий, для выполнения норм инсоляции возможна любая ориентация квартир: как двухсторонняя, так и односторонняя с любым числом комнат.

При проектировании жилых зданий коридорной системы, при которой жилые ячейки имеют только одностороннюю ориентацию, размещение здания в широтном направлении исходя из норм инсоляции невозможно. Допустима только меридиональная и диагональная ориентация.

Из-за типологических особенностей жилых зданий временного пребывания (общежития, гостиницы), которые проектируются преимущественно по коридорной системе, а значит при широтной ориентации таких зданий выполнение норм инсоляции в каждой комнате невозможно, в нормативных документах введено послабление: требования инсоляции должны выполняться в не менее чем 60 % жилых комнат.

С одной стороны, и в жилых зданиях квартирного типа инсолируются также не все жилые комнаты. В зависимости от площади секций и количества квартир на этаже процент инсоляции жилых комнат может опускаться и ниже 50 %. Тем не менее минимум одна комната имеет нормативный инсоляционный режим. В жилых зданиях коридорного типа широтной ориентации до 40 % жилых комнат может не инсолироваться в течение всего года.

В связи с тем, что в общежитии студенты в период самостоятельной подготовки проводят продолжительное время на протяжении всего периода обучения (от 4 до 7 лет), то отсутствие нормативного инсоляционного режима в 40 % комнат скажется на снижении их психоэмоционального состояния, а значит и общего уровня подготовки.

Для решения вопроса 100 % инсоляции жилых комнат общежития студентов, ориентированного в широтном направлении, предлагается использовать отраженную от противостоящих зданий солнечную радиацию как источник благоприятной инсоляции для помещений с северными окнами. При расчете коэффициента естественного освещения КЕО согласно рекомендованной методики СП 52.13330.2016 учитывается отраженный свет от противостоящих зданий, однако при расчете инсоляции помещений такая методика отсутствует. Существуют отдельные предложения по учету отраженной инсоляции в ситуации стесненной застройки [6-10], однако сформированной методики по проектированию зданий исходя из таковых условий в широкой проектной практике не наблюдается.

Вместе с тем, натурные исследования показывают наличие ультрафиолетового диапазона в отраженном от фасадов зданий спектре [11, 12]. В этой связи возможно говорить не только об психоэмоциональном влиянии отраженной инсоляции, но также и на бактерицидный эффект, о чем будет сказано ниже. На количество ультрафиолета в отраженном свете влияет материал отделки фасада и тип остекления, что демонстрируют данные табл. 1.

Таблица 1

Интегральный коэффициент отражения фасадных материалов

| Вид материала | Интегральный коэффициент отражения света |
|-----------------------------------|--|
| Лицевой кирпич | |
| Кирпич фасадный белый | 0,72 |
| Кирпич фасадный светло-соломенный | 0,54 |
| Кирпич фасадный желтый | 0,35 |
| Кирпич фасадный коричневый | 0,13 |
| Керамогранит | |
| Керамогранит светло-серый | 0,60 |
| Керамогранит зеленый | 0,41 |
| Керамогранит коричневый | 0,39 |

Применение отраженной инсоляции при проектировании зданий

В мировой практике известны примеры использования противостоящих зданий и их отдельных конструктивных и архитектурных элементов с целью отражения солнечного света в затененные области.

Одним из последних решений является концепция «Башня без тени» лондонского отделения архитектурного бюро NBBJ. Архитекторы разработали проект из двух башен разного размера. Северная башня выступает в роли гигантского зеркала и, отражая свет, освещает площадь, расположенную между двумя зданиями. При этом особая форма

зданий позволяет направлять отраженный свет точно на тень, отбрасываемую от южной башни. Таким образом, удастся сократить размер падающей тени на 60 % (рис. 1).

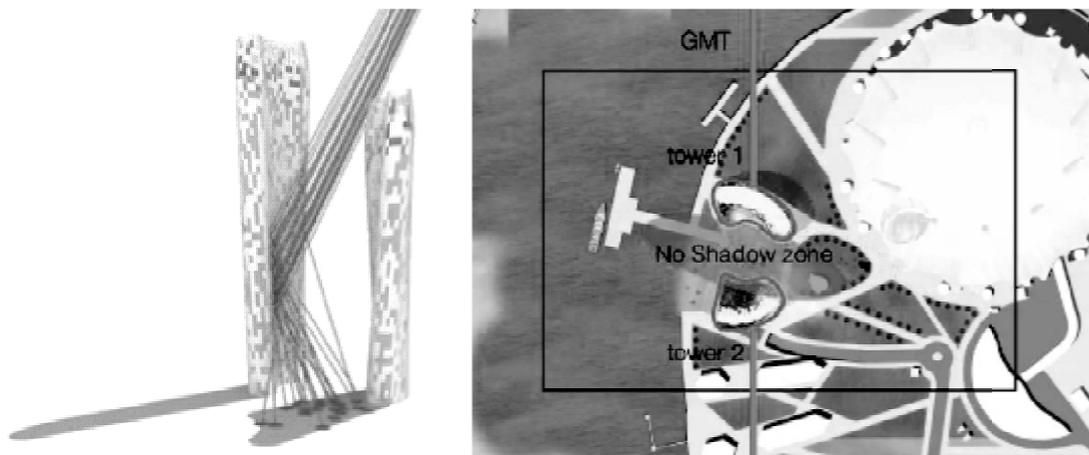


Рис. 1. Концепция здания «Башня без тени». Архитектурного бюро NBBJ
(источник: <https://vimeo.com/121813688/>)

Необходимую форму здания архитекторам удалось получить с использованием программы Rhino в комплекте с плагинами симуляции естественного освещения подобно DIVA. На первом этапе задавались лишь базовые параметры: высота, площадь этажей, а программа уже перебирала всевозможные решения и выдавала в результате самые оптимальные, которые позволили бы отражать как можно больше света.

В Норвегии в городе Рjukanе, который полгода находится в тени окружающих его гор, три зеркала, каждое площадью – 17 м², освещают город. Выдвинутую в 1913 году идею реализовали только в 2013 (рис. 2).

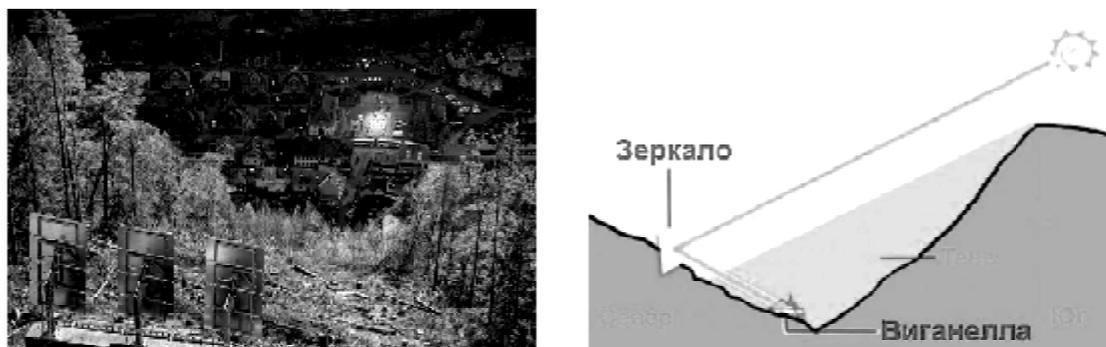


Рис. 2. Зеркала на вершине горы в г. Рjukanе (Норвегия) и д. Виганелла (Италия)
(источник: <http://www.rusrep.ru/article/2013/10/31/sun/>
<http://vokrugmir.ru/iskusstvennoe-solnce-dlya-zhitelej-italyanskoj-derevni/>)

В 2006 году в итальянской деревне Виганелла, которая на три месяца остается без солнца из-за наличия гор, на вершине горы установили огромное зеркало, которое следуя за лучами солнца, направляет отражение света на площадь перед мэрией (рис. 2).

В 2014 году было построено здание комплекса One Central Park по проекту Ateliers Jean Nouvel и PTW Architects. Между двумя жилыми башнями комплекса архитекторы разместили цветущий сад, который плавно перетекает на фасады здания. Для естественного освещения сада была запроектирована нависающая консоль с моторизированными зеркалами, которые, отражая солнечные лучи, направляют их в течение дня на затененную площадку (рис. 3).

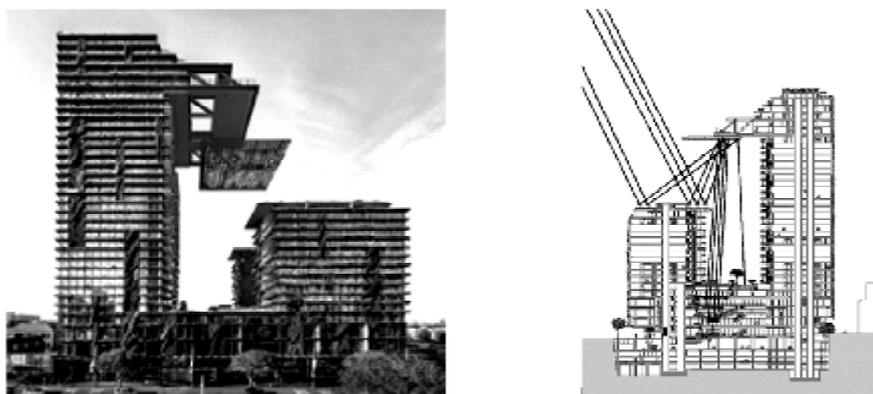


Рис. 3. Комплекс One Central Park. Архитекторы Ateliers Jean Nouvel
(источник: <https://archi.ru/projects/world/8657/bashnya-one-central-park>)

Вместе с тем, использование больших площадей отражения солнечного света может привести к нежелательным последствиям. Построенный в Лондоне в 2013 году небоскреб бизнес-центра «Walkie Talkie» с вогнутым зеркальным фасадом фокусирует лучи, нагревая поверхность улицы на протяжении 30 м вокруг себя до 70 °С. Таким образом, при использовании отраженной инсоляции в городской среде стоит избегать ее направленного воздействия на противостоящие здания и городскую среду. Отраженный свет должен нести направленно-рассеянное действие, которое может быть обеспечено матированным покрытием стекол и фасадов.

Методика проектирования здания с учетом отраженной инсоляции

В данной работе рассмотрим методику проектирования застройки, учитывающую взаимное влияние отраженной солнечной радиации. В качестве новой застройки разрабатывался студенческий кампус в г. Тюмень. Основным зданием, для которого проектируется 100 % инсоляционный режим жилых комнат, является студенческое общежитие. Вспомогательным зданием, которое служит отражающим экраном, является офисно-деловой центр.

Основным инструментом автоматизированного проектирования выступил комплекс Rhinoceros с модулем проектирования Grasshoper.

Методика проектирования застройки включает в себя следующие этапы.

1. С помощью программного комплекса Rhino Grasshoper и плагина DIVA 4.0 строится траектория движения солнца по небосводу на расчетный день конкретной широты местности (57 ° с. ш. для г. Тюмень и 22 апреля).

2. Задается концептуальная форма плана основного здания и здания, создающего отражающую поверхность, согласно градостроительной ситуации местности и архитектурно-конструктивного решения зданий. Для достижения направленно-диффузного отражения и исключения многократного переотражения, поверхностям зданий, обращенных друг к другу (северный фасад основного здания и южный фасад отражающего здания) придается криволинейная форма (рис. 4).



Рис. 4. Исходная ситуация для расчета отраженной инсоляции (иллюстрация авторов)

3. С использованием скрипта от компании BIM Academy, позволяющего рассчитывать продолжительность инсоляции с точностью до 10 минут, определяется минимально необходимая высота отражающего здания. По расчетам для г. Тюмень на 22 апреля при заданной планировочной схеме высота основного здания составляет 20-28 м, высота отражающего здания – 60 м.

Путем перебора формы и высоты двух зданий достигается условие нормативного уровня инсоляции в каждой точке на северном фасаде основного здания (рис. 5).

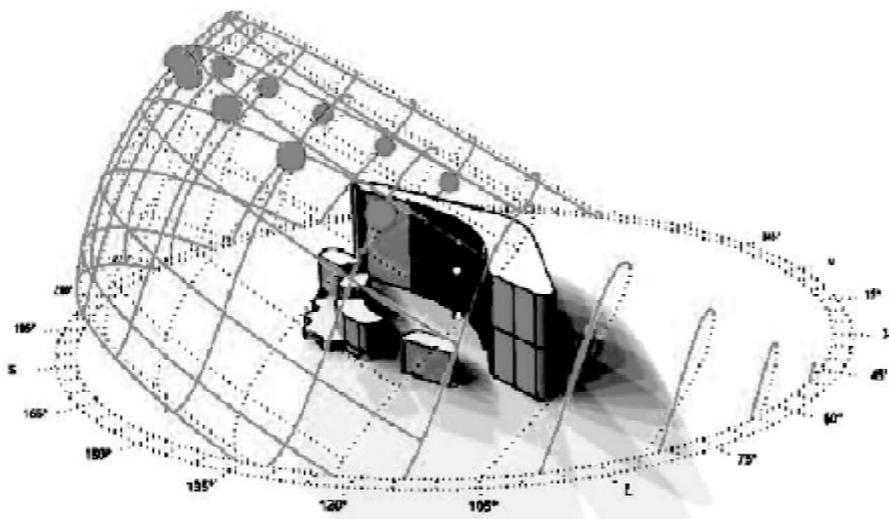


Рис. 5. Расчетная модель основного и отражающего здания.
Разбиение сетки для учета отраженных лучей (иллюстрация авторов)

Для приведенного примера при отсутствии блокирующей застройки с южной стороны получаем продолжительность облучения северного фасада основного здания общежития равной 7 часам, что в полной мере соответствует требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01.

4. С использованием энергетического метода расчета инсоляции [14] рассчитывается количество УФ-энергии, попадающее на южный фасад отражающего здания и отражающееся на северный фасад основного здания. Путем подбора материала отделки фасадов и заполнения оконных проемов достигается заданная доза облучения в воздухе и на поверхности помещений основного здания.

Сопоставление полученных доз УФ-радиации с нормативными дозами для воздуха помещений (39 Дж/м^3) и его поверхностей (15 Дж/м^2) в приведенном примере при использовании стеклопакета из силикатного стекла показывает следующее:

- для южного фасада, облучаемого прямой радиацией:

$$\Delta_v \text{ (для воздуха)} = 152,20 > 39 \text{ Дж/м}^3, \Delta_n \text{ (для поверхностей)} = 103,80 > 15 \text{ Дж/м}^2;$$

- для северного фасада, облучаемого отраженной радиацией:

$$\Delta_v \text{ (для воздуха)} = 85,60 > 39 \text{ Дж/м}^3, \Delta_n \text{ (для поверхностей)} = 23,00 > 15 \text{ Дж/м}^2.$$

Важно отметить, что соответствие доз облучения в помещениях, ориентированных за север, нормативным требованиям достигается только при использовании в качестве источника отраженной радиации южного фасада противостоящего здания. При ориентации фасада, отличной от южной, количество отраженной УФ-радиации будет недостаточным даже при использовании стеклопакетов с высокими пропускающими способностями ультрафиолета.

Соответствие расчетных доз облучения нормативным дозам, согласно энергетического метода, подтверждает эффективность отраженной инсоляции с точки зрения бактерицидного эффекта. Психологический эффект отраженной инсоляции подтверждается соответствием продолжительности облучения северного фасада требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01.

Заключение

Таким образом, приведенный пример проектирования здания общежития широтной ориентации показывает возможность обеспечения 100 % инсоляции жилых комнат. Достижение нормативного уровня инсоляции помещений северной ориентации решается за счет организации потока отраженной радиации от южного фасада противостоящего здания. Бактерицидный и биологический эффекты отраженной инсоляции подтверждаются расчетом доз облучения воздуха и поверхностей помещений северной ориентации энергетическим методом расчета инсоляции. Данный эффект обеспечивается за счет продолжительной инсоляции южного фасада противостоящего здания (более 7 часов). Такая продолжительность облучения северного фасада отраженной радиацией в свою очередь обеспечивает психоэмоциональный эффект инсоляции в помещениях северной ориентации.

Список библиографических ссылок

1. Дмитриев Д. А., Дмитриев А. Д., Карпенко Ю. Д., Саперова Е. В. Влияние экзаменационного стресса и психоэмоциональных особенностей на уровень артериального давления и регуляцию сердечного ритма // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 5. С. 89–96.
2. Лыдова Г. М., Панфилов А. Н. Психические состояния студентов в усложненных условиях учебной деятельности // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2013. № S1. С. 19–29.
3. Гора Е. П. Экология человека. Учебное пособие для вузов. М. : Дрофа, 2007. 540 с.
4. Варенцова И. А., Чеснокова В. Н., Соколова Л. В. Сезонное изменение психофункционального состояния студентов с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма // Экология человека. 2011. № 2. С. 47–52.
5. Оболенский Н. В. Архитектура и солнце. М. : Стройиздат, 1988. 207 с.
6. Мартиросов А. Л., Пашян Д. А. Возможности изменения инсоляции внутренних пространств с использованием линз // Интернет-журнал «Науковедение». 2012. № 3 (12). С. 106.
7. Шакиров И. В., Грабовый К. П. Анализ методов обследования инсоляции зданий и сооружений // Экономика и предпринимательство. 2016. № 4-2 (69). С. 496–500.
8. Gritsienko D. G., Kasyanov V. F. Light guide use and facade light reflection for improved insolation and increased daylight factor as part of the reconstruction of city housing system // Light & Engineering. 2015. Т. 23. № 3. P. 24.
9. Ершов А. В., Гольдштейн Г. К. Учет отраженной радиации в застройке // Теплотехнические качества и микроклимат крупнопанельных жилых зданий. 1968. Сб. 2. С. 124–130.
10. Gritsienko D., Kasyanov V. Solar exposure condition improvement in urban area using light guide // MATEC Web of conferences. 2017. V. 106. № 01015.
11. Касьянов В. Ф., Грициенко Д. Г. Натурное определение коэффициентов отражения отделочных материалов фасадов зданий городской застройки в ультрафиолетовом спектре солнечного излучения // Научное обозрение. 2016. № 18. С. 45–50.
12. Jovanovic Marko Facade extrusions' influence on the building solar insolation performance // Journal of international scientific publications: materials, methods & technologies. 2014. V. 8. № 1000002. P. 247–654.
13. Егоров Д. А. Влияние компьютерного моделирования на качество формирования архитектурного пространства : сб. ст. «Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения». Материалы IX Национальной конференции с международным участием / СГАУ им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2019. С. 78–80.
14. Куприянов В. Н., Седова Ф. Р. Обоснование и развитие энергетического метода расчета инсоляции жилых помещений // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 83–87.

Ivantsov Aleksey Igorevich

candidate of technical sciences

E-mail: ivantsov.arch@mail.ru**Kupriyanov Valeriy Nikolayevich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuprivan@kgasu.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelonaya st., 1

Ibragimova Guzel Iskhakovna

engineer-architect

E-mail: brendyaks@gmail.com**LLC «BC «IMAN»**

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Tashayak st., 1

**The use of reflected solar radiation as an insolation source
in the design of a dormitory building****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to achieve 100 % insolation of the living rooms of a student dormitory oriented in the latitudinal direction by taking into account reflected solar radiation from the opposing building.

Results. The work shows the importance of solar exposure and its effect on the psycho-emotional state of students during their studies in the northern regions of the country. The analysis of examples of the use of reflected insolation in the world practice of building design is given.

The main result of the work is a technique for designing a latitudinal orientation building with an insolation of all living rooms using the Rhino Grasshoper automated design complex. The efficiency of solar radiation reflected from the southern facade has been proved as an insolation source for the northern facade according to the energy method of calculating the room insolation.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architectural and construction complex consists in the development of a methodology for designing corridor-type buildings of latitudinal orientation with 100 % insolation of all residential premises, through the use of reflection of solar radiation from opposing buildings.

Keywords: solar radiation, insolation, reflection, building design, methods.

References

1. Dmitriev D. A., Dmitriev A. D., Karpenko Yu. D., Saperova E. V. The Impact of examination stress and psycho-emotional features on blood pressure and heart rate regulation // *Fiziologiya cheloveka*. 2008. V. 34. № 5. P. 89–96.
2. Ldokova G. M., Panfilov A. N. Mental states of students in the complicated conditions of educational activity // *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal Kontsept*. 2013. № S1. P. 19–29.
3. Gora E. P. Human ecology. Textbook for universities. M. : Drofa, 2007. 540 p.
4. Varentsova I. A., Chesnokova V. N., Sokolova L. V. Seasonal change in the psycho-functional state of students with different types of vegetative regulation of heart rhythm // *Ekologiya cheloveka*. 2011. № 2. P. 47–52.
5. Obolensky N. V. Architecture and sun. M. : Stroizdat, 1988. 207 p.
6. Martirosov A. L., Pashyan D. A. Possibilities for changing the insolation of internal spaces using lenses // «*Naukovedenie*» internet journal. 2012. № 3 (12). P. 106.
7. Shakirov I. V., Graboviy K. P. Analysis of the methods for insulating buildings and structures, analysis of methods for insulating buildings and structures // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2016. № 4-2 (69). P. 496–500.

8. Gritsienko D. G., Kasyanov V. F. Light guide use and facade light reflection for improved insolation and increased daylight factor as part of the reconstruction of city housing system // *Light & Engineering*. 2015. Т. 23. № 3. P. 24.
9. Ershov A. V., Goldstein G. K. Accounting for reflected radiation in buildings // *Teplotekhnicheskiye kachestva i mikroklimat krupnopanel'nykh zhilykh zdaniy*. 1968. Sat. 2. P. 124–130.
10. Gritsienko D., Kasyanov V. Solar exposure condition improvement in urban area using light guide // *MATEC Web of conferences*. 2017. V. 106. № 01015.
11. Kasyanov V. F., Gritsienko D. G. Natural determination of the reflection coefficients of finishing materials of the facades of urban buildings in the ultraviolet spectrum of solar radiation // *Nauchnoye obozreniye*. 2016. № 18. P. 45–50.
12. Jovanovic Marko Facade extrusions' influence on the building solar insolation performance // *Journal of international scientific publications: materials, methods & technologies*. 2014. V. 8. № 1000002. P. 247–654.
13. Egorov D. A. Influence of computer modeling on the quality of the formation of architectural space: dig. of art. «Current problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply». Materials of the IX National Conference with International Participation / SSAU after the name of N.I. Vavilov. Saratov, 2019. P. 78–80.
14. Kupriyanov V. N., Sedova F. R. Justification and development of the energy method of calculating the insolation of residential premises // *Zhilishchnoye stroitelstvo*. 2015. № 5. P. 83–87.