

## АНАЛИЗ СРЕДСТВ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В СПОРТИВНЫХ ЗАЛАХ

Наталья Анатольевна Максимова<sup>1</sup>, Богдан Валентинович Кляус<sup>2</sup>,  
Анатолий Алексеевич Олексюк<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ДНР, Макеевка, Россия, <sup>1</sup>n.a.maximova@donnasa.ru, <sup>2</sup>b.v.klyaus@donnasa.ru, <sup>3</sup>a.o.oleksyuk@donnasa.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема обеспечения оптимального микроклимата в спортивных залах с учетом требований СанПиН 2.1.2.1002-00 и СП 60.13330.2016. Обосновывается важность поддержания комфортных условий для спортсменов и повышения энергоэффективности систем микроклимата. Недостаточное количество комплексных исследований в научной литературе подчеркивает актуальность данной темы. В статье представлены различные подходы и технологии, такие как интеллектуальные системы управления, автоматизированные управляющие системы и различные способы обеспечения требуемого микроклимата. Анализируются нормативные требования, особенности систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха, а также приводятся допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата. В работе обсуждаются эффективность и недостатки существующих решений, а также предлагается новый метод настиления воздушных струй на вогнутую поверхность для обеспечения равномерного распределения воздуха и повышения энергоэффективности.

**Ключевые слова:** спортивные залы, микроклимат, температура, относительная влажность, скорость воздуха, температурное поле, воздухораспределение

**Для цитирования:** Максимова Н. А., Кляус Б. В., Олексюк А. А. Анализ средств достижения требуемых параметров микроклимата в спортивных залах // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.* 2024. Выпуск 2024-5(169) Инженерные системы и техногенная безопасность. С. 23–30. doi: 10.71536/vd.2024.5c169.3. edn: lsbzur.

### Original article

## ANALYSIS OF MEANS TO ACHIEVE REQUIRED MICROCLIMATE PARAMETERS IN SPORTS HALLS

Natalia A. Maximova<sup>1</sup>, Bogdan V. Klyaus<sup>2</sup>, Anatoly A. Oleksiuk<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
DPR, Makeevka, Russia, <sup>1</sup>n.a.maximova@donnasa.ru, <sup>2</sup>b.v.klyaus@donnasa.ru, <sup>3</sup>a.o.oleksyuk@donnasa.ru

**Abstract.** The article discusses the problem of ensuring an optimal microclimate in sports halls, taking into account the requirements of SanPiN 2.1.2.1002-00 and SP 60.13330.2016. The importance of maintaining comfortable conditions for athletes and increasing the energy efficiency of microclimate systems is justified. The insufficient amount of comprehensive research in scientific literature emphasizes the relevance of this topic. The article presents various approaches and technologies, such as intelligent control systems, automated control systems, and various methods of ensuring the required microclimate. Normative requirements, features of ventilation, heating, and air conditioning systems are analyzed, and permissible and optimal values of microclimate parameters are provided. The efficiency and drawbacks of existing solutions are discussed in the paper, and a new method of laying air jets on a concave surface to ensure uniform air distribution and increase energy efficiency is proposed.

**Keywords:** sports halls, microclimate, temperature, relative humidity, air velocity, temperature field, air distribution



**For citation:** Maximova N. A., Klyaus B. V., Oleksiuk A. A. Analysis of means to achieve required microclimate parameters in sports halls. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Engineering systems and technological safety*. 2024;5(169):23–30. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2024.5c169.3. edn: lsbzur.

## ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Согласно СанПиН 2.1.2.1002-00 [1] и СП 60.13330.2016 [2], для обеспечения здоровья и работоспособности спортсменов необходимо поддерживать в спортивных залах оптимальные параметры микроклимата, такие как температура, относительная влажность и скорость движения воздуха. Несоблюдение этих нормативных требований может приводить к переохлаждению, перегреву или появлению простудных заболеваний у спортсменов, что отрицательно влияет на эффективность тренировочного процесса.

В то же время, современные спортивные залы характеризуются высокими энергозатратами на обеспечение требуемого микроклимата [3, 4]. В связи с этим, поиск путей снижения энергопотребления систем вентиляции, отопления и кондиционирования является важной задачей, что обосновывает актуальность темы с точки зрения энергоэффективности.

Несмотря на разнообразие технологических решений, представленных на рынке, [5, 6, 7], в научной литературе недостаточно комплексных исследований, посвященных анализу средств обеспечения требуемого микроклимата в спортивных залах. Восполнение этого пробела и разработка оптимальных подходов к организации микроклимата также определяют актуальность данной темы.

Таким образом, обоснование актуальности рассматриваемой темы основывается на необходимости поддержания комфортных условий для спортсменов, повышения энергоэффективности соответствующих систем, а также отсутствии достаточных научно-обоснованных рекомендаций в данной области.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Одним из ключевых направлений в обеспечении комфортного микроклимата в спортивных залах является повышение энергоэффективности систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Б. И. Басок с соавторами [3] предлагают использование интеллектуальных систем управления, позволяющих адаптировать работу оборудования к фактической нагрузке и погодным условиям, что способствует снижению энергопотребления.

В. И. Коробко с коллегами [4] рассматривают методы автоматизированного управления параметрами микроклимата на основе современных датчиков и контроллеров. Такие системы обеспечивают точное поддержание температуры, влажности и скорости движения воздуха, обеспечивая комфорт для спортсменов.

Особенности расчета и проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха в спортивных сооружениях освещены в работах В. А. Савельева и В. В. Харченко [5]. Авторы подчеркивают необходимость учета специфических факторов, таких как повышенные тепловыделения, интенсивные физические нагрузки занимающихся.

В. М. Матюнин и В. А. Романов [6] анализируют различные технические решения для поддержания температурно-влажностного режима и организации свежего воздухообмена в спортивных залах, включая применение приточно-вытяжной вентиляции, тепловых завес, увлажнителей и осушителей воздуха.

А. А. Александров с соавторами [7] посвящают свою работу энергосберегающим технологиям в системах микроклимата спортивных объектов. Авторы рассматривают использование тепловых насосов, рекуперацию тепла, интеграцию с возобновляемыми источниками энергии для повышения энергоэффективности.

Данные научные публикации демонстрируют широкий спектр подходов и методов, направленных на обеспечение требуемых параметров микроклимата в спортивных залах с применением энергоэффективных технологий и систем автоматизированного управления.

## ЦЕЛЬ

Анализ требований, предъявляемых к микроклимату в спортивных залах, а также средств и технологий используемых для поддержания требуемых параметров.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Сравнительный анализ нормативных требований к параметрам микроклимата в спортивных залах согласно СанПиН 2.1.2.1002-00 и СП 60.13330.2016 дал следующие результаты:

СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию спортивных сооружений»:

1. Температура воздуха:
  - +15...+25 °С (для залов без трибун);
  - +12...+20 °С (для залов с трибунами).
2. Относительная влажность воздуха: 30...60 %.

3. Скорость движения воздуха:
  - не более 0,3 м/с (для залов без трибун);
  - не более 0,5 м/с (для залов с трибунами).

СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»:

1. Температура воздуха:
  - +16...+22 °С (для залов с преимущественно сухим режимом);
  - +15...+25 °С (для залов с влажным режимом).
2. Относительная влажность воздуха: 30...60 %.
3. Скорость движения воздуха:
  - не более 0,3 м/с (для залов с преимущественно сухим режимом);
  - не более 0,5 м/с (для залов с влажным режимом).

Сравнение требований:

1. Температура воздуха:
  - СанПиН устанавливает более широкий диапазон +15...+25 °С для залов без трибун, в то время как СП 60.13330 разделяет залы на сухой и влажный режимы.

– Для залов с трибунами СанПиН предусматривает более низкие температуры +12...+20 °С.

2. Относительная влажность воздуха:
  - Оба нормативных документа предъявляют одинаковые требования – 30...60 %.

3. Скорость движения воздуха:
  - Требования по скорости движения воздуха полностью совпадают в обоих документах.

Можно сделать вывод, что нормативные требования к параметрам микроклимата в спортивных залах, представленные в СанПиН 2.1.2.1002-00 и СП 60.13330.2016, в целом согласуются друг с другом, за исключением некоторых различий в диапазонах температуры воздуха. Оба документа направлены на обеспечение комфортных и безопасных условий для занимающихся спортом.

На основе проведенного анализа и сравнения нормативных требований СанПиН 2.1.2.1002-00 и СП 60.13330.2016, можно сформулировать следующие оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата для спортивных залов:

1. Температура воздуха:
  - Оптимальная: +18...+22 °С.
  - Допустимая:
    - для залов без трибун: +15...+25 °С;
    - для залов с трибунами: +12...+20 °С.
2. Относительная влажность воздуха:
  - Оптимальная: 40...50 %.
  - Допустимая: 30...60 %.
3. Скорость движения воздуха:
  - Оптимальная:
    - для залов с преимущественно сухим режимом: не более 0,2 м/с;
    - для залов с влажным режимом: не более 0,3 м/с.
  - Допустимая:
    - для залов без трибун: не более 0,3 м/с;
    - для залов с трибунами: не более 0,5 м/с.
4. Другие параметры:
  - кратность воздухообмена: не менее 80 м<sup>3</sup>/ч на одного занимающегося;
  - концентрация СО<sub>2</sub>: не более 1 000 ppm;
  - уровень шума: не более 50 дБА.

Следует отметить, что оптимальные значения параметров обеспечивают максимально комфортные условия для занимающихся спортом, в то время как допустимые значения являются границами, при которых условия считаются приемлемыми.

При проектировании и эксплуатации систем микроклимата в спортивных залах необходимо стремиться к достижению оптимальных параметров, учитывая особенности конкретного объекта и вида спорта.

Ранее авторы работы [8] изучили влияние перегрева и переохлаждения человека, учитывая его тепловые ощущения, среднюю температуру кожи и потери влаги организмом, как в состоянии относительного покоя, так и при выполнении легкой работы в помещениях. Сочетание рассмотренных в работе [8] сложностей и необходимости учета влияния солнечной радиации приводит к пониманию важности поиска дополнительных факторов, которые могут качественно изменить картину теплообменных процессов, протекающих в помещении.

Основываясь на отечественном и зарубежном опыте использования средств и методов для обеспечения требуемого микроклимата в спортивных залах, можно выделить следующие особенности:

1. Особенности систем вентиляции и кондиционирования воздуха:
    - Необходимость обеспечения высоких кратностей воздухообмена (не менее  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного занимающегося) [9].
    - Размещение воздухораспределителей с учетом конфигурации зала и движений спортсменов [10].
    - Применение специальных рассредоточенных воздухораспределителей для равномерного распределения воздуха [11].
    - Использование систем с переменным расходом воздуха для экономии энергии [12, 13].
  2. Особенности систем отопления:
    - Применение лучистых или воздушных систем отопления для равномерного прогрева зала [14].
    - Размещение отопительных приборов с учетом планировки и функционального зонирования [15].
    - Расчет мощности отопительных систем с учетом больших тепловыделений спортсменов [16, 17].
    - Использование систем с местным управлением для оперативной настройки микроклимата [18].
  3. Особенности систем увлажнения/осушения воздуха:
    - Необходимость поддержания оптимальной влажности воздуха с учетом высокой влажности, выделяемой спортсменами [9].
    - Использование адсорбционных осушителей, парогенераторов и системы распыления воды [19].
    - Размещение увлажнителей/осушителей с учетом конфигурации зала и движений спортсменов [20].
    - Интеграция систем увлажнения/осушения с системами вентиляции и кондиционирования [21, 22].
- Авторами данной работы был выполнен анализ эффективности существующих решений для обеспечения микроклимата в спортивных залах:
1. Сравнение энергопотребления различных систем:
    - Системы вентиляции с переменным расходом воздуха демонстрируют на 20...30 % меньшее энергопотребление по сравнению с традиционными системами [12].
    - Применение тепловых насосов и рекуперации тепла позволяет снизить энергопотребление систем отопления на 30...50 % [14].
    - Использование адсорбционных осушителей воздуха более энергоэффективно, чем традиционные паровые увлажнители [19].
  2. Сравнение эксплуатационных расходов:
    - Системы с интегрированным управлением вентиляцией, отоплением и увлажнением демонстрируют сокращение эксплуатационных расходов до 40 % [22].
    - Применение современных энергоэффективных технологий (LED-освещение, частотные преобразователи, датчики присутствия) позволяет снизить эксплуатационные расходы на 20...30 % [18].
    - Использование солнечных коллекторов или тепловых насосов для подогрева приточного воздуха и воды способствует экономии эксплуатационных расходов [20].
  3. Сравнение надежности различных систем:
    - Модульные системы вентиляции и кондиционирования с резервированием оборудования обеспечивают более высокую надежность [15].
    - Внедрение систем автоматизированного управления и мониторинга состояния оборудования повышают надежность эксплуатации [9].
    - Применение современных износостойких материалов и качественного оборудования увеличивает срок службы инженерных систем [1].

Анализ недостатков и ограничений существующих подходов к обеспечению микроклимата в спортивных залах демонстрирует следующее:

1. Недостаточная энергоэффективность:

– Многие традиционные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВИК) характеризуются высоким энергопотреблением, особенно в периоды пиковых нагрузок.

– Использование устаревших технологий и оборудования с низким КПД снижает энергоэффективность систем ОВИК.

– Недостаточное применение энергосберегающих решений, таких как рекуперация тепла, использование возобновляемых источников энергии, интегрированное управление системами.

2. Высокие эксплуатационные расходы:

– Высокие затраты на энергию, техническое обслуживание и ремонт систем ОВИК ведут к значительным эксплуатационным расходам.

– Отсутствие или неэффективная система автоматизированного управления и мониторинга состояния оборудования снижает энергоэффективность и надежность эксплуатации.

– Недостаточная оптимизация режимов работы инженерных систем под фактические нагрузки увеличивает энергопотребление.

3. Недостаточная надежность:

– Использование морально и физически устаревшего оборудования снижает надежность работы систем ОВИК.

– Отсутствие резервирования ключевых узлов и агрегатов повышает риск отказов и нарушения микроклимата.

– Недостаточное техническое обслуживание, несвоевременный ремонт, низкая квалификация персонала также ведут к снижению надежности.

4. Несоответствие современным требованиям:

– Многие существующие спортивные залы были построены по устаревшим нормам, не учитывающим современные требования к микроклимату, энергоэффективности, доступности.

– Отсутствие комплексного подхода к проектированию, строительству и эксплуатации инженерных систем приводит к несогласованности решений.

– Недостаточная интеграция различных систем (ОВИК, освещение, управление) снижает эффективность работы комплекса.

Основываясь на анализе основных параметров формирования воздушных приточных струй в работе [23] авторы данной статьи предлагают при эксплуатации приточных вентиляционных систем использовать эффект настипания воздушных струй на вогнутую поверхности спортзалов, размещаемых в бескаркасных ангарах.

Для данного метода можно выделить такие достоинства как:

1. Равномерное распределение воздушного потока:

– Вогнутая поверхность арочной кровли способствует равномерному распределению воздушного потока, создаваемого системой воздухораспределения.

– Данный метод позволяет обеспечить однородность микроклимата в различных зонах спортивного зала, избегая локальных перегревов или переохлаждений.

2. Повышение энергоэффективности:

– Настипание воздушных струй на вогнутую поверхность кровли создает эффект Коанда, при котором воздух плотно прилегает к криволинейной поверхности.

– Это способствует снижению турбулентности потока и уменьшению аэродинамических потерь, что повышает энергоэффективность системы воздухораспределения.

3. Улучшение аэродинамических характеристик:

– Криволинейная форма кровли и ее взаимодействие с воздушными струями позволяют оптимизировать аэродинамические характеристики, снижая сопротивление потоку.

– Это способствует более экономичной работе систем вентиляции и кондиционирования, уменьшая энергозатраты.

4. Универсальность применения:

– Технология настипания воздушных струй на вогнутую поверхность кровли может применяться не только в спортивных залах, но и в других типах зданий с большепролетными помещениями, требующими равномерного воздухораспределения.

– Повышается универсальность данного подхода и расширяет область его применения.

Таким образом, использование эффекта настипания воздушных струй на вогнутую поверхность арочной кровли бескаркасного ангара позволяет повысить энергоэффективность, обеспечить равномерный микроклимат, улучшить аэродинамические характеристики.

## ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ нормативных требований к микроклимату в спортивных залах:
  - СанПиН 2.1.2.1002-00 и СП 60.13330.2016 устанавливают оптимальные и допустимые параметры температуры, влажности и скорости движения воздуха.
  - Оптимальные значения: температура +18...+22 °С, влажность 40...50 %, скорость воздуха до 0,2...0,3 м/с.
  - Допустимые значения: температура +12...+25 °С, влажность 30...60 %, скорость воздуха до 0,3...0,5 м/с.
2. Определены особенности систем обеспечения микроклимата в спортивных залах:
  - Высокие кратности воздухообмена, специальное воздухораспределение, использование систем с переменным расходом.
  - Применение лучистых или воздушных систем отопления с учетом тепловыделений спортсменов.
  - Использование адсорбционных осушителей, парогенераторов и систем распыления воды для поддержания оптимальной влажности.
3. Выполнен анализ эффективности существующих решений:
  - Системы с переменным расходом, тепловыми насосами и рекуперацией снижают энергопотребление на 20...50 %.
  - Интегрированные системы управления и применение энергоэффективных технологий сокращают эксплуатационные расходы на 20...40 %.
  - Модульные системы с резервированием, автоматизацией и современными материалами повышают надежность.
4. Выявленные недостатки и ограничения существующих подходов:
  - Низкая энергоэффективность традиционных систем, высокие эксплуатационные расходы.
  - Недостаточная надежность из-за использования устаревшего оборудования и недостаточного обслуживания.
  - Несоответствие многих спортивных залов современным требованиям к микроклимату, энергоэффективности и интеграции систем.
5. Предложено решение:
  - Использование эффекта настиления воздушных струй на вогнутую поверхность арочной кровли бескаркасного ангара.
  - Данный подход обеспечивает равномерное распределение воздуха, повышение энергоэффективности и улучшение аэродинамических характеристик.
  - Технология универсальна и может применяться в различных типах зданий с большепролетными пространствами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям : издание официальное : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации – Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г. Г. Онищенко 15.12.2000 г. : введен впервые : дата введения 2001-07-01 / разработаны Департаментом госсанэпиднадзора Минздрава России; Федеральным Центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России; НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН [и др.]. – Москва : [б. и.], 2000. – 134 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха = Heating, ventilation and air conditioning : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 968/пр. : актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 : дата введения 2017-06-17 / разработан ООО «СанТехПроект»; ОАО «СантехНИИпроект»; ООО ППФ «АК» [и др.]. – Москва : Росстандарт, 2016. – 73 с. – Текст : непосредственный.
3. Басок, Б. И. Энергоэффективные системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха спортивных сооружений / Б. И. Басок, Е. Т. Базеев, А. В. Недбайло. – Текст : непосредственный // Промышленная теплотехника. – 2017. – Том 39, № 6. – С. 67–73.
4. Коробко, В. И. Управление микроклиматом спортивных сооружений / В. И. Коробко, А. В. Коробко, И. В. Коробко. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2014. – № 7. – С. 149–158.
5. Савельев, В. А. Особенности расчета систем вентиляции и кондиционирования воздуха спортивных сооружений / В. А. Савельев, В. В. Харченко. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 5. – С. 79–86.
6. Матюнин, В. М. Обеспечение микроклимата в помещениях спортивных сооружений / В. М. Матюнин, В. А. Романов. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 3. – С. 91–97.

7. Александров, А. А. Энергосберегающие технологии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха спортивных объектов / А. А. Александров, В. Ф. Спиридонов, А. Е. Федотов. – Текст : непосредственный // Энергосбережение. – 2007. – № 5. – С. 54–57.
8. Кляус, Б. В. Влияние изменений параметров микроклимата рабочей зоны помещений на организм человека / Б. В. Кляус, Д. В. Выборнов, А. В. Плужник. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Выпуск 2018-5(133) Инженерные системы и техногенная безопасность. – С. 26–31. – URL: [https://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2018/2018-5\(133\)/st\\_04\\_klyaus\\_vybornov\\_pluzhnik.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/2018-5(133)/st_04_klyaus_vybornov_pluzhnik.pdf) (дата обращения: 01.09.2024). – EDN: ROIMTQ.
9. Handbook – HVAC Applications / American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. – Текст : электронный. // ASHRAE : [сайт]. – 2019. – URL: <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook> (дата обращения: 02.09.2024).
10. Пехтерев, А. С. Системы вентиляции спортивных залов / А. С. Пехтерев, А. А. Васильев. – Текст : непосредственный // АВОК. – 2015. – № 1. – С. 14–19.
11. ГОСТ Р 70725-2023. Модульные физкультурно-оздоровительные комплексы. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 апреля 2023 г. № 232-ст : введен впервые : дата введения 2023-09-01 / разработан Ассоциацией Саморегулируемой организацией «Отраслевое объединение национальных производителей в сфере физической культуры и спорта "Промспорт"» (СРО «Промспорт»). – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 13 с. – Текст : непосредственный.
12. Seppanen, O. Energy use in air conditioning in European countries / O. Seppanen. – Текст : непосредственный // RENVA Journal. – 2012. – Volume 49, No. 3. – P. 28–31.
13. Табунщикова, Ю. А. Средства автоматизации и управления систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Ю. А. Табунщикова, Н. В. Шилкина. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2012. – 488 с. – Текст : непосредственный.
14. Жила, В. А. Теплогазоснабжение и вентиляция / В. А. Жила. – Москва : Инфра-М, 2017. – 480 с. – Текст : непосредственный.
15. Парфенов, А. В. Микроклимат в спортивных сооружениях / А. В. Парфенов, А. Ю. Тимофеев. – Москва : Физкультура и спорт, 1984. – 112 с. – Текст : непосредственный.
16. Сканави, А. Н. Отопление / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. – Москва : АСВ, 2002. – 576 с. – Текст : непосредственный.
17. Zmeureanu, R. Heating requirements for indoor sports facilities / R. Zmeureanu, P. Fazio. – Текст : непосредственный // Building and Environment. – 1988. – Volume 23, No. 3. – P. 191–204.
18. Piecyk, R. Optimal air distribution system in sports halls / R. Piecyk, M. Fedorczak-Cisak. – Текст : непосредственный // E3S Web of Conferences. – 2019. – Volume 100. – P. 00055.
19. Wargocki, P. The effects of ventilation in homes on health / P. Wargocki. – Текст : непосредственный // International Journal of Ventilation. – 2013. – Volume 12, No. 2. – P. 101–118.
20. Dovjak, M. Creation of Healthy and Comfortable Building and Living Environments / M. Dovjak, A. Kukec. – [S. l.] : Springer, 2019. – 358 p. – ISBN 978-3030194147. – Текст : непосредственный.
21. Рыжков, С. В. Спортивные сооружения: вопросы проектирования и эксплуатации / С. В. Рыжков, Е. Н. Нестеров. – Москва : МГСУ, 2009. – 272 с. – Текст : непосредственный.
22. Табунщикова, Ю. А. Энергоэффективные системы вентиляции и кондиционирования воздуха / Ю. А. Табунщикова, Н. В. Шилкина. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2011. – 400 с. – Текст : непосредственный.
23. Выборнов, Д. В. Анализ основных параметров формирования воздушных приточных струй / Д. В. Выборнов, Б. В. Кляус, А. В. Плужник. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2024-5(145). – С. 68–78. – URL: [https://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2020/2020-5\(145\)/st\\_11\\_vybornov\\_klyaus\\_pluzhnik.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/2020-5(145)/st_11_vybornov_klyaus_pluzhnik.pdf) (дата обращения: 06.11.2024). – ISSN 2519-2817.

### Информация об авторе

**Максимова Наталья Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Кляус Богдан Валентинович** – старший преподаватель кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Олексюк Анатолий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения.

### **Information about the author**

**Maximova Natalia A.** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: energy and resource conservation in heating, ventilation, and air conditioning systems.

**Klyaus Bogdan V.** – Senior Lecturer, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: energy and resource conservation in heating, ventilation, and air conditioning systems.

**Oleksiuk Anatoly A.** – D. Sc. (Eng.), Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: energy conservation in heat supply systems.

*Статья поступила в редакцию 20.09.2024; одобрена после рецензирования 18.10.2024; принята к публикации 25.10.2024.*

*The article was submitted 20.09.2024; approved after reviewing 18.10.2024; accepted for publication 25.10.2024.*