

УДК 69.01(075.4)

ББК 38

Ж86

Рецензенты:

*Л.А. Иванов*, доктор технических наук, профессор, главный ученый секретарь, вице-президент, академик Российской и Международной инженерных академий;

*В.В. Гранев*, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора и научный руководитель Центрального научно-исследовательского и проектно-экспериментального института промышленных зданий и сооружений;

*Н.И. Умякова*, доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук

**Жуков А.Д.**

Ж86 Энергетическая эффективность строительных систем : монография / А.Д. Жуков, Е.Ю. Боброва, И.В. Бессонов, Е.А. Медникова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 329 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1856852.

ISBN 978-5-16-017479-2 (print)

ISBN 978-5-16-110007-3 (online)

Монография обобщает и систематизирует результаты экспериментальных и теоретических исследований систем тепловой изоляции строительных конструкций, технологических объектов, объектов транспорта, сохранения холода.

Критерием эффективности системных изоляционных решений принимается энергетическая эффективность как критерий комплексной оценки, включающий как учет прямого снижения энергетических затрат при эксплуатации изоляционных оболочек, так и затраты на монтаж, поддержание конструкций в рабочем состоянии, оценку эксплуатационной стойкости материалов и долговечности системных решений в целом.

Рассмотрены современные типы теплоизоляционных материалов на основе газонаполненных пластмасс, вспененного стекла, вспененной резины и изделий на основе минеральных волокон: каменной ваты, стеклянной ваты и стеклянного волокна, базальтового волокна.

Предназначена для научных работников, специалистов в области материаловедения, технологов — разработчиков новых видов теплоизоляционных материалов и конструкторов, проектирующих изделия из них, а также для преподавателей и студентов вузов. Может быть полезной для широкого круга лиц, интересующихся строительством и проблемами энергосбережения.

УДК 69.01(075.4)

ББК 38

ISBN 978-5-16-017479-2 (print)  
ISBN 978-5-16-110007-3 (online)

© Жуков А.Д., Боброва Е.Ю.,  
Бессонов И.В., Медникова Е.А.,  
2022

## Предисловие

Монография является результатом совместной работы сотрудников и преподавателей вузов и научных организаций, в частности НИУ МГСУ, ГАСИС НИУ ВШЭ, НИИ строительной физики РААСН, НИИ теплоизоляции ВГТУ (Литва), научных и проектных подразделений корпорации «ТЕХНОНИКОЛЬ», ассоциации «РАПЭТ» и ООО «ПЕНОЛЕКС», ООО «ТЕПОФОР», ЗАО «Голицынский КЗ», «РолзИЗОМАРКЕТ» и др.

В монографии обобщены и систематизированы результаты экспериментальных и теоретических исследований систем тепловой изоляции строительных конструкций, технологических объектов, объектов транспорта, аппаратов для сохранения холода и пр.

Методологической основой материалов, обобщенных в монографии, является системный подход, а критерием эффективности конструктивных изоляционных решений принимается энергетическая эффективность. Энергетическая эффективность рассматривается в качестве фактора комплексной оценки, включающего как учет прямого снижения энергетических затрат при эксплуатации изолированных объектов, так и затраты на монтаж, поддержание конструкций в рабочем состоянии, а также оценку эксплуатационной стойкости материалов и долговечности системных решений в целом.

Рассмотрены современные типы теплоизоляционных материалов на основе газонаполненных пластмасс, вспененного стекла, вспененной резины и изделий на основе минеральных волокон: каменной ваты, стеклянной ваты и стеклянного волокна, базальтового волокна, используемые при формировании изоляционных оболочек строительных, технических и технологических объектов.

Актуальность монографии заключается в обобщении состояния систем строительной и технической изоляции, современных изоляционных материалов и проектных решений и обусловлена особым вниманием к повышению энергоэффективности и формированию новых строительных систем с применением высокопористых материалов, в том числе позволяющих формировать бесшовную и теплогидропароизоляционную оболочку строительных конструкций и объектов технической изоляции.

Большой опыт в реализации и внедрении в практику научных и проектных разработок со стороны проектных организаций и научных подразделений коммерческих структур, а также опыт ме-

тодической и творческой работы представителей вузов позволил создать монографию, материалы которой представляют интерес как для инженеров-строителей, так и для проектировщиков. Информация, содержащаяся в монографии, может быть использована в программах и в учебном процессе подготовки студентов строительных и технических специальностей, обучающихся на бакалавриате, в магистратуре, также представляет интерес для аспирантов и научных работников. Монография может быть полезной для широкого круга лиц, интересующихся строительством и проблемами энергосбережения.

## Введение

Современные требования к строительным конструкциям включают требования по энергетической эффективности и долговечности, а также по обеспечению санитарных норм и экологической безопасности. Энергетическая эффективность предполагает не только соответствие теплофизических свойств конструкции нормативным требованиям, но и стабильность этих свойств во времени. С другой стороны, долговечность конструкции определяется сроком ее безремонтной эксплуатации, а следовательно, эксплуатационной стойкостью каждого элемента этой системы и их способностью защищать друг друга от различных атмосферных нагрузок. В связи с этим актуальной становится разработка эффективных методов повышения долговечности, а также и внедрение современных методик оценки долговечности строительных конструкций и эксплуатационной стойкости строительных материалов.

Энергетическая эффективность и энергосбережение являются одной из приоритетных программ развития отечественной индустрии. Это касается любого объекта, функционирование и эксплуатация которого связаны с затратами энергии. В монографии рассматривается эта проблема в проекции на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, технологического, транспортного оборудования, объектов жилищно-коммунального хозяйства, а также тепловых установок и хладоагрегатов.

Существенная роль в решении задач повышения энергетической эффективности принадлежит строительным системам вообще и системам изоляции в частности. Отметим, что в данной случае термин «система» подразумевает такое исполнение любой конструкции или любого объекта, при котором используются разнородные и отличающиеся по свойствам материалы, при совместном применении которых достигаются требуемые эффекты. Если речь идет о тепловом агрегате, то требуемые эффекты от применения системных решений — это соблюдение параметров технологического процесса, снижение выбросов тепла в помещение, соблюдение комфортности по теплу и влажности в помещении, по акустическому и вибрационному режимам, а также по вредным выбросам в помещение, которые не должны превышать предельно допустимых концентраций [4, 23].

Если мы рассматриваем строительную изолируемую конструкцию, то шкала приоритетов выстраивается следующим образом. Во-первых, это обеспечение нормативного термического

сопротивления конструкции, которое заложено в проектных решениях и позволяет контролировать потери тепла на заданном уровне. Во-вторых, это обеспечение долговечности конструкции, обусловленное эксплуатационной стойкостью каждого из материалов, объединенных в систему, грамотными проектными решениями (с учетом свойств каждого компонента: материала или конструктивного элемента) и корректно выполненными строительными работами.

В-третьих, это обеспечение условий комфортности, в том числе и минимизация вредных выбросов от строительных материалов и соблюдение не превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ в помещениях и защита от внешнего шума, а также коррекция звукового поля в помещении, обеспечение комфортного уровня инсоляции. Желательным является соответствие объекта архитектурно-эстетическим пожеланиям и обязательным — выполнение требований по пожарной безопасности.

В качестве четвертого фактора можно выделить затраты на монтаж конструкций. Необходимо четко понимать, что на изготовление каждого материала, пусть в другом месте, а не на строительной площадке, затрачиваются определенные ресурсы, в том числе энергетические, материальные и пр. Поэтому расход материала должен соответствовать установленным нормативам. Например, для достижения требуемого термического сопротивления конструкции используют те или иные теплоизоляционные материалы. Чем больше толщина теплоизолирующего слоя (то есть чем выше расход материала), тем выше термическое сопротивление, а следовательно, и экономия тепла. Но теплоизоляция есть энергоемкий компонент по ее изготовлению, доставке и монтажу, таким образом при проектировании конструкции необходимо соблюдать паритет в расходе материала с учетом затрат на монтаж и эксплуатацию. Подобный подход необходимо примерять к любому элементу конструкции.

Затраты на ремонт также являются неотделимым компонентом энергетической эффективности. Если говорить о технологическом или энергетическом оборудовании, то сроки его безремонтной эксплуатации прописаны в тех или иных нормативных документах, технических условиях или регламентах и жестко должны исполняться.

В системах изоляции строительных объектов безремонтный срок эксплуатации зависит как от условий эксплуатации объекта, грамотного проектирования и выполнения строительных работ, так и от эксплуатационной стойкости и особенностей материалов.

Грамотное выполнение системы изоляции и конструкции в целом предусматривает не только совместную работу отдельных элементов (в том числе материалов) в системе, но и взаимную защиту одних элементов другими. Наиболее уязвимым для температурно-влажностных и механических воздействий являются теплоизоляционные материалы — основной компонент изоляционной оболочки здания, и они нуждаются в защите [19, 24]. С другой стороны, гидроизоляционные и теплоизоляционные элементы конструкции защищают несущие стены, колонны, перекрытия от воздействия избыточных температур, капельной влаги, движения паровоздушных смесей и, таким образом, повышают долговечность конструкции в целом [25, 30].

С позиций повышения долговечности конструкций важными являются антикоррозийные мероприятия, реализуемые как для металлических, так и бетонных (железобетонных) элементов конструкций. Эти мероприятия становятся особенно востребованными при работе конструкций в агрессивных средах, в условиях атмосферы больших городов, морского микроклимата, для конструкций, контактирующих с грунтовыми водами, как то: фундаментами, подвалами, полами по грунту, трубопроводами бесканальной прокладки. Во все этих случаях реализация антикоррозийных мероприятий становится обязательной, как и применение материалов, обладающих инертностью свойств к агрессивным воздействиям [17, 26].

Экологическая составляющая эффективности строительных систем отражается в теории экологически устойчивого строительства (ЭУС). Курс на ЭУС совмещает в себе требования к материалам, строительным системам, к организации строительного производства, к компоновочным решениям и способам инженерного обеспечения. Строительные материалы должны иметь низкую теплопроводность, являться безопасными для здоровья, оставаясь при этом прочными и сохраняющими эксплуатационную стойкость, обеспечивать требования звукоизоляции и пожарной безопасности, а процессы их производства должны минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Отдельная группа — это системы, обеспечивающее хладоизоляцию или сохранение холода. О важности этих систем можно судить хотя бы по тому, что они являются одним из ключевых факторов успешного функционирования газотранспортного оборудования и баз перевалки сжиженного газа. Энергетические затраты на сохранение холода могут превышать затраты на прямую теплозащиту и предполагают использование и специальных материалов