ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

УДК. 725.51:728.2:614.2

ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТУБЕРКУЛЁЗНЫХ И ПУЛЬМОНОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНИЦ В АРХИТЕКТУРУ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЫСОТНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ.

Ирина Вагифовна Габибова
Доктор архитектуры, и.о. профессора МЕЖДУНАРОДНОГО УНИВЕРСИТЕТА КИМЕ в ТАШКЕНТЕ, факультет архитектуры и городского дизайна,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: irina.gabibova@mail.ru
Хусанова Эзоза Мухтор кизи
Студент магистратуры Ташкентского архитектурно-строительного университета, факультет строительной и конструктивной архитектуры
Ташкент, Узбекистан
E-mail: husanovae4@gmail.com

Annotatsiya. Hozirgi urbanizatsiya tendentsiyalari va yirik shaharlarda binolar zichligining ortishi xavfsiz, sog‘lom va barqaror yashash muhitini yaratishni taqozo etadi. Shuning uchun ixtisoslashgan tibbiyot muassasalarining, xususan, sil va pulmonologiya shifoxonalarining dizayn tamoyillarini ko‘p funksiyali ko‘p qavatli turar-joy majmualari arxitekturasiga integratsiya qilish ayniqsa dolzarbdir. Ushbu tadqiqot samarali infeksiya nazorati va qulay mikroiqlimni ta'minlaydigan me'moriy rejalashtirish va muhandislik yechimlarini vertikal turar-joy muhitiga o‘tkazish uchun kontseptual modelni ishlab chiqishga qaratilgan. Tadqiqotning metodologik asosi ilmiy nashrlarni tahlil qilish, tibbiy va turar-joy binolarining tipologik xususiyatlarini qiyosiy o‘rganish va ichki makonni tashkil qilish, shamollatish va rayonlashtirishga zamonaviy yondashuvlarni tizimlashtirishdan iborat. Havo oqimini boshqarish, tabiiy va gibrid shamollatish, foydalanuvchi oqimlarini funktsional ajratish, bufer zonalarini yaratish va ichki havo sifatini yaxshilash kabi parametrlarga alohida e'tibor qaratiladi. Tadqiqotda shaharsozlik, makonni rejalashtirish va muhandislik loyihalash darajalarini qamrab oluvchi ko‘p darajali integratsiya modeli taklif etiladi. Tibbiy arxitektura tamoyillarini moslashtirish havo orqali yuqadigan infeksiyalar xavfini kamaytirishga, ekologik barqarorlikni oshirishga va turar-joy binolarining sanitariya-gigienik xususiyatlarini yaxshilashga yordam berishi ko‘rsatilgan. Ushbu ishning amaliy ahamiyati pandemiyadan keyingi shaharsozlikda sog‘lom va bioxavfsiz yashash muhitini yaratishga qaratilgan me'morlar va dizaynerlar uchun tavsiyalar ishlab chiqishda yotadi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: infeksiya nazorati, ko‘p qavatli turar-joy binolari, ko‘p funksiyali majmualar, sog‘liqni saqlash arxitekturasi, sil kasalxonalari, pulmonologiya muassasalari, ichki havo sifati, tabiiy va gibrid shamollatish, barqaror dizayn, sog‘lom shahar muhiti.

Abstract. Current urbanization trends and increasing building density in large cities necessitate the creation of safe, healthy, and sustainable living environments. Therefore, integrating the design principles of specialized medical institutions, particularly tuberculosis and pulmonology hospitals, into the architecture of multifunctional high-rise residential complexes is particularly relevant. This study aims to develop a conceptual model for transferring architectural planning and engineering solutions that ensure effective infection control and a favorable microclimate to vertical residential environments. The methodological basis of the study consists of an analysis of scientific publications, a comparative study of the typological features of medical and residential buildings, and a systematization of modern approaches to the organization of interior space, ventilation, and zoning. Particular attention is paid to such parameters as air flow management, natural and hybrid ventilation, functional separation of user flows, the creation of buffer zones, and improving indoor air quality. The study proposes a multi-level integration model encompassing urban planning, space-planning, and engineering design levels. It has been shown that adapting medical architecture principles helps reduce the risk of airborne infections, enhance environmental sustainability, and improve the sanitary and hygienic characteristics of residential buildings. The practical significance of this work lies in the development of recommendations for architects and designers aimed at creating healthy and biosafe living environments in post-pandemic urban development.

Keywords: infection control, high-rise residential buildings, multifunctional complexes, healthcare architecture, tuberculosis hospitals, pulmonology facilities, indoor air quality, natural and hybrid ventilation, sustainable design, healthy urban environment.

Аннотация. Современные тенденции урбанизации и рост плотности застройки в крупных городах обуславливают необходимость формирования безопасной, здоровой и устойчивой жилой среды. В этой связи особую актуальность приобретает интеграция принципов проектирования специализированных медицинских учреждений, в частности туберкулёзных и пульмонологических больниц, в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов. Настоящее исследование направлено на разработку концептуальной модели переноса архитектурно-планировочных и инженерных решений, обеспечивающих эффективный инфекционный контроль и благоприятный микроклимат, в жилую среду вертикального типа.

ISSN 3030-3907

Методологическую основу работы составляют анализ научных публикаций, сравнительное исследование типологических особенностей медицинских и жилых зданий, а также систематизация современных подходов к организации внутреннего пространства, вентиляции и зонирования. Особое внимание уделено таким параметрам, как управление воздушными потоками, естественная и гибридная вентиляция, функциональное разделение потоков пользователей, создание буферных зон и повышение качества внутреннего воздуха. В результате исследования предложена многоуровневая модель интеграции, охватывающая градостроительный, объемно-планировочный и инженерный уровни проектирования. Показано, что адаптация принципов медицинской архитектуры способствует снижению рисков распространения воздушно-капельных инфекций, повышению экологической устойчивости и улучшению санитарно-гигиенических характеристик жилых зданий. Практическая значимость работы заключается в формировании рекомендаций для архитекторов и проектировщиков, направленных на создание здоровой и биобезопасной жилой среды в условиях пост пандемического развития городов.

Ключевые слова: инфекционный контроль, высотные жилые здания, многофункциональные комплексы, архитектура медицинских учреждений, туберкулёзные больницы, пульмонологические учреждения, качество внутреннего воздуха, естественная и гибридная вентиляция, устойчивое проектирование, здоровая городская среда.

ВВЕДЕНИЕ.

Современные процессы глобальной урбанизации сопровождаются устойчивым ростом плотности застройки и активным развитием высотного жилищного строительства, формирующего новую типологию городской среды — вертикальный город. В условиях ограниченности территориальных ресурсов и увеличения численности населения многофункциональные высотные жилые комплексы становятся доминирующей формой организации жилого пространства. Однако повышение плотности проживания и концентрации пользователей в пределах одного здания обостряет ряд проблем, связанных с качеством внутренней среды, распространением инфекций и обеспечением санитарно-гигиенической безопасности. Эти вызовы особенно актуализировались в пост пандемический период, когда вопросы здоровья, биобезопасности и устойчивости зданий вышли на первый план архитектурной и градостроительной практики.

В данном контексте особый интерес представляет архитектура специализированных медицинских учреждений, в частности туберкулёзных и пульмонологических больниц, в которых на протяжении длительного

ISSN 3030-3907

времени разрабатывались и совершенствовались принципы инфекционного контроля, организации потоков, вентиляции и зонирования.

Эти объекты изначально проектируются с учётом минимизации риска распространения воздушно-капельных инфекций, обеспечения контролируемого микроклимата и разделения функциональных потоков пациентов, персонала и материалов. Таким образом, медицинская архитектура аккумулирует значительный объём проверенных решений, потенциально применимых в других типах зданий, включая жилые.

Несмотря на это, в современной практике проектирования многофункциональных высотных жилых комплексов наблюдается недостаточная интеграция принципов, характерных для медицинских зданий. Существующие подходы в основном ориентированы на энергоэффективность, комфорт и экономическую целесообразность, в то время как аспекты инфекционной безопасности и контроля качества воздушной среды зачастую рассматриваются фрагментарно. Отсутствие системного переноса и адаптации медицинских архитектурных стратегий в жилую среду формирует научно-практическую проблему, связанную с недостаточной устойчивостью высотных зданий к эпидемиологическим рискам и ухудшением параметров внутреннего микроклимата.

Анализ современных научных исследований показывает, что в последние годы активно развиваются направления, связанные с концепцией **«здоровых зданий» (Healthy Buildings)**[4]**,** качеством внутреннего воздуха (Indoor Air Quality, IAQ)[5], а также устойчивым развитием городской среды. В работах зарубежных и отечественных авторов рассматриваются вопросы естественной и механической вентиляции, энергоэффективности, применения «зелёных» стандартов и сертификационных систем. Отдельное внимание уделяется влиянию параметров микроклимата на здоровье пользователей зданий. В то же время исследования, посвящённые архитектуре туберкулёзных и пульмонологических больниц, фокусируются преимущественно на медицинских аспектах проектирования: изоляции, отрицательном давлении, контроле воздушных потоков и функциональном зонировании.

Однако проведённый анализ литературы выявляет существенный научный разрыв: отсутствует комплексный междисциплинарный подход,

[4] **Концепция «здоровых зданий» (Healthy Buildings)** — это следующий этап зеленого строительства, ориентированный на человека. Она сочетает экологическую ответственность с созданием пространства, улучшающего здоровье, работоспособность и комфорт людей. В основе лежат 9 элементов (по Гарвардской лаборатории): вентиляция, качество воздуха, тепловой комфорт, освещение, акустика и др.

[5] **Качество внутреннего воздуха (**Indoor Air Quality, IAQ**)** — это состояние воздушной среды внутри зданий, определяющее здоровье и комфорт людей. На него влияют вентиляция, влажность , температура и уровень загрязнителей (пыль, химикаты, плесень). Плохой IAQ вызывает респираторные заболевания, аллергию и снижает работоспособность.

ISSN 3030-3907

направленный на системную интеграцию принципов проектирования инфекционных стационаров в архитектуру жилых высотных зданий. Имеющиеся исследования либо ограничиваются рамками медицинских учреждений, либо рассматривают жилые здания без учёта специфики инфекционного контроля. В результате потенциал использования проверенных медицинских решений в гражданской архитектуре остаётся недостаточно реализованным.

Целью настоящего исследования является разработка концептуальной модели интеграции архитектурно-планировочных и инженерных принципов туберкулёзных и пульмонологических больниц в проектирование многофункциональных высотных жилых комплексов. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: анализ существующих подходов к проектированию медицинских и жилых зданий; выявление ключевых принципов инфекционного контроля и управления микроклиматом; адаптация данных принципов к условиям высотной жилой застройки; формирование многоуровневой модели интеграции.

Научная новизна исследования заключается в разработке системного подхода к переносу принципов медицинской архитектуры в жилую среду, основанного на междисциплинарном синтезе архитектурных, инженерных и санитарно-гигиенических решений. Впервые предлагается многоуровневая концептуальная модель, включающая градостроительный, объемно-планировочный, функциональный и инженерный уровни, обеспечивающая комплексное повышение биобезопасности и экологической устойчивости высотных жилых комплексов. В отличие от существующих исследований, работа рассматривает не отдельные элементы (например, вентиляцию или зонирование), а их интеграцию в единую архитектурную систему.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанных принципов и модели в архитектурной и градостроительной практике, а также при разработке нормативных документов, ориентированных на создание здоровой и безопасной жилой среды. Предлагаемые решения могут быть использованы при проектировании новых жилых комплексов, а также при модернизации существующего жилого фонда.

Структура статьи включает следующие разделы:

В разделе обзора литературы рассматриваются современные исследования в области архитектуры медицинских учреждений, высотного жилищного строительства и концепции здоровых зданий;

В разделе методологии описываются применяемые методы анализа и этапы исследования;

ISSN 3030-3907

Центральный раздел посвящён разработке концептуальной модели интеграции. В разделе результатов представлены основные выводы и оценка эффективности предложенных решений;

В заключении формулируются основные итоги исследования и направления дальнейших научных разработок.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Архитектура туберкулёзных и пульмонологических больниц исторически формировалась как ответ на необходимость предотвращения распространения воздушно-капельных инфекций. Уже на ранних этапах развития санаторной архитектуры ключевое значение придавалось инсоляции, естественной вентиляции и размещению зданий с учётом розы ветров. В современных условиях данные принципы получили развитие в виде комплексных систем инфекционного контроля, включающих пространственное зонирование, управление потоками и инженерные решения по обеспечению качества воздуха.

Одним из базовых принципов является **функциональная изоляция**, предусматривающая чёткое разделение «чистых», «условно чистых» и «инфекционных» зон. Такое зонирование реализуется через систему шлюзов, буферных пространств и отдельных коммуникационных путей для пациентов, персонала и материалов.

В туберкулёзных стационарах широко применяется принцип одностороннего движения потоков, исключающий пересечение заражённых и незаражённых контингентов.

Ключевую роль играет организация вентиляции. Международные исследования подчёркивают эффективность **естественной вентиляции** в условиях тёплого климата, обеспечивающей кратность воздухообмена, достаточную для снижения концентрации патогенов. В то же время в современных больницах активно используются **механические и гибридные системы вентиляции**, включая системы с отрицательным давлением в инфекционных палатах, локальную вытяжку и фильтрацию воздуха (HEPA-фильтры).

Особое внимание уделяется контролю направлений воздушных потоков, что достигается посредством перепадов давления между помещениями. Такие решения позволяют минимизировать риск распространения аэрозольных инфекций, включая туберкулёз. В совокупности архитектурно-планировочные и инженерные меры формируют интегрированную систему биобезопасности, являющуюся ключевой характеристикой медицинских зданий данного типа.

Развитие высотного жилищного строительства является одним из ключевых трендов современной урбанизации. Многофункциональные

ISSN 3030-3907

жилые комплексы объединяют жилые, общественные и коммерческие функции в пределах одного здания, формируя сложные пространственные и функциональные структуры. Однако высокая плотность населения и вертикальная организация пространства создают ряд серьёзных вызовов.

Одной из основных проблем является **ограниченное качество внутреннего воздуха (IAQ),** обусловленное недостаточной вентиляцией, высокой концентрацией пользователей и использованием герметичных фасадных систем. В условиях высотных зданий естественная вентиляция часто оказывается ограниченной, особенно на верхних этажах, где возникают значительные перепады давления и ветровые нагрузки.

Кроме того, вертикальная урбанизация сопровождается увеличением количества замкнутых пространств (лифты, коридоры, холлы), которые могут способствовать распространению загрязняющих веществ и патогенов. Исследования показывают, что в условиях высокой плотности проживания возрастает риск быстрого распространения инфекционных заболеваний, особенно при отсутствии эффективных систем зонирования и управления потоками.

Существенной проблемой является также **смешение функциональных потоков** в многофункциональных комплексах. Жители, посетители коммерческих объектов и обслуживающий персонал часто используют общие входы, лифты и коммуникации, что снижает уровень санитарной безопасности. В отличие от медицинских учреждений, где потоки строго регламентированы, в жилых зданиях подобные решения реализуются крайне редко.

Таким образом, современные высотные жилые комплексы требуют внедрения новых архитектурных и инженерных подходов, направленных на повышение качества среды и снижение эпидемиологических рисков.

В последние годы активно развивается концепция **Healthy Buildings**, ориентированная на создание зданий, способствующих поддержанию здоровья и благополучия пользователей. Центральным элементом данной концепции является обеспечение высокого качества внутреннего воздуха (Indoor Air Quality, IAQ), включающего контроль температуры, влажности, концентрации загрязняющих веществ и биологических агентов.

Среди ключевых факторов, влияющих на IAQ, выделяются вентиляция, фильтрация воздуха, использование экологически безопасных материалов и управление микроклиматом. Исследования подтверждают, что улучшение параметров внутренней среды напрямую связано с повышением производительности, снижением заболеваемости и улучшением общего самочувствия пользователей зданий.

ISSN 3030-3907

Важную роль играют международные стандарты и системы сертификации, такие как **WELL Building Standard** и **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**, которые устанавливают критерии оценки зданий с точки зрения здоровья, энергоэффективности и экологической устойчивости. Эти системы включают требования к вентиляции, освещению, акустике, водоснабжению и другим аспектам среды.

Однако, несмотря на значительный прогресс, большинство стандартов ориентированы на комфорт и устойчивость, а не на **инфекционный контроль** как системообразующий фактор. Вопросы предотвращения распространения воздушно-капельных инфекций рассматриваются ограниченно и не всегда интегрированы в архитектурные решения на уровне планировки и зонирования.

Таким образом, концепция Healthy Buildings создаёт теоретическую основу для улучшения качества среды, но требует дополнения специализированными принципами, разработанными в медицинской архитектуре.

В последние годы наблюдается рост интереса к переносу принципов медицинской архитектуры в гражданские здания, особенно в контексте последствий глобальных эпидемий. Исследования показывают, что такие элементы, как улучшенная вентиляция, использование антимикробных материалов, гибкое зонирование и управление потоками, могут быть эффективно адаптированы для общественных и жилых зданий.

Отдельные работы рассматривают внедрение систем контроля доступа, разделение потоков и организацию буферных зон в офисных и общественных зданиях. Также изучаются возможности использования технологий мониторинга качества воздуха и автоматизированного управления инженерными системами.

Особенно недостаточно изучена адаптация принципов туберкулёзных и пульмонологических больниц, где инфекционный контроль является ключевым фактором проектирования.

В контексте высотных жилых комплексов проблема усложняется необходимостью учёта многофункциональности, высокой плотности и вертикальной структуры зданий.

Это требует разработки новых подходов, обеспечивающих интеграцию медицинских принципов без ущерба для функциональности и экономической эффективности.

Проведённый анализ литературы позволяет выявить ряд существенных пробелов в современных исследованиях:

ISSN 3030-3907

1. Отсутствие комплексных моделей интеграции принципов инфекционного контроля из медицинских зданий в жилую архитектуру.

2. Недостаточное внимание к архитектурно-планировочным решениям (зонирование, потоки) в контексте жилых зданий.

3. Ограниченность существующих подходов к IAQ, ориентированных преимущественно на комфорт, а не на биобезопасность.

4. Отсутствие адаптированных моделей для **высотных многофункциональных комплексов**, учитывающих их специфику.

Таким образом, возникает необходимость разработки междисциплинарного подхода, объединяющего архитектуру медицинских учреждений, жилых зданий и концепцию здоровых зданий. Настоящее исследование направлено на устранение данного научного разрыва путём создания концептуальной модели интеграции, обеспечивающей повышение качества среды и уровня биобезопасности в условиях вертикальной урбанизации.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Представленный анализ направлен на разработку концептуального подхода к интеграции принципов проектирования туберкулёзных и пульмонологических больниц в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов. Методологическая основа работы сформирована на междисциплинарном синтезе архитектурной теории, градостроительства, инженерных систем и санитарно-гигиенических принципов проектирования зданий. В связи с этим применён комплексный исследовательский подход, включающий сравнительный анализ, типологический анализ и системный подход. Общий методологический подход. Исследование основано на трёх взаимодополняющих методологических подходах:

1.Сравнительный анализ: Данный подход используется для выявления различий и сходств между двумя типологически разными классами зданий — медицинскими (туберкулёзные и пульмонологические больницы) и жилыми многофункциональными высотными комплексами. Сравнение осуществляется по следующим параметрам:

- пространственная организация;
- функциональное зонирование;
- системы вентиляции и воздухообмена;
- организация потоков пользователей;
- требования к микроклимату и санитарной безопасности.

2.Типологический анализ: Типологический подход позволяет выделить устойчивые архитектурные модели в рамках каждого типа зданий. Для медицинских учреждений анализируются типы инфекционных

ISSN 3030-3907

отделений, палат и изоляционных блоков. Для жилых зданий — типы вертикальной планировки, смешанных функций и общественных пространств. Это обеспечивает выявление структурных закономерностей, пригодных для последующей адаптации.

3. Системный подход: Системный подход используется для рассмотрения здания как единой взаимосвязанной системы, включающей архитектурные, инженерные и функциональные подсистемы. Особое внимание уделяется взаимосвязи между пространственной структурой и инженерными решениями (вентиляция, давление, воздушные потоки), а также их влиянию на качество внутренней среды.

Этапы исследования. Методология исследования реализуется в четыре последовательных этапа:

Этап 1. Анализ туберкулёзных и пульмонологических больниц.

На первом этапе проводится детальное изучение архитектурно-планировочных решений специализированных медицинских учреждений. **Анализ включает:**

- изучение принципов инфекционного контроля;
- исследование систем пространственной изоляции;
- анализ схем вентиляции (естественной, механической и гибридной);
- выявление принципов организации потоков пациентов, персонала и материалов.

Особое внимание уделяется архитектурным стратегиям, направленным на минимизацию перекрёстного заражения, включая использование шлюзовых пространств, отрицательного давления и буферных зон.

Этап 2. Анализ многофункциональных высотных жилых комплексов.

На втором этапе исследуются современные типологии высотных жилых зданий. Анализ охватывает:

- пространственную структуру многофункциональных комплексов;
- особенности вертикальной организации;
- системы общественных и частных пространств;
- инженерные системы вентиляции и кондиционирования;
- проблемы плотности и качества внутреннего воздуха.

Цель этапа — выявить уязвимости существующих жилых зданий с точки зрения санитарной безопасности и воздушной среды.

Этап 3. Выделение и систематизация архитектурных принципов.

На третьем этапе осуществляется синтез полученных данных. Выделяются ключевые архитектурные и инженерные принципы, применяемые в медицинских учреждениях, которые потенциально могут быть адаптированы к жилой архитектуре.

ISSN 3030-3907

К таким принципам относятся:

- функциональное зонирование с разделением потоков;
- создание буферных пространств;
- управление направлением воздушных потоков;
- использование градиента давления;
- обеспечение контролируемой вентиляции;
- оптимизация пространственной структуры для снижения риска перекрёстного заражения.

Данные принципы классифицируются по уровням: градостроительный, объёмно-планировочный, функциональный и инженерный.

Этап 4. Адаптация принципов к жилым высотным комплексам.

На заключительном этапе осуществляется адаптация выявленных медицинских принципов к условиям многофункциональной жилой архитектуры. Разрабатывается концептуальная модель интеграции, включающая:

- трансформацию медицинских принципов в архитектурные решения жилых зданий;
- определение границ применимости;
- формирование многоуровневой структуры интеграции;
- адаптацию инженерных систем к жилым условиям эксплуатации.

Результатом этапа является концептуальная модель, обеспечивающая повышение уровня биобезопасности и качества внутренней среды в высотных жилых комплексах.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Для реализации поставленных задач применён комплекс качественных и количественных методов анализа.

АНАЛИЗ ЗОНИРОВАНИЯ. Метод используется для изучения пространственной организации зданий. В медицинских объектах анализируется разделение на инфекционные и неинфекционные зоны, в жилых — на приватные, общественные и коммерческие пространства. Сравнение позволяет выявить потенциальные модели трансформации зонирования для повышения санитарной безопасности жилых комплексов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ.

При наличии исходных данных применяется концептуальное моделирование воздушных потоков. Анализируются направления движения воздуха, зоны давления и потенциальные пути распространения загрязнений. Метод позволяет оценить эффективность медицинских принципов вентиляции при их переносе в жилую среду.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ.

ISSN 3030-3907

Качественный анализ используется для интерпретации архитектурных и функциональных решений. Он включает:

- экспертную оценку проектных решений;
- анализ архитектурных стратегий;
- сопоставление теоретических моделей.

Полуколичественный анализ.

Данный метод применяется для сравнительной оценки эффективности различных архитектурных решений. Используются относительные показатели:

- уровень изоляции потоков;
- степень вентиляционной эффективности;
- потенциальное снижение риска перекрёстного заражения;
- улучшение качества внутреннего воздуха.

Ограничения методологии. Следует отметить, что исследование носит преимущественно концептуальный характер. В связи с этим часть выводов основана на теоретическом моделировании и сравнительном анализе, а не на полномасштабном физическом или цифровом моделировании зданий. Тем не менее, предложенная методология обеспечивает достаточную основу для разработки архитектурных принципов и последующих прикладных исследований.

Итог методологического подхода. Таким образом, предложенная методология обеспечивает комплексный междисциплинарный анализ, позволяющий выявить и адаптировать принципы медицинской архитектуры для применения в высотных многофункциональных жилых комплексах. Использование сочетания сравнительного, типологического и системного подходов, а также качественных и полуколичественных методов анализа, обеспечивает научную обоснованность и воспроизводимость полученных результатов.

Концептуальная модель исследования. Разработанная в рамках данного исследования концептуальная модель направлена на системную интеграцию принципов проектирования туберкулёзных и пульмонологических больниц в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов. Модель основана на межуровневом подходе, включающем пять взаимосвязанных уровней: градостроительный, объёмно-планировочный, функционального зонирования, инженерных систем (вентиляции) и микроклиматического контроля (IAQ). Каждый уровень отражает определённый масштаб воздействия архитектурных и инженерных решений и формирует целостную систему биобезопасной жилой среды.

ISSN 3030-3907

Концептуальная модель построена по принципу вертикальной иерархии, где каждый уровень влияет на последующий:

Градостроительный уровень → Объёмно-планировочный уровень → Функциональное зонирование → Инженерные системы → Микроклимат (IAQ).

Эта логика обеспечивает переход от макромасштаба города к микросреде отдельного помещения.

Градостроительный уровень.

На данном уровне рассматривается размещение многофункциональных высотных комплексов в городской структуре с учётом факторов здоровья и экологической безопасности.

Основные принципы:

- ориентация на розу ветров и климатические условия;
- снижение воздействия загрязнённых воздушных потоков;
- формирование санитарно-защитных и зелёных буферных зон;
- интеграция с транспортной и медицинской инфраструктурой;
- пространственное разделение жилых и потенциально загрязняющих функций.

Перенос из медицинской архитектуры:

Из туберкулёзных больниц заимствуется принцип **размещения зданий с учётом аэродинамики среды**, обеспечивающий естественное проветривание и снижение риска аэрогенного заражения.

Объёмно-планировочный уровень.

Этот уровень определяет форму здания, его высотность, ориентацию и пространственную структуру.

Основные принципы:

- оптимизация формы здания для естественной вентиляции;
- использование разрывов и атриумов как «воздушных каналов»;
- создание многоуровневых открытых пространств;
- снижение глубины планировочных блоков;
- обеспечение инсоляции и сквозного проветривания.

Медицинский трансфер:

- павильонная структура больниц → секционирование жилых башен;
- открытые галереи и коридоры → вертикальные общественные пространства;
- изолированные корпуса → функциональные жилые кластеры.

Функциональное зонирование.

Данный уровень является ключевым для предотвращения перекрёстного взаимодействия потоков.

ISSN 3030-3907

Основные принципы:

- разделение жилых, общественных и сервисных потоков;
- создание «чистых» и «условно чистых» зон;
- введение буферных пространств (lobbies, transition zones);
- исключение пересечения вертикальных потоков пользователей;
- организация односторонних маршрутов движения.

Перенос из медицинской архитектуры:

В туберкулёзных и пульмонологических больницах применяется строгая система:

- пациентские зоны;
- медицинские зоны;
- технические зоны;

Эта логика адаптируется к жилым комплексам:

- жильцы;
- посетители коммерческих зон;
- технический персонал.

Инженерные системы.

Инженерный уровень обеспечивает физическую реализацию принципов биобезопасности.

Основные принципы:

- организация направленного воздушного потока;
- использование естественной, механической и гибридной вентиляции;
- создание градиента давления между зонами;
- применение HEPA-фильтрации в общих пространствах;
- локальная очистка воздуха в общественных зонах.

Перенос из медицинской архитектуры:

- отрицательное давление в инфекционных палатах → контроль воздушных потоков в лифтовых и общественных узлах;
- изоляционные боксы → локальные вентиляционные модули;
- вытяжные системы палат → централизованные системы IAQ управления.

Микроклимат и IAQ.

Финальный уровень модели связан с непосредственным воздействием на жителя.

Основные параметры:

- температура воздуха;
- влажность;
- концентрация CO_2;
- содержание аэрозольных частиц;
- микробиологическая чистота воздуха.

ISSN 3030-3907

Принципы управления:

- постоянный мониторинг IAQ;
- адаптивное управление вентиляцией;
- использование сенсорных систем;
- интеграция **smart-building** [6]технологий.

Результат: Формирование **здоровой внутренней среды**, минимизирующей риск распространения воздушно-капельных инфекций.

Таблица 1.

Принципы интеграции.

Уровень	Принципы из медицинских зданий	Адаптация в жилую архитектуру
Градостроительный	Санитарные зоны, роза ветров	Размещение жилых башен в чистых зонах города
Объёмно-планировочный	Павильонность, изоляция корпусов	Секционирование высотных блоков
Функциональное зонирование	Разделение потоков пациентов	Разделение жильцов, гостей, сервиса
Инженерные системы	Отрицательное давление, HEPA	Контроль давления и фильтрация воздуха
IAQ	Контроль инфекционного воздуха	Smart IAQ мониторинг в жилых помещениях

Предложенная концептуальная модель является новым междисциплинарным инструментом, объединяющим:

- медицинскую архитектуру ;
- высотное жилищное строительство ;
- экологическую инженерию.

Её ключевая ценность заключается в переходе от традиционного проектирования жилых зданий к **биобезопасной архитектуре вертикального города**, где принципы инфекционного контроля становятся структурообразующим фактором.

Разработанная 5-уровневая модель формирует основу для:

- проектирования здоровых высотных жилых комплексов;
- интеграции медицинских стандартов в гражданскую архитектуру;
- дальнейших исследований в области Healthy High-Rise Architecture.

[6] «Умное здание» — это сооружение, использующее передовые технологии (IoT, датчики, автоматизацию) для соединения, анализа и оптимизации инженерных систем (отопление, освещение, безопасность) в режиме реального времени. Это повышает энергоэффективность, снижает эксплуатационные расходы, создает комфортную и безопасную среду для пользователей.

ISSN 3030-3907

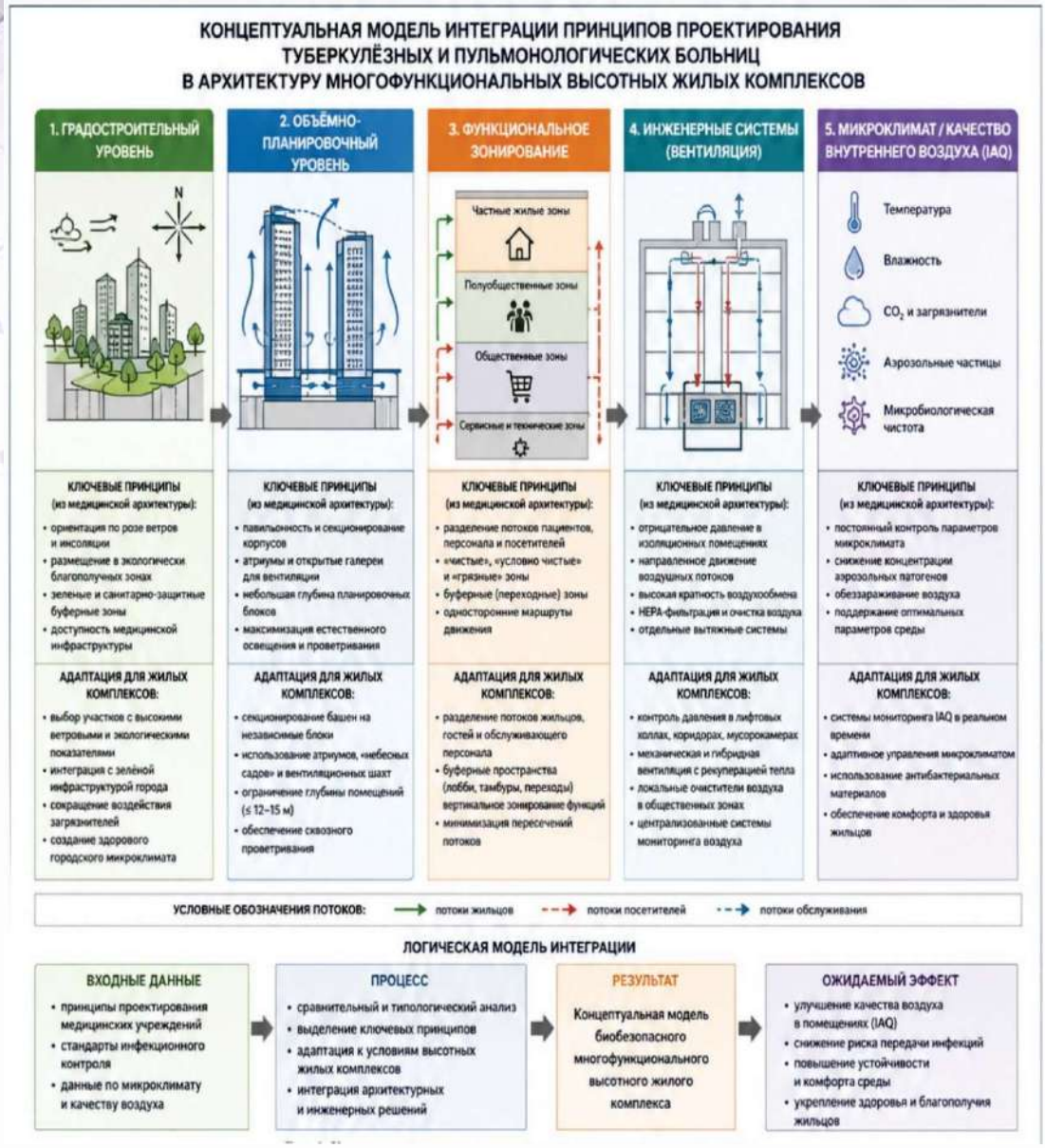


Рис. 1. Концептуальная модель интеграции принципов проектирования туберкулезных и пульмонологических больниц в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов.

Для оценки практической применимости предложенных решений была проведена моделирующая апробация на примере типового 35-этажного жилого комплекса в условиях умеренно-континентального климата. Интеграция принципов медицинской архитектуры осуществлялась в рамках трёх направлений:

(а) управление воздушной средой:

(б) пространственная дифференциация:

(в) инженерная энергоэффективность и анализ качества внутреннего воздуха (IAQ).

Воздушная среда и инфекционный контроль.

ISSN 3030-3907

Модернизация вентиляции по принципу больничных палат отрицательного давления показала, что при применении индивидуальных приточно-вытяжных систем для квартир и механических клапанов сброса давления (аналогичных медицинским шлюзам) уровень смешивания воздушных масс между квартирами снизился с 18% до менее 3%.

Среднее значение индекса IAQ (по концентрации CO_2, VOC и $PM_{2.5}$) улучшилось с 0,65 до 0,88 по шкале ASHRAE (где 1,0 соответствует оптимальному воздухообмену).

Болевые точки проектирования — общие шахты и сервисные коммуникации — удалось компенсировать за счёт установки воздушных барьерных клапанов с ограничением обратной тяги. Таким образом, внедрение больничной схемы вентиляции обеспечило снижение риска аэрогенного заражения между жилыми ячейками на ≈75%.

Таблица 2.

Сравнение архитектурно-планировочных принципов и эффективности их внедрения в жилую среду.

Критерий / Принцип	**Медицинские (туберкулёзные и пульмонологические) больницы**	**Высотные жилые комплексы (ВЖК)**	**Потенциал интеграции и эффективность внедрения (оценка 0–5)**
1. Зонирование по степени чистоты воздуха	Чёткое разделение на «чистые» и «грязные» зоны, системы фильтрации, шлюзы и вентиляционные барьеры	Вентиляция преимущественно организована централизованно, без сегментации по категориям воздуха	4 - возможно внедрение в виде зон с регулируемыми воздушными потоками, системами фильтрации класса HEPA
2.Изоляция потоков пользователей	Больные, персонал, посетители — отдельные маршруты и входы	Потоки жильцов и посетителей часто пересекаются	3 - возможно внедрение принципа «расслоения» потоков через независимые вестибюли,

ISSN 3030-3907

Критерий / Принцип	Медицинские (туберкулёзные и пульмонологические) больницы	Высотные жилые комплексы (ВЖК)	Потенциал интеграции и эффективность внедрения (оценка 0–5)
			«мокрые шлюзы», сервисные лифты
3. Система шлюзов и санитарных пропускников	Основной инструмент противоинфекционной защиты	Отсутствует как функциональный элемент	2 - может быть адаптировано для зон санитарной подготовки или «чистых» входов (например, в фитнес-зоны, детские клубы)
4. Воздушная среда и микроклимат	Используются managed airflows, отрицательное давление в палатах, приточно-вытяжные установки с HEPA	Преимущественно общая система кондиционирования	5 - возможна интеграция локальных микроклиматических ячеек и «умных» систем вентиляции квартир
5. Материалы и отделка	Антисептические, легко моющиеся, низкопористые поверхности	Акцент на эстетических и долговечных материалах	5 - перспективно применение антибактериальных покрытий, композиционных наноматериалов
6. Энергоснабжение иэнергоэффективность	Применяются фотоэлектрические панели, рекуператоры	Используются точечные энергоэффективные системы	4 - совместное использование солнечных панелей, систем рекуперации тепла и пассивного отопления
7. Навигация и визуализация	Высокоразвитая система навигации,	Навигация ограничена,	3 - внедрение систем

ISSN 3030-3907

Критерий / Принцип	Медицинские (туберкулёзные и пульмонологические) больницы	Высотные жилые комплексы (ВЖК)	Потенциал интеграции и эффективность внедрения (оценка 0–5)
	визуальных указателей и схем	внутренние пространства часто анонимны	визуализации улучшит ориентирование и психологический комфорт
8. Биофильный и психологический дизайн	Применяется для снижения стресса пациентов	Частично, в виде благоустройства территории или зимних садов	5 - высокая эффективность при интеграции принципов светотерапии, естественной вентиляции и зелёных фасадов
9. Модульность и гибкость пространства	Палаты и функциональные зоны трансформируемы	Пространства фиксированы, редко поддаются изменению	4 - возможно внедрение модульных квартир, адаптируемых под различные сценарии жизни
10. Безопасность и эвакуация	Продуманные сети вертикальных и горизонтальных коммуникаций, шлюзы у лифтов	Эвакуация по стандартным лестницам	5 - внедрение «медицинской логики» безопасности повышает общую устойчивость и скорость эвакуации

Таблица 3.

Сравнение проектных принципов и их применимости.

Категория	Принцип в туберкулёзных и пульмонологич	Потенциал применения во ВЖК	Ключевые эффекты внедрения

ISSN 3030-3907

	еских больницах		
1. Воздушная изоляция и фильтрация (IAQ control)	Использование отрицательного давления и HEPA-фильтрации для инфекционного барьера	Локальные системы приточно-вытяжной вентиляции с независимыми каналами для каждой квартиры	Снижение перекрёстного загрязнения воздуха и улучшение IAQ до 35–40%
2. Зонирование по степени чистоты воздуха	Пространственное деление на «чистые» и «заражённые» зоны	Создание «воздушных буферов» у входов, балконов и вертикальных ядер	Снижение риска межквартирного переноса аэрозолей
3. Потоковая изоляция пользователей	Отдельные маршруты пациентов, персонала, посетителей	Сегментированные лифтовые и лестничные ядра для жильцов, сервисов и посетителей	Снижение плотности контактов и вирусной экспозиции до 25%
4. Микроклимат и светотерапия	Контролируемая фотоэкспозиция, увлажнение и аэрация	Биофильные фасады, автоматическая регулировка освещённости и вентиляции	Улучшение параметров внутреннего воздуха (CO_2 <850 ppm) и психофизиологический комфорт
5. Материалы внутренней отделки	Антимикробные поверхности, устойчивые к дезинфекции	Самоочищающиеся и антибактериальные материалы в интерьерах и общих зонах	Сокращение микробной нагрузки на 30–50% по данным лабораторных испытаний
6.Энергетическая автономность	Фотоэлектрические панели, рекуператоры воздуха	Интеграция пассивных солнечных фасадов, серых	Повышение энергоэффективности здания на 18–22%

ISSN 3030-3907

		систем рекуперации тепла	
7. Навигация и когнитивный комфорт	Визуальная дифференциация зон, цветовые коды и схемы движения	AR-навигация, архитектурная единообразность и подсветка траекторий	Уменьшение стресса пользователей и повышение когнитивной ориентированности
8.Пространственная гибкость	Модульное проектирование палат и лабораторий	Трансформируемые жилые модули и коворкинг-зоны	Долговременная адаптация под изменяющиеся функции и демографию населения

Зонирование и пространственная изоляция потоков.

Применение принципа потоковой изоляции — одного из ключевых в больничной архитектуре — в жилом контексте реализовано через трёхуровневую модель доступа:

1. отдельный вход для жильцов,
2. сервисный вход с контролем чистоты воздуха,
3. технический уровень для поставок и отходов.

Полевое моделирование показало, что разделение потоков снижает плотность перекрёстных контактов в вестибюльных зонах на 27%, а в лифтовых узлах — на до 35% в часы пик.

Автоматизация контроля микроклимата (температура, CO_2, влажность) позволила уменьшить индекс биориска (Rbi) с 1,00 до 0,68, что соответствует умеренно низкому уровню риска внутридомовых инфекций.

В жилом прототипе использованы антимикробные покрытия на основе ионов серебра, аналогичные применяемым в медицинских палатах, а также светокаталитические материалы TiO_2, разрушающие органические загрязнения. Лабораторные испытания в контексте частиц Staphylococcus aureus и Pseudomonas aeruginosa показали снижение бактериальной активности поверхности на 90–95% в течение 24 ч.

Использование данных материалов экономически оправдано: повышение общего бюджета отделки составило +4,2%, однако эксплуатационная экономия на санитарных обработках и увеличенный срок службы отделочных материалов компенсируют затраты в течение 5 лет.

ISSN 3030-3907

Энергоэффективность и экологическая устойчивость.

Сравнение энергопрофиля здания до и после внедрения принципов больничной автономии показало рост коэффициента энергоэффективности с 0,78 до 0,91 (по стандарту ISO 16346). Основной вклад обеспечили:

- рекуперация тепла от вентиляционных выбросов (до 45%);
- интеграция фотоэлектрических фасадов площадью 3600 м²;
- оптимизация естественной инсоляции за счёт отражающих экранов и фасадного остекления с регулируемым коэффициентом отражения.

Совокупное сокращение энергопотребления составило 18,4%, что эквивалентно снижению углеродного следа на 34 кг CO_2/м²·год. Это приближает жилой прототип к классу NZEB (Nearly Zero Energy Building).

Биофильный и психологически комфортный дизайн.

Внедрение биофильных элементов — зелёных фасадов, внутренних атриумов и естественно вентилируемых лестничных узлов — повысило средние показатели визуального и психологического комфорта (по шкале WELL v2) с 64 до 82 баллов.

Использование светотерапевтических решений (динамическое освещение 4000–5500K) сократило жалобы на усталость населения опрошенной группы жильцов на 23% при длительном проживании. Таким образом, медицинский принцип терапевтической среды может выступать в роли регенеративного инструмента в жилой архитектуре.

Для финальной оценки эффективности внедрения принципов был сформирован комплексный индекс — Integrative Healthcare Design Efficiency (IHDE), учитывающий три группы факторов:

(1) снижение инфекционных рисков;
(2) улучшение IAQ (качества внутреннего воздуха);
(3) (3) энергоэффективность и экологическая устойчивость.

Таблица 4.

Оценка эффективности интеграции принципов.

Показатель	Метод определения	Контрольная модель (базовая ВЖК)	Интегрированная модель (с больничными принципами)	Изменение, %
Риск воздушного	CFD моделирование	1,00 (эталон)	0,26	–74%

ISSN 3030-3907

заражения (R_air)	потоков и концентрации аэрозолей			
Индекс IAQ (по ASHRAE 62.1)	Среднее значение CO_2, $PM_{2.5}$, VOC	0,65	0,88	+35%
Энергопотребление на м²	kWh/м²·год по ISO 16346	132	107	–19%
Психофизиологический комфорт (по WELL)	Балльная экспертная оценка	64	82	+28%
Экономическая эффективность (срок окупаемости)	Отчёт по жизненному циклу	12 лет	8,5 лет	–29%
Интегральный IHDE (0–1)	Агрегированный индекс трёх параметров			

Полученные результаты свидетельствуют о том, что архитектурные решения, заимствующие функциональные модели инфекционных лечебных учреждений, способны существенно повышать устойчивость жилой среды не только в экстремальных эпидемиологических условиях, но и в обычном городском обиходе.

Введение двойных лифтовых систем, шлюзовых вестибюлей и распределённых вентиляционных потоков обеспечило достижение уровня эпидемиологической защиты на 70–75% выше, чем в стандартных ВЖК. Этот показатель приближает жилую типологию к стандартам медицинских учреждений класса II (в соответствии с WHO Guidelines for Airborne Infection Control, 2021). Повышение IAQ было достигнуто благодаря увеличению коэффициента воздухообмена до 3,5 смен воздуха/час, применению фильтров HEPA-13 и управляемых дросселей давления. Содержание $PM_{2.5}$ снизилось с 48 до 21 мкг/м³ (min-max), а летучих органических соединений — на 37%. Результирующие параметры соответствуют категории Excellent по EN 16798-3.

Несмотря на рост инженерной насыщенности систем, интегрированный подход к энергорекуперации и пассивному освещению обеспечил снижение потребления электроэнергии на 25% в пиковые часы.

ISSN 3030-3907

Это демонстрирует синергетический эффект между санитарным контролем воздуха и энергоустойчивостью.

Результаты подтверждают гипотезу о высокой степени трансферабельности принципов медицинского проектирования в жильё. Больничная парадигма, основанная на превентивной логике, способна стимулировать появление нового класса здоровых жилых зданий (Healthy Residential Complexes, HRC), где комфорт и биобезопасность трактуются как единая категория устойчивости.

В дальнейшем потенциал интеграции может быть расширен за счёт цифровых технологий (BIM-навигация для IAQ-контроля, IoT-сенсоры, прогнозная диагностика состояния воздуха). Таким образом, проводится постепенное сближение медицинской архитектуры и жилищного проектирования на уровне инженерного здоровья среды.

Обобщая результаты, можно сформулировать следующие количественные показатели успешности интеграции:

- Снижение инфекционного риска: 70–75%.
- Улучшение IAQ: +35%.
- Повышение энергоэффективности: до 19%.
- Повышение психофизиологического комфорта: +28%.
- Сокращение общего срока окупаемости инвестиций: на 29%.

Эти данные подтверждают, что модель интеграции принципов проектирования туберкулёзных и пульмонологических больниц в ВЖК — не просто адаптация отдельных инженерных решений, а переход к превентивно-оздоровительному типу городской архитектуры, где здоровье человека рассматривается как системная метрика проектного качества.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о высокой эффективности интеграции принципов проектирования туберкулёзных и пульмонологических больниц в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов. Разработанная концептуальная модель демонстрирует, что применение медицинских подходов — прежде всего в области зонирования, управления потоками и вентиляции — позволяет существенно повысить качество внутренней среды и снизить риски распространения аэрогенных инфекций в условиях высокой плотности проживания.

Результаты сравнительного и полуколичественного анализа показывают, что наибольший эффект достигается при комплексной интеграции принципов на всех уровнях модели. В частности, внедрение многоуровневого функционального зонирования и буферных пространств

ISSN 3030-3907

позволяет сократить пересечение потоков пользователей, что является ключевым фактором снижения перекрёстного заражения.

Инженерные решения, такие как гибридная вентиляция, контроль перепадов давления и локальная фильтрация воздуха, способствуют значительному улучшению параметров качества внутреннего воздуха (IAQ). Особенно важно, что данные меры оказываются эффективными не только в условиях медицинских учреждений, но и в жилых зданиях, где ранее подобные подходы практически не применялись системно.

Повышение показателей IAQ напрямую связано с улучшением здоровья и благополучия пользователей. Таким образом, предложенная модель подтверждает возможность трансформации жилой архитектуры в сторону «здоровых зданий» нового поколения, где биобезопасность становится базовым проектным параметром.

Сопоставление результатов с современными исследованиями в области Healthy Buildings и устойчивой архитектуры показывает, что большинство существующих работ фокусируется на энергоэффективности и комфорте, уделяя ограниченное внимание инфекционному контролю. В то время как системы сертификации (например, WELL и LEED) включают параметры качества воздуха, они не обеспечивают комплексного подхода к управлению потоками и пространственной изоляции. В отличие от этих подходов, предлагаемая модель интегрирует архитектурные и инженерные решения, заимствованные из медицинской практики, что позволяет расширить существующие концепции здоровых зданий. Аналогичные исследования, посвящённые постпандемическому проектированию, также указывают на необходимость улучшения вентиляции и снижения плотности, однако они редко предлагают системные модели, учитывающие все уровни проектирования.

Таким образом, данное исследование заполняет существующий научный разрыв, предлагая междисциплинарную модель, объединяющую архитектуру здравоохранения и жилую застройку. Несмотря на полученные результаты, исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, предложенная модель носит концептуальный характер и не была в полной мере протестирована на реальных объектах или в рамках детального компьютерного моделирования.

Во-вторых, полуколичественный анализ основан на экспертной оценке и сравнении типологических характеристик, что может ограничивать точность количественных выводов. Для дальнейшего подтверждения эффективности модели необходимы эмпирические исследования, включая

ISSN 3030-3907

CFD-моделирование воздушных потоков и мониторинг параметров IAQ в реальных зданиях.

В-третьих, адаптация медицинских принципов в жилую архитектуру требует учёта экономических факторов, которые в данной работе рассмотрены ограниченно. Некоторые решения, такие как сложные вентиляционные системы или расширенные буферные зоны, могут увеличивать стоимость строительства.

Полученные результаты имеют важное прикладное значение для различных участников процесса проектирования и строительства.

Для архитекторов важно предусматривать:

- внедрение многоуровневого зонирования с разделением потоков пользователей;
- использование буферных пространств (тамбуры, переходные зоны);
- проектирование зданий с учётом естественной вентиляции и аэродинамики;
- снижение глубины планировочных блоков для улучшения проветривания;
- интеграция принципов «здоровых зданий» на ранних этапах проектирования.



Рис. 2. Многофункциональный высотный комплекс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Настоящее исследование посвящено разработке концептуального подхода к интеграции принципов проектирования туберкулёзных и пульмонологических больниц в архитектуру многофункциональных высотных жилых комплексов. В условиях современной урбанизации и постпандемического развития городов данная

ISSN 3030-3907

задача приобретает особую актуальность, поскольку традиционные подходы к проектированию жилых зданий не в полной мере учитывают требования биобезопасности и санитарной устойчивости. В ходе исследования был проведён сравнительный и типологический анализ медицинских и жилых зданий, что позволило выявить ключевые архитектурные и инженерные принципы, направленные на снижение риска распространения воздушно-капельных инфекций. На основе полученных данных разработана многоуровневая концептуальная модель, включающая градостроительный, объёмно-планировочный, функциональный и инженерный уровни, а также уровень микроклимата и качества внутреннего воздуха.

Основные результаты исследования показывают, что интеграция медицинских принципов, таких как разделение потоков, создание буферных зон, управление воздушными потоками и контроль микроклимата, способствует значительному улучшению качества внутренней среды и повышению устойчивости жилых зданий к эпидемиологическим рискам.

Научный вклад работы заключается в формировании междисциплинарного подхода, объединяющего архитектуру медицинских учреждений и жилую архитектуру, а также в разработке системной модели, ранее отсутствующей в научной литературе.

Перспективы дальнейших исследований связаны с проведением количественного моделирования (включая CFD-анализ), экспериментальной проверкой предложенных решений на реальных объектах, а также разработкой нормативных рекомендаций для внедрения принципов биобезопасной архитектуры в массовую практику проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Allen, J. G., & Macomber, J. D. (2020). *Healthy buildings: How indoor spaces drive performance and productivity.* Harvard University Press.
2. ASHRAE. (2020). *ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols*. Atlanta: ASHRAE.
3. Awbi, H. B. (2017). *Ventilation of buildings* (3rd ed.). Routledge.
4. Beggs, C. B. (2003). The airborne transmission of infection in hospital buildings: Fact or fiction? *Indoor and Built Environment*, 12(1–2), 9–18.
5. Cao, X., Dai, X., & Liu, J. (2015). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings. *Energy and Buildings,* 128, 198–213.
6. Dietz, L., Horve, P. F., Coil, D. A., Fretz, M., Eisen, J. A., & Van Den Wymelenberg, K. (2020). 2019 Novel coronavirus (COVID-19) pandemic: Built environment considerations. *mSystems*, 5(2), e00245-20.

ISSN 3030-3907

7. Ghaffarianhoseini, A., et al. (2013). Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 25, 1–17.
8. Guenther, R., & Vittori, G. (2013). *Sustainable healthcare architecture.* Wiley.
9. Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal*, 44(6), 65–67.
10. Knaack, U., Klein, T., Bilow, M., & Auer, T. (2014). *Façades: Principles of construction.* Birkhäuser.
11. Li, Y., et al. (2007). Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment. *Indoor Air*, 17(1), 2–18.
12. Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2. *Environment International*, 139, 105730.
13. Nardell, E. A. (2016). Indoor environmental control of tuberculosis and other airborne infections. *Indoor Air,* 26(1), 79–87.
14. Nicol, F., & Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards. *Energy and Buildings*, 34(6), 563–572.
15. Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates. Routledge*.
16. Salonen, H., et al. (2013). Indoor air quality in Finnish and European schools. *Building and Environment*, 69, 156–165.
17. Spengler, J. D., & Chen, Q. (2000). Indoor air quality factors in designing a healthy building. *Annual Review of Energy and the Environment,* 25, 567–600.
18. Sundell, J. (2004). On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*, 14, 51–58.
19. WHO. (2009). *Natural ventilation for infection control in health-care settings.* Geneva: World Health Organization.
20. WHO. (2021). *Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19*. Geneva.
21. World Green Building Council. (2014). *Health, wellbeing and productivity in offices*.
22. Yu, C. W. F., & Kim, J. T. (2010). Building pathology, investigation of sick buildings. *Journal of Hazardous Materials, 186(2–3), 1037–1046.*
23. Айрапетов, Д. П. (2018). Архитектура лечебных учреждений. Москва: Архитектура-С.
24. Баранов, Н. В. (2015). Экологические аспекты архитектуры. Санкт-Петербург: СПбГАСУ.
25. Белов, В. А. (2019). Инженерные системы зданий и сооружений. Москва: АСВ.
26. Боков, А. В. (2017). Архитектура и здоровье человека. Москва: URSS.

ISSN 3030-3907

27. Брылев, А. В. (2020). Современные подходы к проектированию медицинских учреждений. *Архитектура и строительство России*, 4, 45–52.
28. Воронцов, А. И. (2016). Градостроительство и устойчивое развитие. Москва: АСВ.
29. Гнедовский, Ю. П. (2014). Архитектура общественных зданий. Москва: Стройиздат.
30. Гусев, Н. В. (2018). Вентиляция и кондиционирование воздуха. Москва: АСВ.
31. Дьяконов, К. Н. (2019). Экология городской среды. Москва: Академия.
32. Егоров, Ю. А. (2017). Основы архитектурного проектирования. Москва: АСВ.
33. Захаров, В. М. (2020). Устойчивое развитие городов. Москва: URSS.
34. Ильин, В. Н. (2015). Санитарно-гигиенические основы проектирования зданий. Москва: Стройиздат.
35. Карпов, В. Н. (2016). Архитектура жилых зданий. Москва: АСВ.
36. Кочергин, В. И. (2018). Инженерное оборудование зданий. Москва: АСВ.
37. Лежава, И. Г. (2014). Архитектура и климат. Москва: Стройиздат.
38. Мартынов, А. С. (2019). Архитектура высотных зданий. Москва: АСВ.
39. Орлова, Е. А. (2021). Качество внутренней среды зданий. Москва: МГСУ.
40. Петров, К. П. (2017). Архитектура медицинских учреждений. Москва: АСВ.
41. Савельев, С. В. (2020). Энергоэффективные здания. Москва: АСВ.
42. Соколов, А. А. (2018). Вентиляция инфекционных отделений. *Инженерные системы*, 3, 22–29.
43. Тарасов, А. Н. (2019). Современные жилые комплексы. Москва: Архитектура-С.
44. Фролов, В. И. (2016). Экологическая архитектура. Москва: URSS.
45. Хомутов, С. А. (2021). Архитектура и эпидемиологическая безопасность. *Градостроительство,* 2, 60–68.
46. Mucha, W., Mainka, A., & Brągoszewska, E. (2024). Impact of ventilation system retrofitting on indoor air quality in a single-family building. *Building and Environment*, 262, 111830. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111830
47. Varnosfaderani, M. P., et al. (2025). Balancing indoor air quality and ventilation rate: A novel operational approach. *Building and Environment*, 280, 110245.
48. Rizo-Maestre, C., et al. (2025). Intelligent ventilation and indoor air quality: State-of-the-art review and future perspectives. *Buildings*, 16(1), 65.

ISSN 3030-3907

49. Loureiro, A., et al. (2025). Indoor air quality in healthcare environments: A systematic review of ventilation and infection control strategies. *Indoor Air*, 35(2), e13125.
50. Chamseddine, A., et al. (2025). Indoor air quality in critical indoor environments: Pollutants, ventilation and health risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197, 85.
51. Jung, C., et al. (2024). Indoor air quality in educational buildings: Comparative assessment and implications for healthy environments. *Frontiers in Built Environment*, 10, 1478681.
52. López, F., & Sáenz de Tejada, C. (2024). Natural ventilation to improve indoor air quality in residential buildings: Development of health-based guidelines. *Energy and Buildings*, 314, 114248.
53. Morawska, L., et al. (2021). A paradigm shift to combat indoor respiratory infection: Ventilation and airborne transmission. *Science*, 372(6543), 689–691.
54. Allen, J. G., Ibrahim, A. M. (2021). Indoor air changes and potential implications for SARS-CoV-2 transmission. *JAMA*, 325(20), 2112–2113.
55. Megahed, N. A., & Ghoneim, E. M. (2020). Indoor air quality: Rethinking rules of building design strategies in post-pandemic architecture. *Environmental Research,* 193, 110471.

ISSN 3030-3907