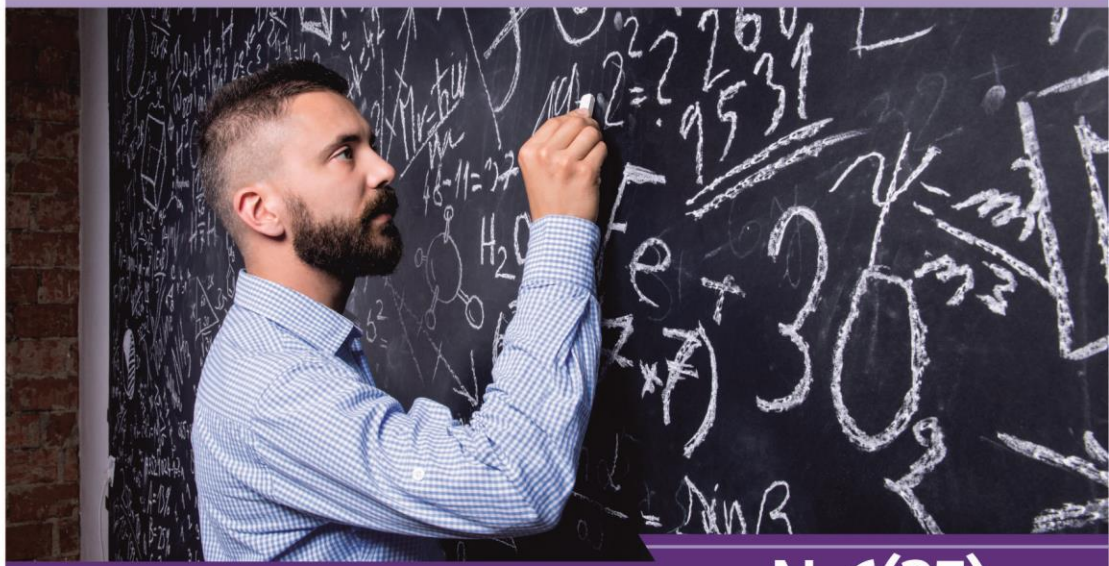




НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№6(35)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2020



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XXXV международной
научно-практической конференции*

№ 6 (35)
Июль 2020 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2020

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXXV междунар. науч.-практ. конф. – № 6 (35). – М.: Изд. «МЦНО», 2020. – 36 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2020

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Авиационная и ракетнокосмическая техника	4
БАЗОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ Девятов Иван Владимирович Юргенсон Сергей Александрович Жаренов Иван Александрович Мишаков Дмитрий Михайлович Туев Дмитрий Владимирович	4
1.2. Безопасность деятельности человека	12
МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПО СОСТАВЛЕНИЮ АДАПТАЦИОННЫХ ПЛАНОВ К ПОСЛЕДСТВИЯМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Арефьева Елена Валентиновна Крапухин Вячеслав Всеволодович Котова Арина Вадимовна	12
1.3. Информатика, вычислительная техника и управление	21
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНЫХ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ Гасанов Ильгар Рагимович	21
1.4. Строительство и архитектура	26
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ Писклич Мария Андреевна	26

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

БАЗОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Девятов Иван Владимирович

канд. экон. наук, ст. науч. сотр.

Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова – МГУ,

РФ, г. Москва

Юргенсон Сергей Александрович

канд. техн. наук, мл. науч. сотр.

Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова – МГУ,

РФ, г. Москва

Жаренов Иван Александрович

мл. науч. сотр.

Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова – МГУ,

РФ, г. Москва

Мишаков Дмитрий Михайлович

мл. науч. сотр.

Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова – МГУ,

РФ, г. Москва

Тувев Дмитрий Владимирович

мл. науч. сотр.

Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова – МГУ,

РФ, г. Москва

BASIC FUNCTIONAL REQUIREMENTS TO AN AIRCRAFT HARDWARE MONITORING SYSTEM

Ivan Devyatov

Candidate of Economic Sciences,

Senior Researcher

of the Lomonosov Moscow State University – MGU,

Russia, Moscow

Sergei Iurgenson

Candidate of Technical Sciences,

Junior Researcher

of the Lomonosov Moscow State University – MGU,

Russia, Moscow

Ivan Zharenov

Junior Researcher

of the Lomonosov Moscow State University – MGU,

Russia, Moscow

Dmitry Mishakov

Junior Researcher

of the Lomonosov Moscow State University – MGU,

Russia, Moscow

Tuev Dmitrii

Junior Researcher

of the Lomonosov Moscow State University – MGU,

Russia, Moscow

Аннотация. В этой статье формируются базовые функциональные требования к элементам системы мониторинга технического состояния авиационных конструкций, расположенных на борту летательного аппарата.

Abstract. This article formulates the basic functional requirements for the hardware of an aircraft hardware monitoring system.

Ключевые слова: эксплуатация по состоянию; системы мониторинга состояния; прочность авиационных конструкций; элементная база.

Keywords: health-based operation; health monitoring system; aircraft hardware durability; hardware components.

Исследование финансируется Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению о предоставлении субсидии № 05.607.21.0329 (внутренний номер Соглашения 05.607.21.0329) от «18» декабря 2019 г. (уникальный номер RFMEFI60719X0329), прикладные научные исследования проводятся по теме «Разработка базовых проектных решений системы мониторинга технического состояния конструкций и сложных инженерных изделий в интересах обеспечения техногенной безопасности, устойчивого функционирования критической инфраструктуры Российской Федерации и развития отраслей отечественной промышленности».

Для повышения безопасности полетов необходимо создание комплексной системы обнаружения повреждений ответственных элементов авиационных конструкций на ранних стадиях их развития. В соответствии с возможностями современных информационных технологий потребность в переходе от традиционной системы жестко фиксированных периодических регламентных работ к более совершенной системе контроля и управления техническим состоянием воздушного судна (ВС), основанной на сборе и анализе информации о техническом состоянии, становится все более очевидной [1].

Главным преимуществом этой системы является возможность безопасного применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в элементах конструкции перспективных ВС за счет использования современных методов контроля и мониторинга состояния для выявления внутренних повреждений с одновременной оценкой изменения предельно допустимых нагрузок на изделие [2].

В последние годы в ряде стран проводятся исследования по созданию подобных систем мониторинга технического состояния авиационных конструкций, которые принято называть SHM (от англ. Structure Health Monitoring).

Эти работы особенно интенсифицировались в связи с полномасштабным внедрением ПКМ в основную силовую конструкцию ВС.

Это обусловлено, прежде всего:

- чувствительностью конструкций из ПКМ к внешним эксплуатационным (прежде всего - к ударным) воздействиям;
- стремлением понизить уровень проектных критериев (и, соответственно, повысить весовую эффективность конструкции), обеспечивая безопасность эксплуатации не введением запасов прочности, повышающих толерантность конструкции к возможным эксплуатационным повреждениям, а своевременным выявлением и устранением таких повреждений;
- стремлением снизить эксплуатационные расходы на проведение необходимого контроля конструкции с одновременным повышением надежности такого контроля;
- особенностью структуры ПКМ, позволяющей интегрировать в конструкцию необходимые для контроля датчики и средства передачи их сигналов.

Современная система мониторинга состояния конструкции должна иметь ряд встроенных в конструкцию ВС датчиков и информационно-аналитический блок, чтобы получать информацию о выходе контролируемых параметров за пределы допустимых значений в реальном времени. С помощью перспективных волоконно-оптических датчиков (ВОД), датчиков акустической эмиссии и деформации, встроенных или расположенных на поверхности композиционных материалов можно осуществлять непрерывный мониторинг изделий из ПКМ.

К базовым целям такой системы можно отнести:

- Контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) особо ответственных конструктивных элементов и критических мест конструкции самолета.
- Выдачу информации о текущем состоянии особо ответственных конструктивных элементов и критических мест конструкции самолета при наземном техническом обслуживании.
- Сохранение исходной информации на бортовых системах регистрации и наземных системах, которая может применяться использоваться как эксплуатантом ВС, так и разработчиком ВС.

Для отработки отдельных элементов системы целесообразно применение экспериментальных стендов. Стенд оснащается устройствами для автоматизированного создания нагрузки на изделия, первоначальными датчиками и электропреобразователями, средствами сохранения и учета сведений, которые сводятся в единую систему мониторинга состояния изделий. Такая система дает возможность автоматически вести непрерывный контроль, получать сведения о динамике процессов деформации и изменениях НДС элементов конструкций в процессе изменении действующих нагрузок.

Методология работы системы:

- Формирование архива данных от датчиков, для расчета НДС в конструкции самолета при различных внешних воздействиях.
- Измерения НДС на основе информации от датчиков системы и бортовых регистраторов полетной информации.
- Информирование о достижении в отдельных элементах конструкции предельных деформаций (напряжений) с целью изменения профиля полета (по фактическим параметрами датчиков).
- Учет информации о НДС в части определения технического состояния конструкции самолета при наземной обработке информации.
- Обеспечение информацией о фактическом нагружении ответственных конструктивных элементов и критических мест конструкции самолета наземных служб и разработчика авиационной техники.
- Дополнение паспорта изделия с встроенной системой датчиков фактическими значениями, обеспечивающими определение достигаемых параметров НДС и определения технического состояния.
- Получение дополнительной информации о процессе изготовления деталей из ПКМ.
- Анализ деформаций при выполнении сборочных работ.
- Калибровка и контроль работоспособности системы путем внутренней диагностики.

С учетом стандарта ISO 13374 и OSA-CBM определено несколько уровней, из которых формируется система:

Уровень 1 - Сбор данных, характеризующих количественные или качественные свойства контролируемых объектов или подлежащих измерению в целях контроля технического состояния, диагностирования и прогнозирования отказов оборудования.

Уровень 2 - Обработка данных для дальнейшего анализа (фильтрация, масштабирование и т. д.)

Уровень 3 - Мониторинг состояния: Основной функцией этого уровня является сравнение текущих значений контролируемых параметров с базовым уровнем (ГОСТ Р ИСО 17359-2009) с целью выявления изменений и оценки состояния оборудования (исправное, неисправное, неопределенное и т. д.).

Уровень 4 - Оценка состояния (Диагностика): Основной функцией этого уровня является определение состояния системы, подсистемы или отдельного оборудования в части его деградации, используя при этом не только текущую информацию, но, также, и тенденции, основанные на прежних данных, и историю технического обслуживания.

Уровень 5 - Прогнозирование: Основной функцией этого уровня является проецирование текущего состояния в будущее или определение

остаточного ресурса, принимая во внимание характер будущего использования системы.

Уровень 6 - Выдача рекомендаций: Основной функцией этого уровня является формирование рекомендаций относительно планирования действий по техническому обслуживанию, а, также по реконфигурации оборудования и изменению полетного задания с целью успешного завершения полета

Уровень 7 - Человеко-машинный интерфейс (Уровень предоставления информации): Основной функцией этого уровня является выдача летному экипажу и инженерно-техническому персоналу информации относительно оценки прогнозируемого состояния, рекомендаций по обслуживанию, уведомлений об отказных ситуациях, и, также, обеспечение доступа к необходимой пользователю информации предыдущих уровней.

В состав системы входят:

- Бортовая система – датчики, средства коммуникации, регистраторы, модули бортовой обработки информации (могут быть интегрированы в существующие бортовые вычислители).
- Информационно-аналитический модуль – блоки снятия данных, обработки информации, архивирования, автоматического анализа.
- Модуль производственного контроля.

Интеграция датчиков системы в конструкции выполняется на различных этапах производства для разных типов материалов. Для металла монтаж производится после изготовления детали и выполнения всех этапов производства. Для изделий из ПКМ внутренние датчики располагаются на этапе формирования пакетов материала, что позволяет получить информацию о деформациях изделия, возникающие при формовке. Поверхностные датчики монтируются после изготовления и механической обработки.

Перед вылетом система в автоматическом режиме должна произвести самодиагностику с целью выявления отказов отдельных элементов. Все неполадки устраняются (если это возможно) при периодических формах обслуживания. На этапе полета производится сбор информации от датчиков и бортовых средств регистрации полетной информации. Система производит сбор в импульсном режиме с записью информации в блоки регистрации.

В полете производится периодические сравнение фактических данных с заданными уровнями ограничений для мест конструкции, значительно влияющих на безопасность полета. Выдача предупреждений осуществляется только по отдельным местам, разрушение которых приведет к катастрофической или сложной ситуации, при этом может

допускаться наличие превышений по системе в целом. Алгоритм обработки должен быть наиболее простым и требовать минимальных вычислительных ресурсов. Ошибки и погрешности измерения учитываются в автоматическом режиме по заранее определенным алгоритмам.

При регистрации превышения данных над заданными ограничениями информация передается в кабину пилота в виде световой индикации и рекомендаций по изменению профиля полета, согласованными с другими системами самолета. Значения ограничений и базовых параметров для проведения сравнения формируется на этапах ресурсных и статических испытаниях самолета и конструкций. Такой подход значительно упрощает обработку информации и не требует сложных алгоритмов обработки. Базовой информацией для сравнения являются параметры полета, т.е. нагружения элемента конструкции ВС.

Информация об обнаружении отклонений от базовых параметров передается в службу осуществляющую техническое обслуживание самолета для возможности планирования работ. Элементы, в которых система отказала полностью, при невозможности замены данных элементов, контролируется традиционными методами контроля с применением стандартных процедур.

Система может применяться на различных типах ВС в комплексе с бортовой системой регистрации полетной информации. Работа в комплексе позволяет определить источник нагрузки и однозначно сопоставить приложенную нагрузку (внешние факторы) и значения датчиков для определения изменения технического состояния.

Заключение

Создание полномасштабной системы SHM авиационных конструкций, на основе которой при минимальных эксплуатационных расходах можно было бы существенно снизить уровень проектных критериев для металлических и, особенно, композитных конструкций (т.е. уменьшить требования к стойкости конструкции к повреждениям, повысить уровень расчетных напряжений и весовую эффективность) - дело отдаленного будущего.

Повышение процентной доли использования композиционных материалов в составе основных силовых элементов конструкции самолетов нового поколения вызывает острую необходимость модернизации российской системы эксплуатации ВС. Кроме этого, требуется понизить (причем существенно) трудоёмкость работ по контролю технического состояния конструкции ВС в эксплуатации и одновременно повысить точность, надежность и объективность данных, получаемых по результатам данного контроля.

За счет указанных мер представляется возможным минимизировать запасы прочности, применяемые на сегодняшний день для авиационных конструкций, что позволит повысить их весовую эффективность, одновременно подняв и ресурсные характеристики.

Результаты

Создание системы мониторинга позволит контролировать техническое состояние авиационных конструкций в процессе эксплуатации, не допуская выхода за пределы допустимых внешних нагрузок, а также своевременно выявлять повреждения критических элементов конструкции, что в целом приведет к повышению безопасности полетов и увеличению эффективности эксплуатации.

Список литературы:

1. Принципы построения системы мониторинга технического состояния конструкции для авиационных конструкций. Л.Л. Фирсов, С.А. Юргенсон // Пермский инновационный территориальный кластер волоконно-оптических технологий «ФОТОНИКА», Т.4, №4 / МАИ (НИУ), Москва, 2017
2. Перспективы использования бортовых автоматизированных систем контроля выработки усталостного ресурса авиационных конструкций / Игнатович С., Карускевич М., Бурау Н., Краснопольский В. // Вісник ТНТУ. – 2011. — Спецвипуск — частина 2. — С.136-143. — (механіка та матеріалознавство).

1.2. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПО СОСТАВЛЕНИЮ АДАПТАЦИОННЫХ ПЛАНОВ К ПОСЛЕДСТВИЯМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Арефьева Елена Валентиновна

*главный научный сотрудник 1 НИЦ,
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
РФ, г. Москва*

Крапухин Вячеслав Всеволодович

*ведущий научный сотрудник 12 НИО,
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
РФ, г. Москва*

Котова Арина Вадимовна

*младший научный сотрудник 12 НИО,
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
РФ, г. Москва*

METHODOLOGICAL QUESTIONS FOR DRAWING UP ADAPTATION PLANS TO THE CONSEQUENCES OF CLIMAIC CHANGES IN MUNICIPAL EDUCATIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Elena Arefieva

*Senior Researcher 1 SIC,
FSBI VNII GOCHS (FC),
Russia, Moscow*

Vyacheslav Krapukhin

*Leading Researcher 12 Research and Development,
FSBI VNII GOCHS (FC).
Russia, Moscow*

Arina Kotova

*Junior Researcher 12 NIO,
FSBI VNI GOCHS (FC),
Russia, Moscow*

Аннотация. Статья посвящена вопросам подготовки оценки климатических рисков адаптационных планов к последствиям изменения климата на территории муниципальных образований Российской Федерации на основе выполнения самооценки устойчивости муниципальных образований к бедствиям, обусловленным климатическими изменениями.

Abstract. The article is devoted to the preparation of adaptation plans for the effects of climate change on the territory of municipalities of the Russian Federation on the basis of self-assessment of the resilience of municipalities to disasters caused by climate change.

Ключевые слова: изменение климата; оценка мероприятий; план мероприятий по адаптации; устойчивость муниципальных образований.

Keywords: climate change; adaptation action plan; sustainability of municipalities.

Изменение климата влечет за собой целый спектр возможных негативных и позитивных последствий для городов и населенных пунктов Российской Федерации – от роста частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений (ураганы, тайфуны и др.) и наводнений до волн экстремального тепла и холода. Климатические изменения оказывают серьезное влияние на здоровье людей, их имущество и средства к существованию. Конкретные последствия для каждого города зависят от фактических изменений климатических факторов (например, повышение температуры или увеличение количества осадков) в месте расположения города и состояния инфраструктуры и жилищного фонда [1, 2]. Например, с изменением климата усугубляется такая проблема городов, как эффект «острова тепла» [3]. При этом значительно увеличивается энергопотребление, у людей обостряются сердечно-сосудистые и респираторные заболевания, растет распространение инфекционных заболеваний. Здания должны быть обеспечены достаточными возможностями теплоизоляции и охлаждения.

Если обратиться к международному опыту, то в настоящее время по всей Европе разрабатываются и применяются «Национальные Тепловые планы». Эти планы направлены на минимизацию воздействия высоких температур на здоровье с помощью системы предупреждения и адекватного реагирования, определения руководящих принципов для

вмешательства и усиления межведомственной координации. Например, португальский план различает четыре уровня предупреждения: 1) желто-зеленый: наблюдение; 2) желтый: ожидаемое воздействие на здоровье; 3) оранжевый: волна тепла, предполагаемые серьезные последствия для здоровья и увеличения смертности; 4) красный: сильная жара, очень серьезные последствия, связанные со здоровьем и увеличением смертности.

В европейских странах уделяется большое внимание проектам по проведению мероприятий по адаптации к изменениям климата. Среди таких проектов наиболее известны [4]:

а) Проект UrbanFlood [8] – проект направлен на снижение гидрологических рисков, усиленных климатическими изменениями и представляет собой платформу для связи датчиков через Интернет с прогностическими моделями и системами аварийного оповещения.

б) Проект RainGain [9] - в рамках проекта мелкомасштабные данные об осадках будут предоставлять городским водохозяйственным организациям подробную информацию о пиковых осадках во времени и пространственном распределении, а также соответствующую скорость городских стоков. Пилотные города, в которых планируется опробовать данный проект: Левень, Лондон, Париж, Роттердам.

Возможные последствия изменения климата для городов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Вероятные последствия изменения климата для городов

Климатические изменения	Последствия для городов	Наиболее подверженное географическое положение
Потепление климата, меньше холодных дней и ночей, больше жарких дней и ночей (практически определено)	Усиление эффекта городского «острова тепла», приводящего к увеличению риска смертности и заболеваний, связанных с жарой, особенно среди пожилых, хронически больных, детей и социально изолированных лиц. Увеличение спроса на охлаждение летом и снижение потребности в энергии для отопления зимой.	Все города, особенно города, удаленные от моря и города с водоснабжением, сильно зависимые от снежного покрова.

Окончание таблицы 1.

Климатические изменения	Последствия для городов	Наиболее подверженное географическое положение
Обильные осадки – повышение частоты (очень вероятно). Интенсивность активности тропических циклонов увеличивается (вероятно).	Экстремальные гидрологические явления, наводнения, сильные ветры и оползни. Нарушение общественного водоснабжения и канализации, а также неблагоприятное влияние на качество поверхностных и подземных вод. Повышенный риск смерти, травм и заболеваний (особенно болезней, передающихся через воду).	Города, расположенные на побережье, на берегах рек, на границе пойма, в горных районах.
Засушливые районы – увеличение площади (вероятно)	Увеличение нагрузки на водные ресурсы вследствие увеличения потребления воды, снижения качества воды. Деградация земель, снижение урожайности в сельском хозяйстве и повышение риска нехватки продовольствия и пыльных бурь.	Все города, особенно расположенные в регионах, не адаптированных к засушливым условиям
Повышение уровня моря (практически определено)	Постоянная эрозия и затопление земель; и расходы на укрепление берегов или расходы на переселение. Усиление воздействия тропических циклонов и штормовых нагонов, особенно прибрежных наводнений	Прибрежные города

Примечание. Согласно МГЭИК, «почти определено» соответствует вероятности > 99 %, «весьма вероятно» – > 90%, «вероятно» – > 66 %.

В нашей стране распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. органам исполнительной власти субъектов рекомендовано утвердить региональные планы адаптации к изменению климата. В тоже время, для обеспечения устойчивости городов и населенных пунктов к бедствиям, связанным с изменением климата

органам местного самоуправления необходимо также разработать планы адаптации и дорожные карты соответствующих мероприятий [5].

Для разработки планов адаптации, городским властям, прежде всего, предстоит выполнить оценку текущего и прогнозного состояния опасностей, уязвимости и потенциала противодействия рискам, обусловленным и связанным с климатическими изменениями, т.е. определить вероятность возникновения опасного события; определить или рассчитать какие объекты инфраструктуры наиболее подвержены климатическим рискам и с какой вероятностью; какие экономические и социальные потери могут возникнуть при реализации наиболее вероятного и наихудшего сценария; какие экономические, социальные и иные факторы усиливают или уменьшают климатические риски.

Для ответа на эти вопросы необходимо провести оценку уязвимости и адаптивного потенциала городских служб, конкретных секторов, а также различных групп населения. Существует целый ряд инструментов оценки — от быстрых и приближенных до достаточно трудоемких и детальных, — которые можно использовать для выработки понимания последствий изменения климата для города. Одним из инструментов оценки и самооценки устойчивости муниципальных образований к климатическим изменениям является Оценочная карта глобальной кампании МСУОБ ООН по повышению устойчивости городов «Мой город готовится!» (далее – Оценочная карта), адаптированная под оценку всего спектра климатических рисков, которым подвержены в настоящем и будущем муниципальные образования [6].

Другим оценочным инструментом можно рассматривать руководство «Основы устойчивости городов к изменению климата» [7], в котором описано, как проводить первоначальную оценку для города, чтобы понять климатические особенности и определить «горячие точки» в случае стихийных бедствий. «Горячая точка» – район риска, который заслуживает особого внимания и принятия мер и характеризуется сочетанием природных, физических и институциональных факторов:

- умеренный или высокий уровень одной или более природных опасностей;
- средняя или высокая наблюдаемая уязвимость населения, территорий, объектов критической инфраструктуры на основе имеющихся статистических рядов наблюдений за прошлыми бедствиями;
- низкое качество или отсутствие плана городского развития;
- плохое соблюдение плана городского развития;
- низкое качество жилищного фонда, наличие ветхого жилья;
- высокая плотность населения.

Выполненная экспресс-оценка позволит тем городам, у которых недостаточно средств для немедленного проведения более углубленного анализа, принять наиболее эффективные экономические решения.

Для более детальной оценки устойчивости города к изменению климата можно использовать существующие зарубежные инструменты, представленные в таблице (табл.2).

Таблица 2.

Инструменты оценки устойчивости города к изменению климата

Название инструмента (первичный источник/ создатель)	Описание	Преимущества применения инструмента	Ограничения применения инструмента
ADAPT (ICLEI) [7]	<p>Пятиступенчатый процесс планирования адаптации к изменению климата и руководство. Используется для проведения совместной оценки уязвимости. Включает оценку подверженности, чувствительности и адаптивного потенциала.</p>	<p>Применим для многих секторов. Позволяет провести анализ для определения будущих действий.</p>	<p>Доступен не для всех городов, а только для членов ICLEI</p>
<p>1)PCCAA/RRIA [10] (Совместная оценка адаптации к изменению климата/ (Манчестерский университет совместно с Всемирным банком) 2) Совместная разработка сценариев, как в исследовании «Экономика адаптации к изменению климата» (Всемирный банк и Международный институт устойчивого развития). Примеры аналогичных</p>	<p>Эти инструменты:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● используют интервью и другие инструменты для сбора информации о следующем; ● опыт бедных домохозяйств, малых предприятий и местных практиков (например, врачей или фермеров) в связи с изменением климата; ● возможные будущие уязвимости и риски в связи с изменением климата; ● потенциал общины и местных институтов по адаптации к природным опасностям. 	<p>С самого начала в оценку вовлекаются сообщества, местные власти и гуманитарные организации, а также организации по развитию. Дополняет национальные и субнациональные карты рисков, опасностей, уязвимостей.</p>	<p>Требуется высокий уровень сотрудничества. Может быть трудоемким. Для применения инструмента МФОКК и КП страна должна быть членом Национального общества КК и КП.</p>

Название инструмента (первичный источник/ создатель)	Описание	Преимущества применения инструмента	Ограничения применения инструмента
<p>подходов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оценка уязвимости и потенциала (Международная федерация обществ Красного Креста и Красного Полумесяца, МФОКК и КП) [11]; 3) Совместный анализ уязвимостей (Action Aid); 4) Совместная оценка потенциала и уязвимостей (Oxfam); 5) Анализ уязвимости к изменению климата и адаптивного потенциала (CARE) [12]; 	<ul style="list-style-type: none"> • позволяют определить меры по предотвращению или смягчению последствий от ожидаемых уязвимостей и рисков; • позволяют определить новые способы создания адаптивного потенциала. 		
<p>Дорожная карта для адаптации к риску в прибрежных зонах (Национальная администрация по океану и атмосфере США (NOAA) [13]</p>	<p>Совместная оценка уязвимости сообществ к опасностям и включение существенной информации об опасностях и климате в процесс планирования и принятия решений</p>	<p>Позволяет получить полезную информацию для многих городов: программы семинаров, источники данных и контрольные списки</p>	<p>Оценка уязвимости не включает оценку адаптивного потенциала.</p>

Источник: на основе таблицы 2 «Инструменты оценки для городов», Guide to Climate Change Adaptation in Cities, © 2011 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

Органам местного самоуправления необходимо проанализировать способность органов местного самоуправления должным образом реагировать на изменения климата и возросшие риски, т. е. проанализировать ресурсы и возможности противодействия; возможно придется внести изменения в градостроительную документацию с учетом климатических изменений, а также выполнить оценку состояния экологической системы города и оценку ее чувствительности к климатическим изменениям. Немаловажным аспектом является выполнение оценки необходимых человеческих ресурсов, которые обладают практическими навыками и профессиональными знаниями в области адаптации к

изменениям климата. Кроме того, необходимо оценить уязвимые места в критической инфраструктуре города, включая объекты ЖКХ, энерго-снабжения, тепло-, газо- водоснабжения и иные объекты городской критической инфраструктуры муниципального образования.

После проведения оценки устойчивости муниципальных образований к климатическим рискам, должны быть выявлены наиболее «слабые места», приняты решения по организации и проведению адаптационных мероприятий, составлен адаптационный план.

Для составления Плана адаптации рекомендуется использовать ГОСТ Р ИСО 14090 -2019, в котором рассматриваются «жесткие» и «мягкие» адаптационные меры. Среди «мягких» мер можно выделить: приобретение новых знаний, обучение и информирование населения, страхование, использование систем раннего предупреждения, корректировать градостроительные планы. Среди «жестких» мер различаются «серые» и «зеленые» меры. «Серые» меры касаются усиления инфраструктуры зданий, создание систем инженерной защиты населения от опасных гидрологических процессов, поиск архитектурных решений, способствующих охлаждению зданий. «Зеленые» меры включают экосистемную адаптацию, включая создание водных объектов в черте города, организацию ливневых стоков и др.

Если адаптационный план составлять на основе выполненной оценки готовности муниципальных образований к бедствиям по оценочной карте кампании «Мой город готовится!», тогда типовой подход к составлению плана заключается в следующем: по тем позициям оценочной карты, где были выставлены наихудшие оценки, определяется целевой показатель, который планируется достичь спустя определенное время в результате определенных действий. Формулируется цель, определяется перечень мероприятий, показатели, временные рамки, назначаются ответственные исполнители, указывается предполагаемый источник финансирования. Созданный План адаптации подлежит регулярной корректировке и мониторингу выполнения мероприятий.

В целом, меры по адаптации минимизируют уязвимость, снижают риск ЧС и помогают принимать информированные решения в будущем, обеспечивают безопасность жизнедеятельности населения. Информацию о том, как определять показатели и исходные данные для оценки городского потенциала адаптации к изменению климата, можно найти в разных источниках, например в руководстве по адаптации города к изменению климата, подготовленном Международным советом по инициативам в области местного развития (ICLEI) [7].

Список литературы:

1. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – Санкт-Петербург. 2017. – 106 с.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. – 979 стр.
3. Ле Минь Туан, И.С. Шкуратов и Нгуен Тхи Май, Исследование интенсивности городского острова тепла на основе городской планировки. Construction: Science and Education, Vol. 9. Issue 3(33), p. 1-22.
4. World Bank 2011, адаптировано из Kaplan; World Bank 2009.
5. Climate Resilient Cities Primer, World Bank, 2009.
6. Арефьева Е.В., Олтян И.Ю. 10 принципов повышения устойчивости городов: используем методику ООН.- Ж-л «Системы безопасности», № 6, 2018.- С. 32-34.
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://icleicanada.org/project/changing-climate-changing-communities-guide-and-workbook-for-municipal-climate-adaptation/>
8. Электронный ресурс. <http://www.urbanflood.eu>
9. Электронный ресурс. <http://www.raingain.eu>
10. Электронный ресурс. Режим доступа: http://hummedia.manchester.ac.uk/institutes/mui/gurg/working_papers/GURC_wp5_web_000.pdf
11. Электронный ресурс. Режим доступа https://www.ifrc.org/Global/Publications/disasters/vca/Vca_en.pdf
12. Электронный ресурс. Режим доступа <https://careclimatechange.org/cvca/>
13. Электронный ресурс. Режим доступа http://www.northinlet.sc.edu/training/media/2012/06122012cop/resources/cop_roadmap.pdf

1.3. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНЫХ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Гасанов Ильгар Рагимович

начальник отдела

*«Проектирование, исследование и разработка приборов,
Национальное Аэрокосмическое Агентство,
Особое Конструкторское Бюро Космического Приборостроения,
Азербайджан, г. Баку*

COMPUTER SIMULATION OF FOUR-ELECTRODE CONDUCTOMETRIC MEASURING TRANSDUCERS

Ilgar Hasanov

*Head of the department "Design, research and development of devices,
National Aerospace Agency,
Special Design Bureau of Space Instrumentation,
Azerbaijan, Baku*

Аннотация. В статье проведено компьютерное моделирование контактного четырехэлектродного кондуктометрического измерительного преобразователя в программе TINA-TI.

Abstract. The issues of measuring the specific electrical conductivity of liquids by the contact method are considered. The article conducted a computer simulation of a contact four-electrode conductometric measuring transducer in the TINA-TI program.

Ключевые слова: удельная электрическая проводимость; четырехэлектродная измерительная ячейка; моделирование электрических схем.

Keywords: electrical conductivity; four-electrode measuring cell; simulation of electrical circuits.

Качество жидкостей определяется их химическими и физическими свойствами. Одним из таких свойств является электрическая проводимость. Удельная электрическая проводимость жидкостей измеряется кондуктометрическими способами и средствами измерения. Кондуктометрические измерительные преобразователи электрической проводимости имеют простую конструкцию и являются высокочувствительными, что делает их пригодными для использования в различных условиях и средах. Наиболее распространены электрокондуктометрические приборы с двухэлектродной ячейкой. Электрокондуктометрические измерительные преобразователи с двухэлектродной измерительной ячейкой имеют сравнительно невысокую точность. Этого недочета лишены кондуктометрические измерительные преобразователи с трехэлектродной и четырехэлектродной измерительной ячейкой [1, 2]. В четырехэлектродной измерительной ячейке ток в растворе протекает между двумя внешними электродами, подключенными к источнику напряжения. Два внутренних электрода выполняют функции потенциометрических, с их помощью измеряется падение напряжения в растворе. Таким образом, разделение функций между токовыми и потенциометрическими электродами позволяет устранить влияние поляризации на результаты измерения электропроводности [3].

Питание кондуктометрического измерительного преобразователя осуществляется в переменном токе высокой частоты. Использование переменного тока позволяет снизить погрешности, связанные с процессами на межфазной границе электрод-жидкость. В четырехэлектродном измерительном преобразователе измерительный эффект тем выше, чем выше стабильность тока I протекающего через токовые электроды и чем выше входное сопротивление первого каскада усиления к которому подключены потенциальные электроды.

Кондуктометрические измерительные преобразователи строятся на базе компенсационных мостовых потенциометрических резонансных частотных методах измерения. Наиболее точными и метрологическими надежными схемой измерения является компенсационные, мостовые и частотные.

Применение микроконтроллеров при проектировании четырехэлектродных измерительных преобразователей позволяет автоматизировать процесс определения контролируемого свойства вещества или параметра состава.

Структурная схема четырехэлектродного кондуктометрического измерительного преобразователя приведена на рис. 1

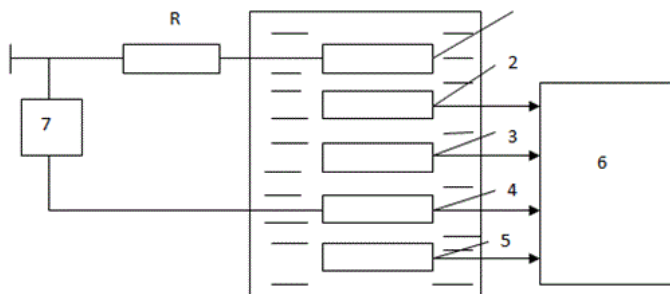


Рисунок 1. Структурная схема четырехэлектродного кондуктометрического преобразователя

Где 1, 2, 3, 4 – измерительные электроды; 5-термометр сопротивления; 6-измерительный блок; 7-источник тока; R-ограничительная сопротивления.

Ток в растворе протекает между двумя внешними электродами 1 и 4 подключенными к источнику напряжения 7. Благодаря большому ограничительному сопротивлению R сила тока в цепи остается постоянной. Измерение проводимости раствора происходит в электронном блоке 6.

На рис.2 показана начерченная принципиальная электрическая схема четырехэлектродного кондуктометрического преобразователя в программе TINA-TI[4].

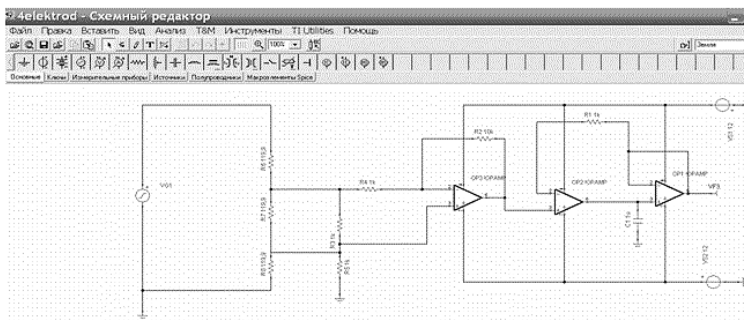


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема четырехэлектродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI

С помощью виртуального генератора синусоидальное напряжение с частотой 1 кГц и амплитудой 1 вольт подается на внешние электроды измерительного преобразователя. Изменяя значения сопротивлений R6, R7, R8 можно моделировать работу четырехэлектродного измерительного преобразователя. Значение удельной электрической проводимости вычисляется по формуле (1).

$$\delta = I / U_{\text{ВЫХ}}[1 - \alpha(N_{ti} - N_{t0})] \dots\dots\dots (1)$$

где δ -удельная электрическая проводимость, α -температурный коэффициент проводимости электролита, N_{ti} , N_{t0} - коды соответствующие температуре T и 20⁰ C соответственно, $U_{\text{ВЫХ}}$ - выходное напряжение измерительного преобразователя, I -ток протекающий между внешними электродами. На рис.3 показаны измерительный входной сигнал виртуального генератора и выходные сигналы схемы измеренные виртуальным мультиметром и осциллографом при моделировании в программе TINA-TI.

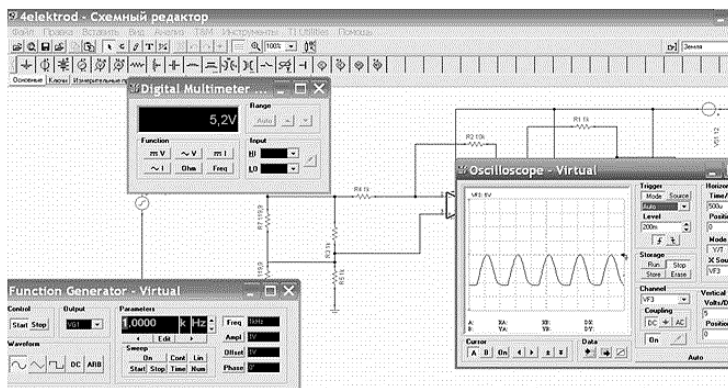
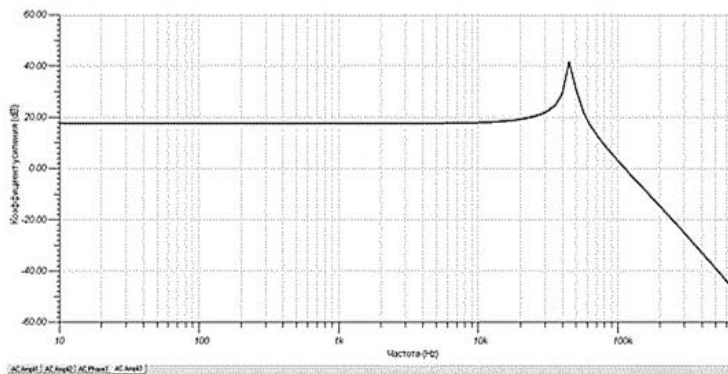


Рисунок 3. Измерение виртуальных сигналов четырехэлектродного преобразователя в программе TINA-TI

В принципиальной электрической схеме усилительный каскад составлен из трех микросхем типа операционного усилителя. Для проведения виртуальных измерений на выход усилительного каскада подключается виртуальный мультиметр и осциллограф. При моделировании кондуктометрического преобразователя, определены и выбраны компоненты измерительных схем. Основная приведенная погрешность удельной электрической проводимости, полученная при моделировании, составила 1%.

Исследованы динамические характеристики четырехэлектродного кондуктометрического измерительного преобразователя. Проведено моделирование амплитудно-частотных характеристик в программе TINA-TI. На рис.4 показана амплитудно-частотная характеристика четырехэлектродного кондуктометрического измерительного преобразователя в программе TINA-TI.



**Рисунок 4. Амплитудно-частотная характеристика
четырёхэлектродного измерительного преобразователя**

Как видно из рисунка амплитудно-частотная характеристика четырёхэлектродного измерительного преобразователя более стабильно в интервале частот 0-60 кГц.

Определение диапазона амплитудно-частотных характеристик четырёхэлектродного измерительного преобразователя позволяет при проектировании правильно выбирать частоту питающего генератора, следовательно, проектировать измерительные преобразователи высокими показателями точности.

Список литературы:

1. Грилихес М.С, Филяновский Б.К. Контактная кондуктометрия: Теория и практика метода. - Л: Химия, 1980г.,176 с.
2. Лопатин Б.А.Теоретические основы электрохимических методов анализа. М. : Высшая школа, 1975г., 296 с.
3. Б.И. Герасимов, Е.И. Глинкин. Микропроцессорные аналитические приборы. Москва. Машиностроение,1989 г., 213 с.
4. Программа Тина-Ти версия 9. 3. 50. 40 SF-TI <http://www.ti.com/tod/Tina-Ti>.

1.4. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Писклич Мария Андреевна

магистр технических наук,

*Ухтинский государственный технический университет - УГТУ,
РФ, г. Ухта*

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THERMAL INSULATION

Maria Pisklich

Master of Engineering

*Ukhta State Technical University - USTU,
Russia, Ukhta*

Аннотация. Один из основных факторов эксплуатационной надежности и долговечности здания – сохранение теплоизоляционных качеств ограждающих конструкций. Гарантированный срок службы теплоизоляции, по словам производителей, составляет порядка 50 лет. Однако в процессе эксплуатации под действием деструктивных факторов коэффициент теплопроводности и плотность теплоизоляционных материалов в результате слеживаемости увеличиваются. Это непосредственно влияет на изменение срока службы теплоизоляции в отличие от паспортных значений. Следовательно, надежность теплоизоляционного слоя меньше, нежели гарантированная в паспорте материала.

Abstract. One of the main factors of operational reliability and durability of a building is the preservation of the heat-insulating qualities of building envelopes. The guaranteed service life of thermal insulation, according to manufacturers, is about 50 years. However, during operation under the influence of destructive factors, the thermal conductivity coefficient and the density of thermal insulation materials increase as a result of caking. This directly affects the change in the service life of thermal insulation, in contrast to the passport values. Therefore, the reliability of the thermal insulation layer is less than that guaranteed in the material certificate.

Ключевые слова: теплоизоляция; коэффициент теплопроводности; срок службы; долговечность.

Keywords: thermal insulation; coefficient of thermal conductivity; service life; durability.

Цель данной работы – оценить надежность теплоизоляционного материала путем анализа изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции за период эксплуатации, как основного критерия долговечности материала.

Цель работы достигается посредством проведения эксперимента по определению коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала.

Метод измерения теплопроводности основан на принципе регулярного режима и устанавливает зависимость температуры помещенного в материал нагреваемого тела (зонда) от теплопроводности окружающего его материала.

Измерение теплопроводности производится с помощью цифрового мультиметра с тепловым цилиндрическим зондом постоянной электрической мощности нагрева по измерению его температуры за определенный интервал времени.

Величину теплопроводности определяют расчетным путем по результатам измерений.

Принцип регулярного режима при использовании теплового цилиндрического зонда постоянной мощности предусматривает, что изменение температуры зонда во времени подчиняется экспоненциальному закону. В связи с этим для расчета коэффициента теплопроводности используется формула:

$$\lambda = A \frac{\ln\left(\frac{\tau_n}{\tau_m}\right)}{R_m - R_n}, \dots\dots\dots (1.1)$$

где: λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С);

A – аппаратный фактор прибора;

τ_n, τ_m – фиксированные отчеты времени в минутах, выбираются при условии $\tau_n / \tau_m = 2$;

R_m, R_n – фиксированные температуры в условных единицах.

Для фактических расчетов определяют среднеарифметическое значение ΔR_i по трем парам фиксированных измерений:

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [(R_2 - R_4) + (R_{2.5} - R_5) + (R_3 - R_6)] \quad (1.2)$$

Величина аппаратного фактора зависит от вида материала, его температуры в начале испытаний, контакта с зондом и рассчитывается по формуле

$$A = R_0 \cdot [K + \alpha \cdot c \cdot \rho_m \alpha] \dots\dots\dots (1.3)$$

где: R_0 – температура среды испытания в начальный момент времени, условные единицы;

K – удельная мощность нагрева зонда, зависит от начальной температуры и определяется по графику $K = f(t)$ (Рисунок 20);

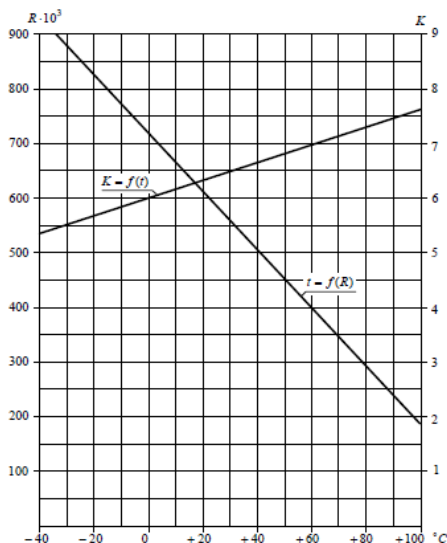


Рисунок 1. График зависимостей $t = f(R), K = f(t)$

где: α – коэффициент теплообмена в зоне контакта, $m^2/час$, для пористых теплоизоляционных материалов $\alpha = 0,00175$.

c – удельная теплоемкость материала, $кДж/(кг \cdot ^\circ C)$; для каменной ваты $c = 0,8$ $кДж/(кг \cdot ^\circ C)$, для пенополистирола $c = 1,65$ $кДж/(кг \cdot ^\circ C)$.

ρ_m – средняя плотность материала, $кг/м^3$.

Расчетная формула коэффициента теплопроводности имеет вид:

$$\lambda = R_0 \cdot [K + \alpha \cdot c \cdot \rho_m] \cdot \frac{\ln(\frac{\tau_n}{\tau_m})}{\frac{1}{3} \sum \Delta R_i \cdot 10^3} \dots\dots\dots (1.4)$$

Объектом исследования послужили высококачественный негорючий тепло – и звукоизоляционный материал из каменной ваты марки LINEROCK. Данный материал применяют в качестве теплоизоляционного слоя в фасадных системах с воздушным зазором. Плотности образцов минераловатных утеплителей, согласно паспорту, равны 30 кг/м^3 (далее по тексту минеральная вата 1) и 50 кг/м^3 (далее по тексту минеральная вата 2), коэффициенты теплопроводности равны соответственно $0,037$ и $0,036 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Для проведения эксперимента были подготовлены образцы – кубики, которые подвергались 4-х часовому замораживанию. Далее в толще образца просверливается отверстие, соответствующее длине и диаметру зонда прибора, обеспечивая максимальный контакт. При помощи измерителя теплопроводности цифровым мультиметром были проведены замеры температуры в толще утеплителя согласно методике проведения эксперимента.



Рисунок 2. Ход эксперимента

Данные изменения температур в ходе эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Изменения температур материала в ходе эксперимента

Наименование материала	R после 2 минут, °C	R после 2,5 минуты, °C	R после 3 минут, °C	R после 4 минут, °C	R после 5 минут, °C	R после 6 минут, °C
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (1 замер)	13,8	13,0	12,5	12,2	12,4	12,9
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (2 замер)	13,7	13,1	12,8	12,7	13,1	13,8
Каменная вата плотностью 33,6 кг/м ³ (3 замер)	13,8	12,8	13,3	11,9	12,2	12,9
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (1 э замер)	13,3	12,6	12,1	11,4	11,2	11,3
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (2 замер)	12,8	12,0	11,3	10,4	10,1	10,2
Каменная вата плотностью 54,7 кг/м ³ (3 замер)	10,9	10,0	09,2	08,3	08,0	08,3

Для расчетов коэффициента теплопроводности сперва необходимо найти параметр А – величину аппаратурного фактора по формуле (1.3)

Для минеральной ваты 1 величина аппаратурного фактора равна А = 134,55.

Для минеральной ваты 2 величина аппаратурного фактора равна А=134,04.

Собрав необходимые данные рассчитывается коэффициент теплопроводности.

Для минеральной ваты № 1:

1 замер:

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [(13,3 - 11,4) + (12,6 - 11,2) + (12,1 - 11,3)]$$

$$R_m - R_n = \frac{1}{3} \sum \Delta R_i = \frac{1}{3} [4,1]$$

$$R_m - R_n = 1,36$$

Расчетная формула коэффициента теплопроводности имеет вид:

$$\lambda = 134,55 \cdot \frac{0,693}{1360}$$
$$\lambda = 0,068 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

2 замер: $\lambda = 0,052 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

3 размер: $\lambda = 0,051 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

По данным трех замеров найдем среднее арифметическое значение коэффициента теплопроводности.

$$\lambda_1 = (0,068 + 0,052 + 0,051): 3$$

$$\lambda_1 = 0,057 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

Для минеральной ваты № 2:

Замер 1: $\lambda_1 = 0,116 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

Замер 2: $\lambda = 0,116 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

Замер 3: $\lambda = 0,111 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

По данным трех замеров найдем среднее арифметическое значение коэффициента теплопроводности.

$$\lambda_1 = (0,116 + 0,116 + 0,111): 3$$

$$\lambda_1 = 0,114 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коэффициент теплопроводности минеральной ваты 1 увеличился с $0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ на $0,057 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, коэффициент теплопроводности минеральной ваты 2 увеличился с $0,036 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ на $0,114 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. Коэффициент теплопроводности увеличился в большей степени у мягкой каменной ваты.

Определим срок службы навесного вентилируемого фасада. В качестве утеплителя примем материал, изучаемый в эксперименте. Для расчета примем следующую конструкцию (Рисунок 3)

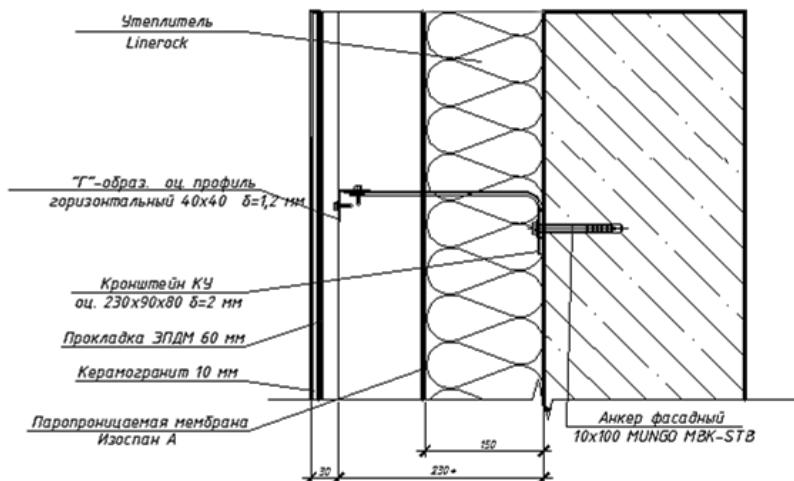


Рисунок 3. Конструкция навесного вентилируемого фасада

Таблица 2.

Теплотехнические показатели наружной несущей стены
в начальный период эксплуатации

Наименование материала слоя	Толщина слоя δ_i , м	Плотность γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м·°C)	Сопротивление R_i и R_0 , (м ² ·°C)/Вт
Внутренний пограничный слой воздуха $1/\alpha_{в} = 1/8,7$				0,12
Глиняный кирпич	0,38	1800	0,5	0,76
Теплоизоляционный материал	0,15	50	0,037	2,7
Воздушный зазор	0,05	1,205	2,59	0,019
Керамогранит	0,008	2400	0,31	0,02
Наружный пограничный слой воздуха $1/\alpha_{н} = 1/23$				0,04

Нормируемое сопротивление теплопередачи наружной ограждающей стены, из условия энергосбережения $R_{тр} = 3,92$ Вт/ м²·°C

В начальный момент времени $\lambda_0 = 0,037$ Вт/ м^{°С}, спустя 11 лет $\lambda = 0,057$ Вт/ м^{°С}.

Найдем коэффициент зависимости приращения коэффициента теплопроводности от времени испытаний.

$$K_\lambda = \frac{\lambda - \lambda_0}{t_{\text{и}}}$$
$$K_\lambda = \frac{0,057 - 0,037}{11}$$
$$K_\lambda = 0,0018$$

Найдем приращение коэффициента теплопроводности за год по формуле

$$1 = \frac{\Delta\lambda}{0,0018}$$
$$\Delta\lambda = 0,0018 \text{ Вт/ м}^\circ\text{С}$$

Найдем критическое значение коэффициента теплопроводности

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{\sigma_{\text{т.и.}}}{R_{\text{т.и.}}} = \frac{\sigma_{\text{т.и.}}}{R_{\text{ТО}}^{\text{ТР}} - R_{\text{ТО}}^0}, \dots\dots\dots (1.5)$$

где: $\sigma_{\text{т.и.}}$ – толщина теплоизоляционного слоя, м;

$R_{\text{ТО}}^{\text{ТР}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче наружного ограждения, м²·°С/Вт;

$R_{\text{ТО}}^0$ – общее сопротивление теплопередачи конструкции за вычетом слоя теплоизоляции.

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{0,15}{3,92 - 0,96}$$

$$\lambda_{\text{кр}} = 0,05 \text{ Вт/ м}^\circ\text{С}$$

Определим срок службы фасадной системы.

$$t = \frac{\Delta\lambda_{\text{кр}}}{\Delta\lambda_{\text{год}}} = \frac{\lambda_{\text{кр}} - \lambda_0}{\Delta\lambda_{\text{год}}}$$

$$t = \frac{0,05 - 0,037}{0,0018}$$

$$t = 7,2 \text{ года}$$

Согласно подсчетам срок службы рассматриваемой фасадной системы равен 7,2 года.

Различие между паспортным (50 лет) и фактическим сроком службы (7,2 года) составляет 42 года. Вскрытие фасадов показывает, что накопленная за осенний период влага с наступлением зимы замерзает и разрывает волокна и воздушные камеры материала. После истечения данного срока свойства теплоизоляционного материала начнут ухудшаться: плотность и коэффициент теплопроводности будут увеличиваться, следовательно, теплоизоляционные качества всей системы будут снижаться. Для снижения энергопотребления конструкций необходимо, прежде всего, дальнейшее совершенствование теплоизоляционных материалов. Кроме того, необходимо тщательно соблюдать технологию монтажа теплоизоляционных материалов и правила их хранения.

Список литературы:

1. Гуюмджян П.П. Исследование теплофизических свойств пенополистирола при его старении / П.П. Гуюмджян, С.В. Коканин, А.А. Пискунов. – «Строительство и реконструкция», 2011. – № 2. –С. 69-76.
2. Коканин С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05/ С.В. Коканин. – Иваново, 2011.
3. Ли А.В. Долговесность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций: дис. ...канд. техн. Наук: 05.23.01 / А.В. Ли – Хабаровск, 2003.
4. Эмануэль Н.М. Задачи фундаментальных исследований в области старения и стабилизации полимеров / Н.М. Эмануэль. - Таллин, 1970. - 38 с.).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XXXV международной
научно-практической конференции*

№ 6 (35)
Июль 2020 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 13.07.20. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3

