

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ  
АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УКРАИНЫ  
КИЕВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ  
УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Нашим Учителям и коллегам посвящается*

Фиалко Н.М. Куликов П. М., Савенко В.И. Доценко С И.,  
Меранова Н.О., Терещук Н.А., Черных Л.Ф.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО  
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО  
ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЯ  
ПОМЕЩЕНИЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
И ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА**

**МОНОГРАФИЯ**

*Под общей редакцией  
Фиалко Н. М., Савенко В. И.*

*2-е издание, переработанное и дополненное*

Издательство  
«Центр учебной литературы»  
Киев – 2018

УДК 662.61:621  
Н 34

*Утверждено к печати  
Ученым советом Украинской академии наук  
(протокол № 2018-1 от 12/февраля 2018 г.)*

**Рецензенты:**

*Алекберов М. Б.*, доктор технических наук;

*Ващенко В. Н.*, доктор физико-математических наук;

*Черненко В. К.*, доктор технических наук.

**Н 34 Научно-технические основы энергоэффективного экологически чистого электроотопления помещений, энергосбережения и энергоменеджмента.**  
2-е изд. перераб.и дополн : [монография] / Под общей редакцией Фиалко Н. М., Савенко В. И. – Киев: Центр учебной литературы, 2018. – 472 с.

**ISBN 978-611-01-1136-2**

В этой книге помещены материалы многолетних исследований , экспериментов и достижений в области технической теплофизики, поднявших на качественно новый уровень строительную теплофизику и строительные технологии. Вопросы экологически чистого бесплопного отопления помещений – это только одна очень важная сторона вопроса. Не менее важным является сохранение тепла в помещении. И этот вопрос был исследован и решен вместе со строителями путем теоретического и экспериментального подходов. Была обоснована и внедрена в практику система наружного утепления фасадов зданий, как вентилируемого так и невентилируемого, с использованием различных конструкций и материалов. Родилась теория , существенно изменившая практику строительства. Эффект превзошел все ожидания. В результате она была высоко оценена в мире науки и техники и удостоена Государственной премии Украины в области науки и техники. Непросто все происходило. На практике все очень быстро подхватили и освоили новую , еще не узаконенную нормами технологию, а вот признание пришло несколькими годами позже. Людмила Федоровна не дождала до вручения награды, но о признании и о положительном решении Комитета по Госпремиям она все же успела узнать и ушла из жизни Лауреатом,с сознанием полезности своего огромного тяжелого труда, с сознанием достигнутой цели.

© Фиалко Н.М. Куликов П. М., Савенко В.И. Доценко С.И.,  
Меранова Н.О., Терешук Н.А., Черных Л.Ф., 2018.  
© Издательство «Центр учебной литературы», 2018.

*Здания должны быть хорошими соседями для  
человека.*

*Пол Тайри*

*Все, что мне нужно – это комната, где можно  
положить шляпу и несколько друзей.*

*Дороти Паркер*

*Наука не сводится к сумме фактов, как здание не  
сводится к гряде камней.*

*Анри Пуанкаре*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга посвящена исследованию теплофизических экологических и организационных аспектов применения систем электрического отопления и исследованию эффективных систем ограждающих конструкций жилых и гражданских зданий и сооружений. При этом большое внимание в книге уделяется теплоаккумуляционному напольному электроотоплению, которое относится к видам отопления, позволяющим обеспечивать, как нормативный, так и комфортный тепловой режим жилых и общественных зданий.

Работа интересна широким кругом затрагиваемых в ней проблем : энергоэффективность и энергменеджмент , экология и эргономика. При этом следует отметить глубокий аналитический обзор энергосберегающих видов отопления, комплекс расчетных и экспериментальных исследований температурных режимов помещений с напольным теплоаккумуляционным электроотоплением Теоретические разработки подкрепленные экспериментами и натурными исследованиями. Представляют особую ценность , так как проводить столь масштабные исследования в настоящее время не представляется возможным. В целом книгу можно рекомендовать для специалистов в области строительной теплофизики, теоретиков и праптиков, а также для студентов и аспирантов строительного и теплофизического профиля.

Президент Украинской академии наук  
Лауреат государственной премии Украины  
В области науки и техники  
Заслуженный изобретатель Украины

А.Ф. Онипко

## ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий является, одним из важнейших направлений энергосбережения в коммунальной теплоэнергетике. В последний период особое внимание к различным аспектам данной проблемы наблюдается в странах ЕС. Так, согласно основным требованиям новой европейской директивы по энергетическим характеристикам зданий, принятой в 2010 г., уже к 2020 г. энергетические характеристики всех новых зданий должны практически полностью соответствовать показателям так называемых «зданий с нулевым потреблением энергии». Причем, что касается общественных зданий, то для них это требование должно быть выполнено несколько раньше – к 2018 год.

Практическая реализация концепции строительства «зданий с нулевым потреблением энергии», как очевидно, требует чрезвычайно больших затрат и поэтому по мнению ряда исследователей в настоящее время не может рассматриваться в качестве доминирующего направления при планировании ближайшего энергетического будущего. Ввиду этого в данный период к числу важнейших задач может быть отнесено повышение энергетической эффективности зданий путем внедрения современных прогрессивных систем теплоснабжения. Одним из перспективных направлений решения такой задачи является широкое применение электроотопления, обладающего целым рядом известных достоинств, а также эффективные системы ограждающих конструкций помещений. При этом в зависимости от конкретных условий рациональным оказывается применение различных способов использования электроэнергии для отопления зданий. Так, например, в странах с развитой атомной и гидроэнергетикой эффективным является применение систем электроотопления соответственно аккумуляционного и прямого действия. Применительно к конкретным ситуациям оптимальными могут быть системы теплоснабжения на основе кабельного электроотопления, ИК-нагрева, тепловых насосов, гидродинамического нагрева и пр.

Особый интерес для Украины представляет дальнейшее распространение теплоаккумуляционного напольного электроотопления. Одним из важных факторов, обуславливающих высокую энергетическую эффективность этого вида отопления, является использование при осуществлении аккумуляции теплоты ночного тарифа на электроэнергию.

Перспективность применения напольного отопления связана также с тем, что в этом случае создаются комфортные тепловые условия для человека, когда температура на уровне ног составляет 26 - 28 °С, а на уровне головы 18 - 20 °С.

Широкое освоение теплоаккумуляционного напольного электроотопления связано с необходимостью создания теплофизических основ данной технологии и разработки на этой базе технических решений в части конструктивных и режимных характеристик работы соответствующего оборудования. Данная книга содержит материал, посвященный решению этой проблемы. Книга состоит из шести глав.

В первой главе анализируются различные виды отопления и приводятся нормативные параметры и условия комфортности в жилых и общественных зданиях. При этом детально описываются преимущества напольного электроотопления и рассматриваются методы расчета теплового режима помещений с таким отоплением.

Во второй главе приводятся результаты сравнительного анализа теплового состояния помещений, оборудованных напольной системой электроотопления и традиционной радиаторной. Детально обсуждается математическая постановка задачи о тепловом состоянии помещений с данным типом отопления.

Третья глава посвящена применению разработанного аналитически-численного подхода к решению нестационарных нелинейных задач определения теплового состояния помещений с теплоаккумуляционным напольным электроотоплением для ситуаций, отвечающих однослойным внешним стенам. Подробно описываются особенности данного подхода, базирующегося на применении метода конечных интегральных

преобразований, усовершенствованного путем использования специальных процедур для улучшения сходимости рядов, которые определяют решения этих задач.

В четвертой главе освещаются особенности предложенного подхода к решению задач рассматриваемого класса применительно к помещениям с трехслойными внешними стенами.

В пятой главе приводятся результаты исследований, посвященных определению условий, при которых обеспечивается достижение нормативных и комфортных параметров в помещениях с теплоаккумуляционными напольными системами электроотопления. В частности, рассматривается решение таких прикладных задач, как выбор материала теплоаккумулирующего слоя электропола, определение необходимой толщины данного слоя, выбор методов снижения тепловой нагрузки пола и др.

Шестая глава посвящена экспериментальным исследованиям влияния конструктивных параметров напольного теплоаккумуляционного электроотопления и технологических режимов его работы на тепловое состояние помещений.

Седьмая глава освещает проблемы энергменеджмента организационных структур и интеллектуальных систем, организации эффективного управления ими на основе последних достижений информационных технологий и смежных областей науки.

Данная книга в целом охватывает широкий круг вопросов, касающихся теплофизических и экологических аспектов технологии напольного теплоаккумуляционного электроотопления и энергменеджмента.. Она будет полезна специалистам в области строительной теплофизики, а также аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

При подготовке данной рукописи к изданию книги использованы многочисленные теоретические и экспериментальные разработки - доктора технических наук Людмилы Федоровны Черных, внесшей большой вклад в развитие строительной теплофизики в Украине и посмертно удостоенная высокой государственной награды – Лауреата

государственной премии Украины в области науки и техники. Мы были связаны с Людмилой Федоровной светлыми дружескими отношениями и совместным творческим трудом многие годы. И эта книга посвящается ей и всем нашим Учителя и коллегам, внесшим большой вклад в науку, развитие которой является нашей общей и самой высокой целью.

Авторы

Выполнено совместно: **Фиалко Н.М. Савенко В.И.**

**Доценко С И., Миранова Н.О., Терещук Н.О., Черных Л.Ф.**