



55 КГЭУ

XXVII ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,

**ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА И 55-ЛЕТИЮ КАЗАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

КАЗАНЬ, 5-6 ДЕКАБРЯ 2023 Г.

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

В ТРЕХ ТОМАХ

ТОМ 2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**XXVII ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА И 55-ЛЕТИЮ КГЭУ**

5–6 декабря 2023 г.

Казань

В трех томах

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 2

Казань 2023

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

М34

Рецензенты:

доцент СГТУ имени Гагарина Ю.А,
кандидат физико-математических наук, доцент Е.К. Пыльская;
проректор по РиИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
доктор технических наук, доцент И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор); И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора),
Д.А. Ганеева

М34 **Материалы докладов XXVII Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного дню энергетика и 55-летию КГЭУ / Под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2023. – 511 с.**

ISBN 978-5-89873-652-1 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-654-5

В сборнике представлены материалы докладов XXVII Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного дню энергетика и 55-летию КГЭУ, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

ISBN 978-5-89873-652-1 (т. 2)

© КГЭУ, 2023

ISBN 978-5-89873-654-5

цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 349-352. EDN NUHВAT.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 4. С. 3–15.

4. Гапоненко С.О. Математическая модель вынужденных колебательных процессов для определения динамического отклика дефектных трубопроводов // В книге: Энергия-2022. Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6-ти томах. Иваново. 2022. С. 65.

УДК 620.9

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОМБИНИРОВАННОГО КОЭФФИЦИЕНТА УСКОРЕНИЯ СТАРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Камиля Расуловна Гафиятуллина¹, Максим Дмитриевич Крайков²,
Александр Валерьевич Федюхин³

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Юрий Витальевич Ваньков

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

³НИУ «МЭИ», г. Москва

¹Kgafiatullina@yandex.ru, ²maksim_kraikov@mail.ru, ³fedyukhinav@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен метод расчет коэффициента ускорения старения для прогнозирования долгосрочных характеристик тепловой изоляции.

Ключевые слова: везерометр, уравнение Аррениуса, модель Пека.

METHOD OF CALCULATION OF THE COMBINED COEFFICIENT OF AGING ACCELERATION UNDER THE INFLUENCE OF UV RADIATION, TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THERMAL INSULATION MATERIALS

Kamilya R. Gafiatullina¹, Maxim D. Krakov²,
Alexander V. Fedyukhin³

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

³MPEI, Moscow

¹Kgafiatullina@yandex.ru, ²maksim_kraikov@mail.ru, ³fedyukhinav@yandex.ru

Abstract. The article presents a method for calculating the aging acceleration coefficient for predicting the long-term characteristics of thermal insulation.

Keywords: weatherometer, Arrhenius equation, Peck model.

Для эффективной оценки последствий старения теплоизоляционные материалы следует подвергать длительному воздействию естественного климата. В качестве альтернативы могут быть проведены ускоренные лабораторные испытания, при которых материал подвергается воздействию условий для ускорения нормальных процессов старения [1].

Наиболее критичными климатическими нагрузками, которые действуют как фактор старения материалов, являются: УФ-излучение, экстремальные температуры, изменения температуры, повышенная влажность, физические нагрузки, ветер, микроорганизмы.

Для прогнозирования долгосрочных характеристик теплоизоляции используют везерометры, предназначенные для испытаний на воздействие УФ-излучения, температуры и влажности на исследуемый объект.

Для оценки коэффициента ускорения старения используются уравнение Аррениуса, модель Пека и простая пропорция между общей УФ-энергией во время старения и естественным процессом старения на открытом воздухе (1) [2].

$$AF_{UV+t/RH} = \frac{1}{3}(AF_{T1} \cdot AF_H) + \frac{2}{3}(AF_{T2} \cdot AF_{UV}); \quad (1)$$

где $AF_{UV+t/RH}$ - комбинированный коэффициент ускорения УФ-излучения, температуры и влажности; AF_{T1} - коэффициент температурного ускорения в течение 4-часового испытательного цикла, когда наблюдались только высокие температура и влажность; AF_H - коэффициент ускорения влажности; AF_{T2} - коэффициент температурного ускорения в течение 8-часового испытательного цикла, когда действовали только температура и УФ-излучение; AF_{UV} - коэффициент ускорения УФ-излучения.

Для определения связи условий испытаний на старение с типичными полевыми коэффициент ускорения рассчитывается на основе уравнения Аррениуса (2).

$$AF_{T1} = e^{-\frac{E_A}{K} \cdot (\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_U})}; \quad (2)$$

где E_A - энергия активации механизма разрушения [3]; K – постоянная Больцмана; T_A - температура ускорения в Кельвинах; T_U - температура условий эксплуатации в Кельвинах.

Коэффициент ускорения по влажности рассчитывается на основе модели Пека (3) [4]. Это модель с двумя факторами воздействия, основанная на температуре и относительной влажности.

$$AF_{TH} = AF_T \cdot AF_H; \quad (3)$$

где AF_H - коэффициент ускорения влажности (4).

$$AF_H = \left(\frac{RH_A}{RH_U} \right)^m; \quad (4)$$

где RH_A - относительная влажность теста (100%); RH_U - относительная влажность в естественных климатических условиях (предполагается равной 40%); m - константа влажности, принятая за значение 2,66 [5].

Коэффициент УФ-излучения определяется по формуле (5).

$$AF_{UV} = \frac{\Phi_A}{\Phi_U}; \quad (5)$$

где Φ_A - общая энергия УФ-излучения при ускоренном старении; Φ_U - энергия УФ-излучения при естественном старении на открытом воздухе.

На основании данной методики расчета коэффициента ускорения старения в климатической камере можно оценить долговечность и долгосрочные характеристики теплоизоляционных материалов.

Работа выполнена в рамках Гос. задания № 075-03-2023-291/1.

Источники

1. Павлов Е.В., Леснякова М.Е., Шин Л.Зо. Анализ видов и процедур испытаний, проводимых в температурных и климатических

камерах // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее. сборник научных статей 4-й Всероссийской научной конференции. - Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. - С. 263-267.

2. Umberto Berardi, Roya Hamideh Nosrati Long-term thermal conductivity of aerogel-enhanced insulating materials under different laboratory aging conditions // Energy. - 2018. - №147. - С. 1188-1202.

3. Jelle BP Accelerated climate ageing of building materials, components and structures in the laboratory // Journal of Materials Science. – 2012. - №47. – С. 6475–6496.

4. Никонова А.С., Иваней А.А., Похольченко В.А. Разработка конструктивно-технологических параметров климатической камеры инновационного типа // Наука и образование - 2018. - Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2019. - С. 267-270.

5. Киселев, И. Я. Уравнения изотерм сорбции паров воды материалами ограждающих конструкций зданий / И. Я. Киселев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 3(381). – С. 203-207. – EDN FDOJPD.

УДК 620.9

РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СТАРЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА КАЗАНИ

Камила Расуловна Гафиятуллина¹, Максим Дмитриевич Крайков²,
Александр Валерьевич Федюхин³

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Юрий Витальевич Ваньков

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

³НИУ «МЭИ», г. Москва

¹Kgafiatullina@yandex.ru, ²maksim_kraikov@mail.ru, ³fedyukhinav@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен расчет эквивалентной длительности старения для проведения испытаний в везерометре.

Ключевые слова: везерометр, уравнение Аррениуса, модель Пека.