

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ
И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В НАУКУ И ПРАКТИКУ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

В.И. Липко, О.Н. Широкова, А.С. Лапезо
Полоцкий государственный университет, Беларусь
email: kafedratgsv@mail.ru

Необходимость в преобразовании энергозатратной технологии и отопительно-вентиляционной техники в сфере жилищного строительства тесно связана с реструктуризацией инженерных систем со значительно меньшими затратами материальных средств и энергоресурсов за счёт более широкого использования вторичных и природных энергоисточников. Представлены основные направления научных исследований по экономии энергетических и сырьевых ресурсов в одном из наиболее энергозатратных секторов экономики – градостроительном, где энергоёмкость единицы национального продукта Республики Беларусь значительно превышает индустриально развитые страны мира.

Ключевые слова: энергосбережение, теплоснабжение, отопление, вентиляция, реструктуризация, модернизация, утилизация.

ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL IMPROVEMENT OF ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS IN THE SCIENCE AND PRACTICE OF URBAN PLANNING

V. Lipko, V. Shyrokava, A. Lapezo
Polotsk State University, Belarus
email: kafedratgsv@mail.ru

The need in transformation of energy-consumption technology and of heating and ventilation mechanism in the system of house building is closely connected to the restructuring of engineering systems at a much lower costs of material and energy resources to the increased use of secondary and natural resources. The article describes the main directions of scientific research on saving energy resources and ran materials in one of the most energy-consumption sectors of the economy-urban engineering, where energy intensity of the national product in the Republic of Belarus is must higher than in industrialized countries.

Keywords: energy saving, heat supply, heating, ventilation, restructuring, modernization, recycling.

Использование природных ресурсов в значительной степени зависит от уровня достижений науки, техники и передового опыта в области создания энергоресурсоэффективных конструктивно-технологических решений, направленных на снижение энергоресурсоёмкости единицы национального дохода. Отопительно-вентиляционная техника, теплотехническое оборудование из всех энергопотребляющих отраслей экономики занимают одно из первых мест, потребляя ежегодно свыше трети всех видов топливно-энергетических ресурсов, что является тяжелым бременем для всей экономики Республики Беларусь, не имеющей своей топливно-энергетической базы в полном объеме и расположенной в географической зоне с умеренно-холодным климатом.

Эксплуатация объектов жилищно-коммунального хозяйства связана с необходимостью обогрева зданий одновременно с непрерывной подачей свежего наружного воздуха в помещения с постоянным или длительным пребыванием людей для удовлетворения требований комфортного проживания или технологических процессов, например, сжигания топлива.

В общественные здания наружный воздух поступает в вентилируемые помещения неорганизованно сквозь толщу наружных ограждений за счет воздухопроницания и через неплотности оконных и дверных притворов под действием вытяжной вентиляции за счет инфильтрации. В многоэтажных зданиях конструктивно-планировочные решения с наличием внутри зданий лестнично-лифтовых объемов создают вынужденные условия аэрации, при которых нижняя часть объема здания находится под разрежением и работает в режиме инфильтрации, а верхняя часть объема здания из-за теплового гравитационного подпора работает в режиме эксфильтрации. Неорганизованная фильтрация холодного наружного воздуха способствует интенсивному сквозному продуванию здания: горизонтальному под действием ветрового напора и вертикальному за счет сил гравитации, что значительно переохлаждает здание и неизбежно приводит к безвозвратным потерям тепловой энергии и дискомфорту микроклимата жилых помещений.

Для нормализации микроклимата и энергоресурсосбережения при строительстве и эксплуатации жилых зданий на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Полоцкого государственного университета разработаны и запатентованы [1-3] рекуперативные воздухоприточные устройства для новой высокоэффективной безинфильтрационной технологии вентиляции зданий любой этажности, конфигурации, объема и конструктивного исполнения с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности, обеспечивающей нормируемый режим воздухообмена каждого вентилируемого помещения без специальных средств автоматики, комфортные условия проживания и энергоресурсосбережение.

В целях снижения материальных средств и энергоресурсов на тепловоздухоснабжение жилых чердачных зданий разработано несколько энергоресурсоэффективных конструктивно-технологических решений с использованием модернизированных технологических чердаков, навесных вентилируемых светопрозрачных фасадных систем и многоступенчатой утилизацией вторичных и природных энергоресурсов по патентам [4-11].

Модернизация технологического чердака, превращённого из объёмной вытяжной секционной камеры в приточную вентиляционную камеру, обеспечивает утилизацию трансмиссионной теплоты, теряемой зданием через потолок верхнего этажа круглосуточно на протяжении всего отопительного периода, а также используется теплота прямой и рассеянной солнечной радиации в дневное время отопительного периода дополнительно для нагрева наружного приточного вентиляционного воздуха, поступающего через объем технологического чердака, что суммарно позволяет экономить до 36 % теплотребления зданием от внешних теплоисточников за счет вторичных и природных энергоресурсов.

На уменьшение отопительной нагрузки здания в дневное время суток существенное влияние оказывает прямая и рассеянная солнечная радиация, которая воздействует на вертикальные ограждающие конструкции, закрытые навесными светопрозрачными вентилируемыми фасадными системами, и существенно поднимает температуру циркулирующего в щелевом канале наружного воздуха за счёт так называемого «парникового эффекта», суть которого заключается в следующем. Лучистая энергия видимой части солнечного спектра с длиной волн в диапазоне от 380 до 1500 нм легко проникает сквозь кристаллическую решётку обычного силикатного стекла и нагревает наружную поверхность наружного огражде-

ния, от которой отражается тепловой поток, но уже в виде инфракрасного излучения с длиной волны от 7,5 до 14 мкм, для которых оконное стекло становится экраном, а вся отражённая тепловая энергия аккумулируется наружным воздухом, циркулирующим внутри щелевого канала, поднимая его температуру на значительную величину.

Для обеспечения устойчивой тяги в вытяжных каналах в некоторых конструкциях предлагаемых к внедрению отопительно-вентиляционных устройств, работающих при естественной гравитационной циркуляции воздушных потоков, предусматривается установка в устье вытяжной шахты дефлекторов, дополнительно усиливающих естественную гравитационную составляющую тяги за счёт природной энергии ветра.

При малоэтажном строительстве жилых домов коттеджного типа в агрогородках, небольших населённых пунктах, спальных пригородных районах, численность которых постоянно возрастает, используют для автономного отопления индивидуальные котлы, так как из-за большого разброса абонентов по территории застройки централизованное теплоснабжение не всегда экономически обосновано.

Для энергоресурсоэффективного тепловоздухоснабжения малоэтажных зданий на кафедре разработано и запатентовано устройство приточной вентиляции здания, совмещённой с его обогревом [12]. Предлагаемая к внедрению авторская разработка основана на вторичном использовании теплоты бытовых теплопоступлений, трансмиссионной теплоты, теряемой зданием через наружные ограждающие конструкции, теплоты выбрасываемых высокотемпературных газов от отопительного котла, теплоты удаляемого вытяжного воздуха, а также природной теплоты солнечной радиации и энергии ветра.

За участие в Республиканской выставке и семинаре «Новые строительные технологии и материалы», проводимой под эгидой Минстройархитектуры Республики Беларусь, Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь и Белорусским институтом системного анализа информационного обеспечения научно-технической сферы эта работа отмечена Дипломом за лучшую инновационную разработку.

В жилищном строительстве и при эксплуатации зданий повышенной теплозащиты и герметичности ограждающих конструкций основную долю затрат на тепловоздухоснабжение составляют теплопотери через окна. При коэффициенте остекления в среднем для жилых зданий $k=0,35$ и нормативе по теплозащите $R \geq 1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ суммарные безвозвратные теплопотери через оконные конструкции зданий превышают трансмиссионные потери теплоты для других типов ограждений. В связи с актуальностью данной проблемы на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Полоцкого государственного университета проведены научные исследования по инновационной модернизации конструктивного исполнения оконных стеклопакетов с наделением их функций рекуперативного пластинчатого теплообменника с аэродинамическим режимом управляемой инфильтрации наружного приточного воздуха, утилизацией трансмиссионной теплоты, теряемой через поверхность остекления, и использованием природной теплоты прямой и рассеянной солнечной радиации для подогрева приточного вентиляционного воздуха. Новизна научной разработки подтверждена патентом № 947и Республики Беларусь, по результатам которого выполнено построение физической и математической моделей, разработаны основы теории аэродинамических и тепломассообменных процессов, произведён сравнительный анализ различных вариантов конструктивного исполнения вентилируемых оконных стеклопакетов, по которым рекомендованы оптимальные технические решения по их использованию. Благодаря санитарно-гигиеническим, теплотехническим, конструктивно-технологическим, экологическим и социально-

экономическим преимуществам вентилируемый оконный стеклопакет конструкции Полоцкого государственного университета предлагается для широкого использования в практике градостроительства [13].

По результатам участия в выполнении важнейшей тематики Республики Беларусь: ГНТП № 1.5.159 «Разработать и внедрить энергосберегающие материалы и технологии в строительстве и эксплуатации зданий и сооружений» по разделу «Модернизация и тепловая санация существующего жилого фонда» отдельным пунктом выполнялась тема по заданию Минстройархитектуры №2.02.04 «Разработать безинфильтрационную технологию вентиляции жилых зданий с наружными ограждениями повышенной герметичности». Полоцким государственным университетом подготовлена и издана 2-х томная монография «Вентиляция герметизированных зданий», которая была затребована многими научными, проектными, строительными и эксплуатирующими организациями Республики Беларусь и Российской Федерации [14].

По важнейшей Государственной научно-технической программе ГНТП 4.02.08 «Создать и внедрить новые материалы, энергосберегающие технологии и ресурсоэкономные конструктивные системы жилых домов, снижающие ресурсо- и энергопотребление при строительстве и эксплуатации жилья» Полоцкий государственный университет также принимал участие в разделе «Строительные материалы и технологии» по заданию Минстройархитектуры № 1.1.455 «Создать и внедрить эффективную беструбную систему отопления жилых зданий, снижающую ресурсо- и энергопотребление при ее строительстве и эксплуатации», по результатам которой подготовлена и издана двухтомная монография «Энергоресурсоэффективное тепловоздушоснабжение гражданских зданий», которая также активно востребована субъектами хозяйствования. Результаты выполненных исследований по важнейшей тематике доложены на Научно-техническом Совете Минстройархитектуры и положительно оценены [15].

В целях выполнения стратегического партнёрства в сфере энергосбережения и возобновляемых источников энергии между органами государственного управления, субъектами хозяйствования и учреждениями, занимающимися научной деятельностью, рекомендовать проектным, строительным и эксплуатирующим организациям более детально ознакомиться с научными разработками Полоцкого государственного университета по тематике энергоэффективного жилья и использования вторичных и природных энергоисточников, т.к. по данному направлению исследований только по кафедре теплогазоснабжения и вентиляции опубликовано 15 патентов, три двухтомных монографии и свыше 200 научных статей, т.е. создана достаточно обширная информативная база, что даёт основание предположить о более активном привлечении к использованию научных разработок кафедры в практику градостроительства.

На основании вышеизложенного по результатам выполненных патентных исследований, аналитических, натурных и экспериментальных изысканий и инженерных расчётов можно сделать следующие выводы [16-23]:

- в целях повышения энергоэффективности архитектурно-планировочных решений вновь возводимые здания для максимального природного их обогрева целесообразно ориентировать коротким торцевым фасадом на север, на который также вынести лестнично-лифтовый объём без его отопления, что даёт снижение энергопотребления от внешних энергоисточников до 20%.

- в целях нормализации микроклимата при естественной вентиляции зданий и повышения энергоэффективности целесообразно использовать рекуперативные воздухоприточные устройства с автоматизированным регулируемым режимом воздухообмена;

– предлагаемые к внедрению инновационно модернизированные технологические схемы жилых зданий повышенной теплозащиты и герметичности ограждающих конструкций с использованием навесных светопрозрачных вентилируемых фасадных систем, реконструированных технологических чердаков, функционирующих как объёмные приточные секционные вентиляционные камеры с установкой в них рекуперативных теплоутилизаторов обеспечивают снижение теплопотребления от внешних энергоисточников свыше 73,5% за счёт трёхступенчатой схемы рекуперации трансмиссионной теплоты, теряемой зданием через вертикальные и потолочные ограждающие конструкции, а также рекуперации теплоты вытяжного вентиляционного воздуха, при этом экономия материальных средств за отопительный период только для односекционного десятиэтажного жилого дома серии 90 составляет свыше 50 мл. рублей по данным Совета Министров РБ стоимости тепловой энергии на конец 2014 года;

– для энергоресурсоэффективного тепловоздухоснабжения малоэтажных зданий с индивидуальными отопительными котлами целесообразно использовать теплоту топочных газов от котлов для воздушного обогрева зданий, совмещённого с активной вентиляцией, обеспечивающих комфортное проживание с минимальным потреблением топливно-энергетических ресурсов;

– для зданий с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности из всех рассмотренных многочисленных технологических и конструктивных решений наилучшие технологические, аэродинамические, социально-экономические и санитарно-экологические характеристики имеют вентилируемые оконные стеклопакеты и стеклоблоки. Наличие жалюзи в них улучшают теплотехнические показатели, но значительно увеличивают аэродинамические сопротивления на инфильтрацию наружного воздуха через межстекольное пространство, что в условиях естественной вентиляции жилых зданий становится не приемлемым, а механическая вентиляция для жилых зданий не всегда экономически обоснована.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентиляционное приточное устройство : пат. № 4410А / В.И. Липко, В.А. Борванов ; дата публ.: 30.03.2002.
2. Рекуперативный приточный вентиляционный элемент : пат. № 4651А / В.И. Липко, В.А. Борванов ; дата публ.: 30.09.2002.
3. Воздухоприточные устройства : пат. № 4963А / В.И. Липко ; дата публ.: 30.03.2003.
4. Отопительно-вентиляционная система здания : пат. 1134u / В.И. Липко ; дата публ.: 30.12.2003.
5. Устройство приточной вентиляции здания : пат. 892u / В.И. Липко, А.Н. Бенд ; дата публ.: 30.06.2003.
6. Оголовок вытяжного вентиляционного блок а: пат. 5954А / В.И. Липко, В.А. Барвонов ; дата публ.: 30.03.2004.
7. Отопительно-вентиляционная система здания : пат. 9599u / В.И. Липко, В.А. Зафатаев, С.В. Липко ; дата публ.: 30.10.2013.
8. Рекуперативное устройство приточно-вытяжной вентиляции здания : пат. 8381u / В.И. Липко, С.В. Липко ; дата публ.: 30.06.2012.
9. Устройство приточно-вытяжной вентиляции здания : пат. 7952u / В.И. Липко, С.В. Липко ; дата публ.: 28.02.2012.
10. Технологический чердак здания : пат. 9618u / В.И. Липко, Е.С. Добросольцева, С.В. Липко, С.В. Ланкович ; дата публ.: 30.10.2013.
11. Устройство приточно-вытяжной вентиляции здания : заявка u20130985 / В.И. Липко, О.Н. Широкова ; дата публ.: 24.02.2014.

12. Устройство приточной вентиляции здания, совмещенной с его обогревом : пат. 8998u / В.И. Липко, С.В. Липко, Е.А. Самохвал. О.Н. Широкова ; дата публ.: 28.02.2013.
13. Приточный вентиляционный оконный блок : пат. 947u / В.И. Липко ; дата публ.: 30.09.2003.
14. Липко, В.И. Вентиляция герметизированных зданий : в 2 т. / В.И. Липко. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2000.
15. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение гражданских зданий : в 2 т. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2004.
16. Липко, В.И. Инновационная модернизация систем тепловоздухоснабжения чердачных зданий по критерию энергосбережения / В.И. Липко, С.В. Ланкович // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 2. – С. 52–55.
17. Липко, В.И. Инновационная модернизация отопительно-вентиляционных устройств для малоэтажных индивидуально отапливаемых зданий / В.И. Липко. О.Н. Широкова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1, №4. – С. 9–21.
18. Липко, В.И. Энергоресурсоэффективное тепловоздухоснабжение чердачных зданий / В.И. Липко, А.С. Лапезо, С.В. Ланкович // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1, №4. – С. 84–90.
19. Липко, В.И. Теория исследования работы рекуперативных приточных вентиляционных элементов в инновационной технологии поддержания микроклимата герметизированных зданий / В.И. Липко. Н.В. Кундро // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1. №4. – С. 230–238.
20. Липко, В.И. Утилизация трансмиссионной теплоты при инфильтрации приточного воздуха через вентилируемые оконные стеклопакеты / В.И. Липко, Е.С. Добросольцева. Е.К. Синюкович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2015. – С. 103–108.
21. Липко, В.И. Инновационная модернизация отопительно-вентиляционных устройств эжекторного типа для малоэтажных зданий / В.И. Липко, О.Н. Широкова. А.С. Лапезо // Архитектура, строительство, транспорт : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Сиб. гос. автомобильно-дорожная акад. – Омск : СибАДИ, 2015. – С. 337–341.
22. **Василевич, Н.А.** Резервы снижения материальных затрат и энергоресурсов в системах тепловоздухоснабжения зданий повышенной теплозащиты и герметичности ограждений / Н.А. Василевич, В.И. Липко, О.Н. Широкова // Материалы докладов 48 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета. В 2 т. / ВГТУ. – Витебск, 2015. – С. 68–70.
23. Липко, В.И. Энергоресурсосберегающие новационные технологии тепло-, газо-, воздухоснабжения жилых зданий и использование возобновляемых вторичных и природных энергоресурсов в градостроительстве / В.И. Липко, О.Н. Широкова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – С. 89–95.