



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

**ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ
КАТЕДРА "ПОЛИМЕРНО ИНЖЕНЕРСТВО"**

инж. Александър Николов Стоянов

**Ограждащи конструкции с използването на еластомери в
строителството**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация

за придобиване на образователната и научна степен "доктор"
по научна специалност 5.10.Химични технологии
(Технология на каучука и гумата)

Научен ръководител: доц. д-р инж. Цоло Цолов

Научно жури:

- 1.проф.дн инж. Николай Дишовски - председател, рецензент
- 2 проф.инж. Георги Цветков, рецензент
- 3.проф.дн Тодорка Владкова
- 4.доц. д-р инж. Цоло Цолов
- 5.доц. д-р инж Валентин Диков

гр.София
2016 г.

Дисертационният труд е написан на 129 страници, съдържа 91 фигури и 27 таблици. Цитирани са 116 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет за защита на заседание на научен съвет на научното звено на катедра "Полимерно инженерство", състояло се на 05.01.2016г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 25.04.2016 г.от 14.00 часа в зала 424 сграда "А" на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересующите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел "Научни дейности", стая 406, етаж 4, сграда "А" на ХТМУ.

1. Въведение

Европа [1] е изправена пред редица предизвикателства в областта на енергетиката, които включват: растящата зависимост от вноса, недостатъчната диверсификация, високите и нестабилни цени на енергията, нарастващото търсене на енергия в глобален мащаб, рисковете за сигурността, засягащи държавите производителки и транзитните държави, нарастващите заплахи, свързани с изменението на климата, бавния напредък в областта на енергийната ефективност, предизвикателствата, свързани с използването на все по-голям дял възобновяеми енергийни източници, както и необходимостта от по-голяма прозрачност, по-нататъшна интеграция и взаимосвързаност на енергийните пазари.

В основата на политиката на ЕС за енергийна ефективност е Директива 2012/27/ЕС от 25 октомври 2012г. относно енергийната ефективност (ДЕЕ) , която има за цел да се насочат държавите членки отново по пътя към постигане на целите за 2020г. Преработената директива 2010/31/ЕС рационализира определени разпоредби на предходната директива и да завиши изискванията във връзка с енергийните характеристики по отношение на:

- общата методологична рамка за изчисляване на цялостните енергийни характеристики на сгради и обособени части от сгради;
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики на нови сгради и нови обособени части от сгради чрез въвеждане например на правилото, че от 31 декември 2020г. всички нови сгради трябва да са с почти нулево потребление на енергия;
- прилагането на минимални изисквания по отношение на енергийните характеристики, по-специално на съществуващи сгради, сградни компоненти, които подлежат на основен ремонт и технически сградни системи, независимо кога са монтирани, подменени или модернизирани;
- енергийно сертифициране на сгради или обособени части от сгради, редовна инспекция на отоплителните и климатичните инсталации в сградите и системи за независим контрол на сертификатите за енергийни характеристики и докладите от инспекциите.

Националният план [2] за действие по енергийна ефективност е разработен в съответствие с изискванията на ДЕЕ, по образец, който осигурява включването на всички задължения. Също така са взети предвид и изискванията, свързани с Директива 2010/31/ЕС относно енергийните характеристики на сградите.

Националната стратегия за енергийна ефективност определя националната цел за енергийни спестявания, етапите, средствата и мерките за нейното постигане.

Закона за енергийна ефективност [3] урежда обществените отношения, свързани с провеждането на държавната политика за повишаване на енергийната ефективност при крайното потребление на енергия и предоставянето на енергийни услуги.

За домакинствата една от насоките за развитие е подобряване на енергийните характеристики на сградите (енергийна ефективност) [3,4,5] и използване на пасивно отопление и охлаждане.

В последните години отоплението на сградите се превърна в сериозен икономически проблем.

Алтернативата е изграждането на сгради [6], конструирани по принципите на строителната топлофизика, така че с по-малко количество топлинна енергия да се осигуряват нормативните параметри за микроклимата в помещенията, а това е невъзможно без използването на топлоизолационните материали.

По функционално предназначение основните елементи от една сграда могат да се подразделят на две основни групи, а именно: носещи, ограждащи, носещи и ограждащи.

Носещите конструкции поемат натоварването от цялата тежест на сградата, хората и атмосферните въздействия.

Ограждащите конструкции на жилищните сгради и съоръжения се определят в зависимост от:

- физическите свойства на строителните материали;
- конструктивните решения;
- топовлажностния режим в помещенията;
- климатическите особености в района (региона);

в съответствие с нормите на съпротивление на топлопреминаване и въздухопроницаемостта на използваемите строителни материали.

Ограждащите елементи на сградата разделят сградата на отделни помещения и изпълняват защитни функции (звук-[7], влаго- и топлоизолация).

Конструкциите, които съчетават в себе си носещи и ограждащи функции, трябва да съвместяват в себе си тези качества.

Топлоизолационните материали, които влизат в състава на ограждащите конструкции, се класифицират:

- по вида на основната суровина за производството им;
- по формата;
- външния вид;

- структура;
- плътност;
- твърдост;
- топлопроводност и др.

Независимо от това, те трябва да осигуряват и добра влаго- и звукоизолация.

Не на последно място по важност е опазването на околната среда и осигуряването на здравословни условия на хората, работещи и живеещи в помещенията.

През последните години все по-голям брой инженери и архитекти мислят за използването на сградата и сградните елементи, след като тя бъде разрушена или смени предназначението си в контекста на [8,9] дейностите по управлението на строителните отпадъци. Също така топлоизолационните материали е необходимо да отговарят на изискванията за пожаробезопасност[10] и в процеса на експлоатацията, и при евентуален пожар в сградата, да не отделят токсични вещества над допустимите норми.

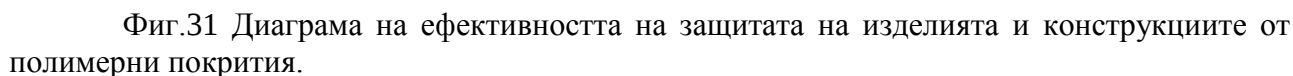
В допълнение топлоизолационните материали е наложително да отговарят на санитарно-хигиенните изисквания относно биологичната им устойчивост към развитието на вредна за човека флора и фауна.

С развитието на полимерната химия паралелно се развиват и технологии за производство на изолационни материали с участието на еластомери, с което придават на изделията нови полезни топлофизически, шумопоглъщащи и хидроизолационни свойства.

Полимерните композитни строителни материали са многокомпонентни системи, за които основен отличителен белег се явява вида на свързващото вещество – полимер. В определени условия се използват хомогенни полимери, които не съдържат в себе си каквито и да е добавки. В литературата [26] съществуват няколко способа за класифициране на полимерните композитни материали с приложение в строителството:

- произход (естествени, синтетически);
- механизъм на синтеза (полимеризация, поликондензация);
- способ на синтеза (блок, емулсия, суспензия);
- в зависимост от въздействието на температурата (термопластични и термореактивни);
- химически строеж (органични и неорганични);
- краен продукт (олигомери, полимери, пластмаси или полимерни материали);
- в зависимост на деформационните характеристики (твърди, полутвърди, меки и еластични);

ФИГ.31



- НК – натурален каучук;
- СКИ – изопренов каучук;
- СКД – каучук бутадиенов;
- СКС – каучук бутадиенстиролов;
- СКЕП – каучук етиленпропиленов;
- СКФ – флуор каучук;
- БК – бутилкаучук;
- ХСПЕ – хлорсулфиран полиетилен.

Развитието на материалите влизащи в състава на ограждащите конструкции е изключително динамично в последните години. Анализът, на базата на изготвената справка от Европейската патентна организация (ЕРО), показва няколко основни насоки към развитието на ограждащите конструкции с използването на еластомери, а именно:

1. Създаване на нови композитни материали, състоящи се от отпадни продукти, които финно диспергирани и смесени с различни лепила и адхезиви на каучукова основа, се използват в състава на ограждащите конструкции.

2. Добавяне на слепени отпадни продукти между листове от еластомерни материали с цел получаване на плочи с определени топло и шумо и хидрозолационни свойства.

3. Разработване на ограждащи конструкции от сандичев тип в които единият от слоевете е изграден от слепени каучукови мленки с цел постигане на по-добри топло и звуко и вибро- изолационни свойства.

4. Изработване на гумени плочи и настилки в които, като пълнител се ползват каучукови мленкли.

5. Разработване на нови състави на полиуретанова основа, използвани за пълнеж на плоскостни и панелни конструкции.

6. Напълване с финно диспергирани гумени трохи на цименто-бетонни конструкции с което се осигурява устойчивост на киселинни дъждове, напукване, по ниско тегло, по-добра топлопроводност.

7. Използване на еластомерни емулсии, като филмообразуващи вещества при получаване на композитни материали в състава на ограждащите конструкции.

8. Изработване на изолационни материали от експандирани и екструдирани еластомери.

От гледна точка на енергийната ефективност на сградите и опазването на околната среда това е свързано с разработването на нови материали, които влизат в състава на ограждащите конструкции или увеличаване на експлоатационния ресурс на съществуващите.

От гледна точка на опазване на околната среда направленията са:

- разработване на материали и технологии, които да увеличат експлоатационния ресурс на ограждащите конструкции, с което ще бъде намалена честотата от ремонти и отрази благоприятно на околната среда;

- разработване на типове ограждащи конструкции, които могат да се използват повторно с незначителна преработка без да се генерират строителни отпадъци;

- разработване на нови типове ограждащи конструкции, в състава на които влизат и еластомерни материали.

- според [29] в съвременни условия се наблюдава устойчива тенденция на увеличаване на потреблението на полимерни композиционни метериали, експлоатиращи се при атмосферни условия в строителството. Най-разпространени сред тях са херметизиращи, хидроизолационни, покривни материали способни продължително време да бъдат подлагани на агресивни фактори като: UV, O₃, x-ray, H₂O и температурен диапазон от -60 до +100 °C, на базата на композити на основата на наситени олигомери, еластомери и термоеластопласти.

II. ТЕМА, ТЕЗА, ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Тема: Ограждащи конструкции с използване на еластомерни материали в строителството.

Тезата на настоящата дисертация е, че еластомерните материали представляват значителен интерес и перспективна възможност за получаване на материали с комплексни експлоатационни топлофизически, хидроизолационни и шумопонижаващи характеристики и изследването им, както експериментално, така и теоретично, открива възможности за разширяване на приложенията на еластомерните материали в строителството.

Целта на настоящата дисертационна работа е да се изследва и разработи еластомерен материал със зададени експлоатационни топлофизически, хидроизолационни и шумопоглъщащи характеристики с възможности за разширяване на приложенията на ПМ при изграждането на ограждащи конструкции с аспект осигуряване подходящ микроклимат и опазване на околната среда.

Задачите, изпълнението на които е необходимо за постигане на по-горе формулираната цел, са както следва:

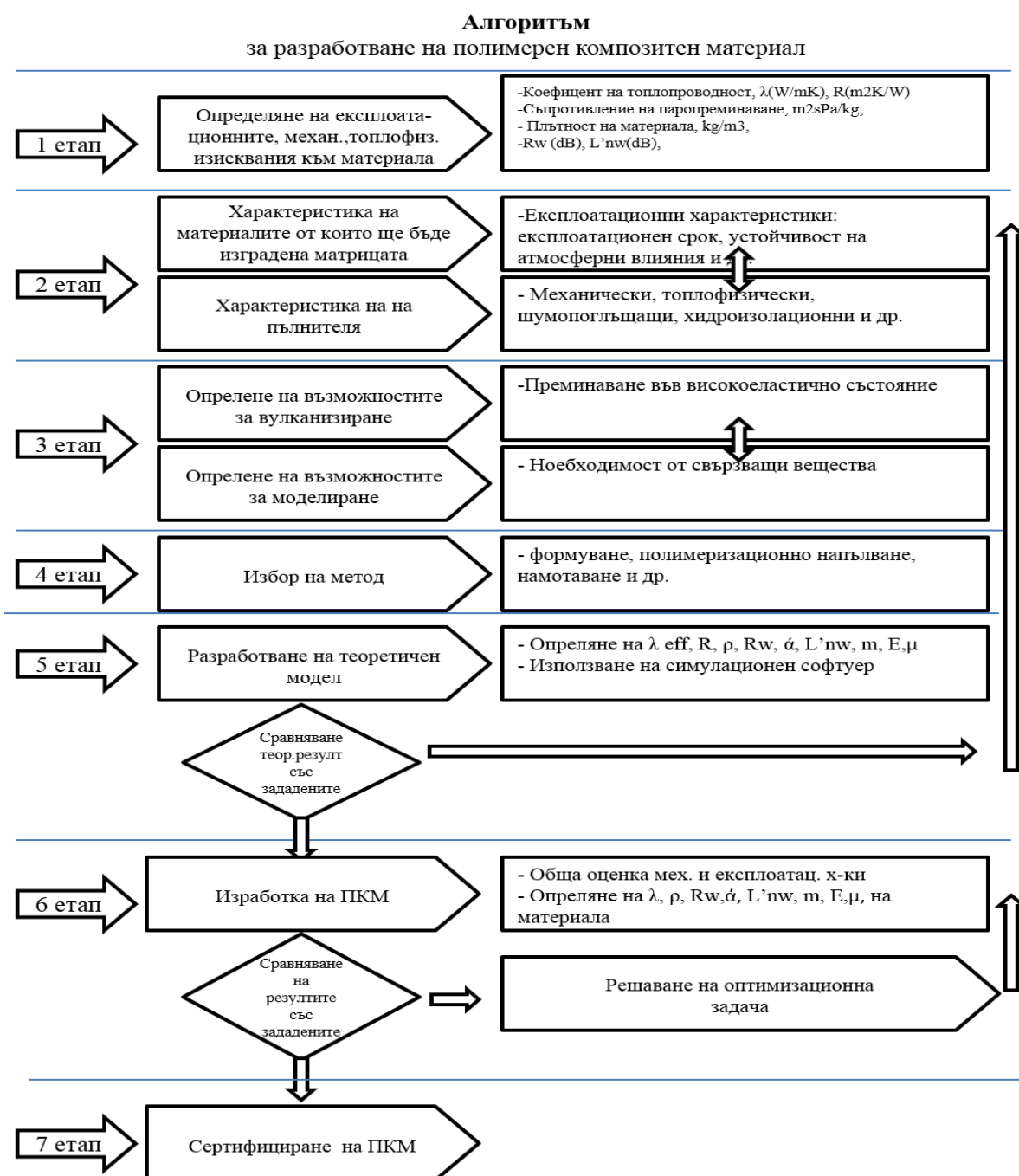
1. Да се направи справка по патентна и периодична научна литература относно изолационните материали, които се използват в строителството.
2. Да се направи сравнителен анализ на получени и публикувани вече резултати за топлофизически, хидроизолационни и шумопоглъщащи характеристики на изолационни материали.
3. Да се разработи алгоритъм, базиращ се на комплексен подход, за създаване на материал по зададени (топлофизически, акустични, физикомеханични и физикохимични) свойства.
4. Да се определят основните топлофизически свойства на материала.
5. Да се определят акустичните свойства на материала.
6. Да се изследват физикомеханичните показатели на материала.
7. Да се определи коефициента на паропропускливост на материала.

III. ПОЛУЧАВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВОЙСТВАТА НА ЕЛАСТОМЕРЕН КОМПОЗИТЕН МАТЕРИАЛ

1. Алгоритъм за получаване на еластомерен композитен материал.

В съответствие с тезата и задачите на дисертационния труд е разработен Алгоритъм за получаване на еластомерен материал със зададени характеристики, показан на фиг.33

Фиг.33



Фиг.33 Алгоритъм за получаване на еластомерен материал със зададени свойства

1. Етап. Определяне на технико-експлоатационните характеристики, физикомеханичните, топлотехнически, акустични, физикохимичните изисквания към материала. Определяне на дебелината на изолационния слой.

1.1. Запознаване с изискванията на възложителя (потребителя) и нормативните изисквания в изследваните области.

1.2. Анализ на възможностите за разработване на материал със зададени характеристики.

Анализът включва следните въпроси:

- Проучване за налични материали с подобни характеристики.
- Съществуват ли научно-технически възможности за разработване на материал с такива изисквания.
- Съответствие на изискванията на възложителя (потребителя) с нормативната база.
- Ефективност и ефикасност на разработката.

2 Етап. Определяне на необходима суровинната база.

Определяне на вида, типа и структурата на материала: хомогенен-хетерогенен, изотропен-анизотропен, органичен-неорганичен и др. Определяне на изисквания към матрицата и пълнителя, като се има в предвид, че експлоатационните характеристики (срок на експлоатация, гаранционен срок и др.) зависят от вида и типа на матрицата, а останалите от типа, вида, формата и размерите на пълнителя.

3 Етап. Технологии за разработване на материала.

На този етап се анализират възможните технологии за разработване и производство на материал, отговарящ на изискванията. Оценяват се възможностите, ползите и недостатъците от вулканизиране или моделиране на материала.

4 Етап. Определяне на метод за получаване на материала.

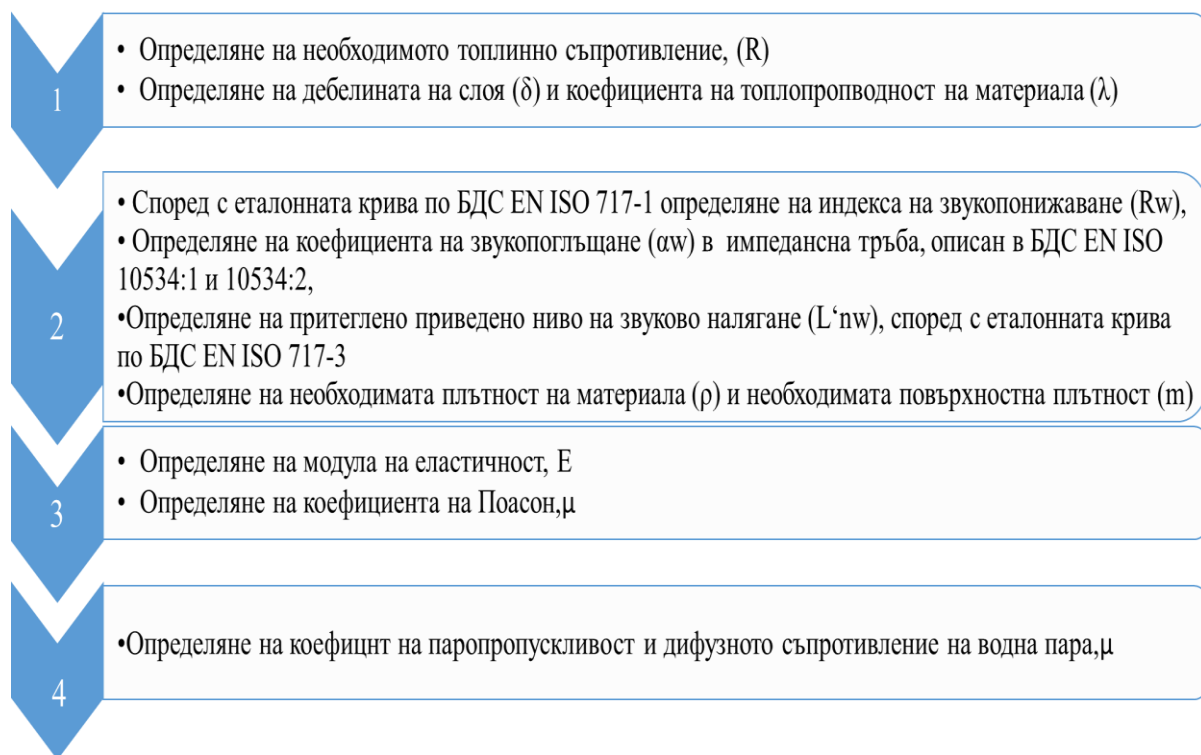
Предимства и недостатъци на методите формуване, полимеризационно напълване или намотаване и определяне на оптималния метод.

5 Етап. Разработване на теоретичен модел.

В основата на този етап стои разработване на теоретичен модел на материала, оценката на функционирането му с помощта на симулационен и приложен софтуер с

използването, на методи за математическо моделиране (метод на крайните елементи, най-малките квадрати, полевователни приближения), сравняване на получените резултати със зададените и коригиране на теоретичния модел. Последователността на работа и основните параметри на материала при разработването на теоретичния модел е показана на фиг.34

Фиг.34



Фиг.34 Последователността на работа при разработването на теоретичния модел.

При положение, че резултатите отговарят на изискванията, се пристъпва към изработването на материала, ако не - се пристъпва отново към анализ на суровинната база, технологиите, метода и коригиране или разработване на нов теоретичен модел.

6 Етап. Изработване на материала.

Оценка на свойствата и характеристиката на материала чрез провеждане на изпитания, изследвания и сравняване на постигнатите резултати със зададените. При положение, че не всички изисквания са спазени, се пристъпва към коригиране на количеството, вида и типа на инградиентите, и при съответствие към сертифициране на материала.

7 Етап. Сертифициране на материала от акредитиран орган.

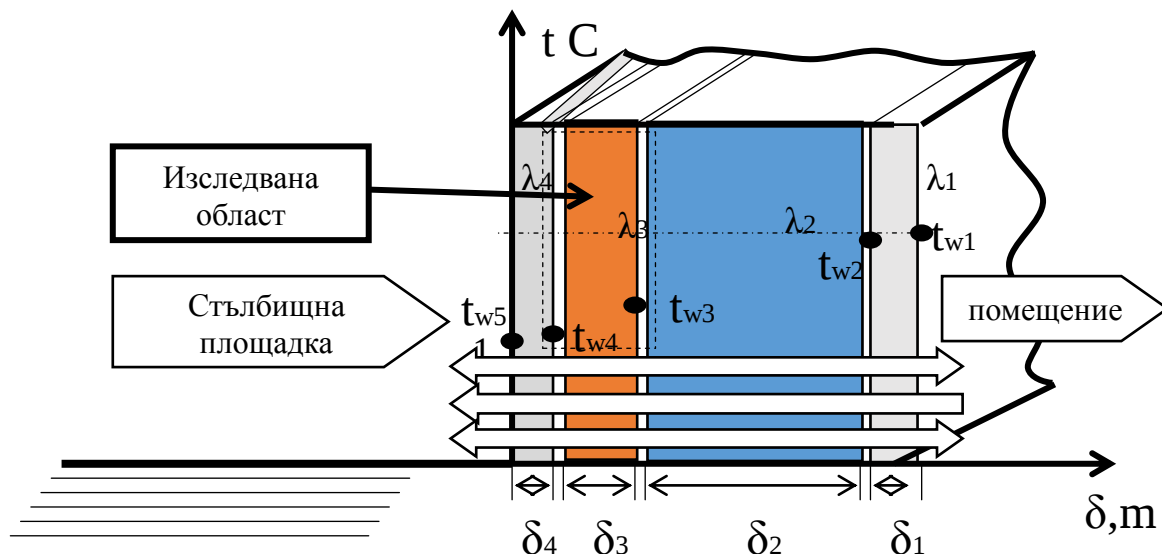
2. Постановка на задачата.

Моделите на ограждащата конструкция са:

2.1.Описание на моделите.

2.1.1. На фиг.35 е ситуирана стена, граничеща със стълбищна площадка, със следните елементи:

Фиг.35



Фиг.35 Стена, граничеща със стълбищна площадка

Ограждащата конструкция се състои от следните елементи, а термичните съпротивления са показани на таблица 1

- Вътрешна мазилка на стена, граничеща със стълбищната площадка с $\delta=0,02$ m. и $\lambda=0.5$ W/mK.
- Слой изолационен материал.
- Зидария от керамични многокамерни тухли с $\delta=0,25$ m. и $\lambda=0.29$ W/mK.
- Вътрешна мазилка на стена, граничеща със стълбищната площадка с $\delta=0,02$ m. и $\lambda=0,5$ W/mK.

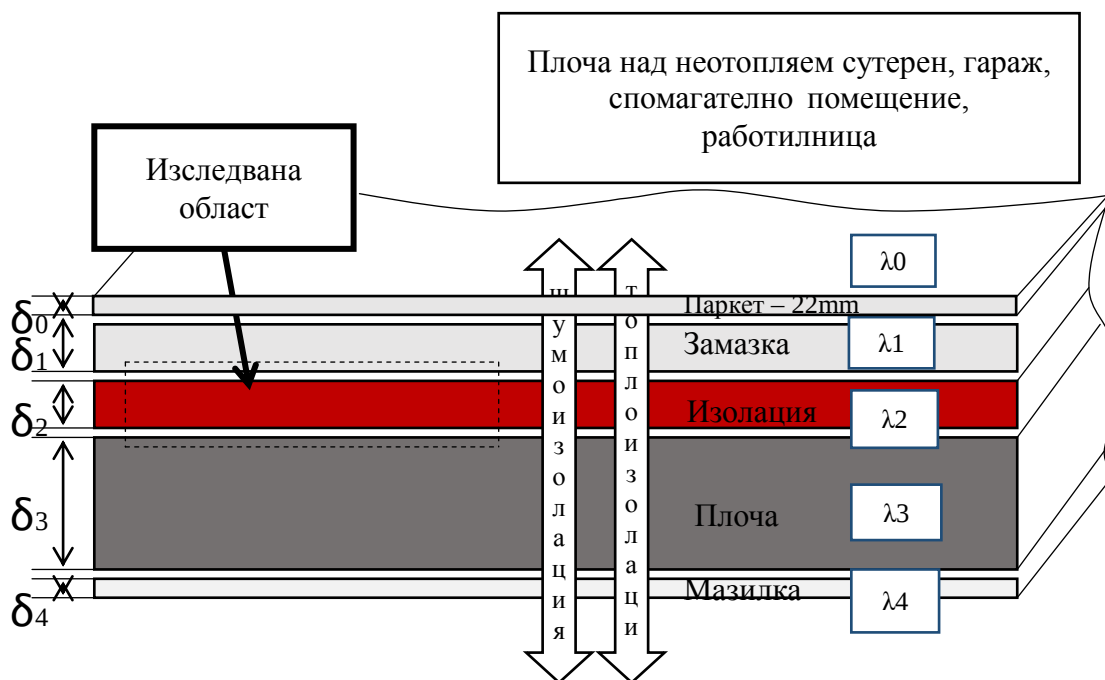
Табл.1

Таблица
с топлинните съпротивления на многослойна стена

Вътрешна стена (ВтС)	δ, m	$\lambda, \text{W/mK}$	$R, \text{m}^2\text{K/W}$
Ri			0.13
Вътрешна мазилка	0.02	0.5	0.04
Зид - керамични тухли	0.25	0.26	0.96
Изолационен материал			0.56
Вътрешна мазилка	0.02	0.5	0.04
Re			0.13
	0.340	$R_0 =$	1.86
		$U =$	0.54

2.1.2. На фиг.36 е ситуирана плоча над неотопляем сутерен, гараж, спомагателно помещение със следните елементи:

Фиг.36



Фиг.36 Плоча над неотопляем сутерен, гараж, спомагателно помещение

Ограждащата конструкция се състои от следните елементи, а термичните съпротивления са показани на таблица2.

- Паркет $\delta=0,022$ m и $\lambda=0.045$ W/mK.
- Замазка от перлитобетон с $\delta=0,06$ m и $\lambda=0.14$ W/mK.
- Стомано-бетоненена плоча $\delta=0,2$ m и $\lambda=1,63$ W/mK.
- Слой изолационен материал.
- Мазилка $\delta=0,03$ m. и $\lambda=0,5$ W/mK.

Табл.2

Таблица
с топлините съпротивления на многослойна стена

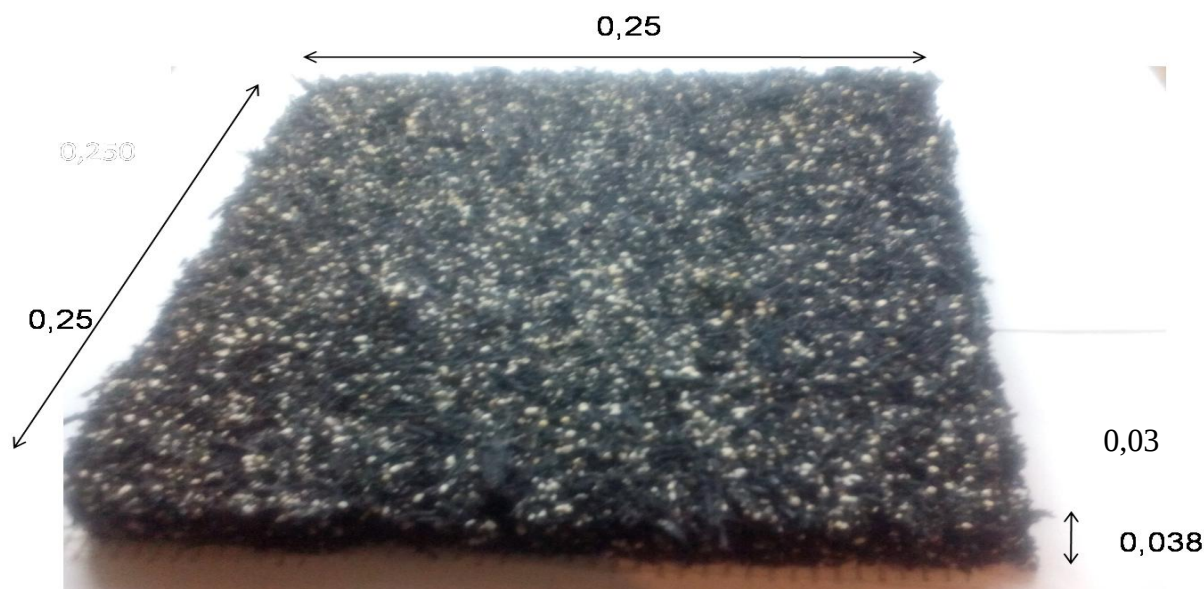
Бетонна плоча	δ , m	λ , W/mK	R, m ² K/W
Ri			0.17
Паркет	0.022	0.045	0.49
Перлитобетон	0.06	0.14	0.43
Изолационен материал			0.56
Стоманобетон	0.2	1.63	0.12
Замазка	0.03	0.5	0.06
Re			0.17
	0.362	R ₀ =	2.00
		U =	0.50

Обектът на изследването представлява плоскост (плоча) с отворени пори, с дължина, ширина и дебелина, съответно: 0.25;0.25;0.03m, като съобразно съответните метод за изпитване, изискванията на измервателната апаратура, са разработени други образци с размери, посочени в дисертационния труд.

Приема се:

- Еластомерният материал е изотропен с отворени пори.
- Каучуковите мленки (фаза, формираща матрицата) имат формата на цилиндри с размери: радиус $r_k \approx 0.001m$ и дължина $l = 0.002 \text{--} 0.003m$, а перлита (пълнител) сфери с радиус $r_p \approx 0.001m$.
- Топлинният поток преминава перпендикулярно на площта на плочата.
- Мленките се допират помежду си и са слепени със свързващо вещество с дебелина 0.0001m. на полиуретанова основа.
- Коефициентите на топлопроводност на мленките, свързващото вещество и перлита са: $\lambda_k = 0.26$, $\lambda_s = 1.7$, $\lambda_p = 0.07W/mK$ при 250-:-300 kg/m³
- Изследваните са съотношенията между каучуковите мленки и перлита са: 1/0, 0.2/0.8, 0.4/0.6, 0.6/0.4, 0.8/0.2 обемни части.
- Снимка на материала е дадена на фиг. 37

Фиг.37



Фиг.37 Снимка на материала.

Ситуираните конструкции следва да отговарят на изискванията на Приложение 1 за Референтните стойности на коефициента на топлопреминаване..... от НАРЕДБА № 7 от

2015 г. за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради” $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Топлопроводността на даден материал [30] е неговата способност да предава топлина в следствие на движението на молекулите, без да са на лице макроскопически движения на веществото. Едно от най-важните изолационни свойства на даден материал е неговия коефициент на топлопроводност – $\lambda \text{ (W/mK)}$, който се явява свойство на материала, в който се разпространява топлината.

От гледна точка на топлопроводността се разглежда едномерен вариант на многослойна стена, състояща се от слоеве мленки, перлит и свързващо вещество с определени размери и коефициенти на топлопроводност. Контактите между слоевете са идеални, т.е. температурите на контактуващите повърхности са еднакви.

Въз основа на приблизително еднаквите размери, разпределението на мленките и перлита е равномерно из целия материал в зависимост от техните смесени обеми.

Имайки данни за дебелините на слоевете от мленки, свързващо вещество и перлит, може да бъде намерено термичното съпротивление на всеки един слой, а именно:

- Базирайки се на аналитичната теория на топлопроводността от уравнението за топлопреминаване за многослойна плоска стена, определяме:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ (W/m}^2\text{K)}, \text{ от където следва:} \quad (36)$$

че съпротивлението на топлопреминаване за стена към стълбищна площадка, състояща се от 4-^{ри} слоя, за изолационния слой $R_3 = \delta_3 / \lambda_3$, ще бъде равно на:

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (37)$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{1}{0.5} - \left(0.13 + \frac{0.02}{0.5} + \frac{0.25}{0.26} + \frac{0.02}{0.5} + 0.13 \right) = 2 - (0.13 + 0.04 + 0.96 + 0.04 + 0.13) = 0.7$$

Аналогично за плоча над неотопляем сутерен, състояща се от 5 слоя за изолационния слой $R_2 = \delta_2 / \lambda_2$, ще бъде равно на:

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{1}{0.5} - \left(0.17 + \frac{0.022}{0.045} + \frac{0.06}{0.14} + \frac{0.2}{1.63} + \frac{0.03}{0.5} + 0.17 \right) = 2 - (0.17 + 0.49 + 0.429 + 0.12 + 0.06 + 0.17) = 0.56$$

Съществуват различни [31] подходи към разработването на математически модели, на преноса на топлинна енергия, композитните материали, стремящи се към определяне на ефективния коефициент на топлопроводност (λ_{eff}) на композитния еластомерен материал.

Към основните параметри [32], определящи ефективната топлопроводност на композитния еластомерен материал, се отнасят:

- топлопроводност и обемна част на отделните компоненти;
- форма и размерите на частиците на пълнителя;
- равномерност на разпределение на частиците на пълнителя;
- моно или полидисперсност на пълнителя.
- плътност;
- порестост и др.

3. Определяне на топлопроводността на материала

Предложеното решение на задачата се базира на едномерен модел на стационарна топлопроводност на многослойната стена. Топлинното съпротивление на изследвания материал е представено като сума от топлинни съпротивления на всеки един слой, характеризиращ се с отношението на дебелина на слоя към коефициента му на топлопроводност.

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \sum_{i=1}^n R_i = R_m, \text{ m}^2\text{K/W, където:} \quad (38)$$

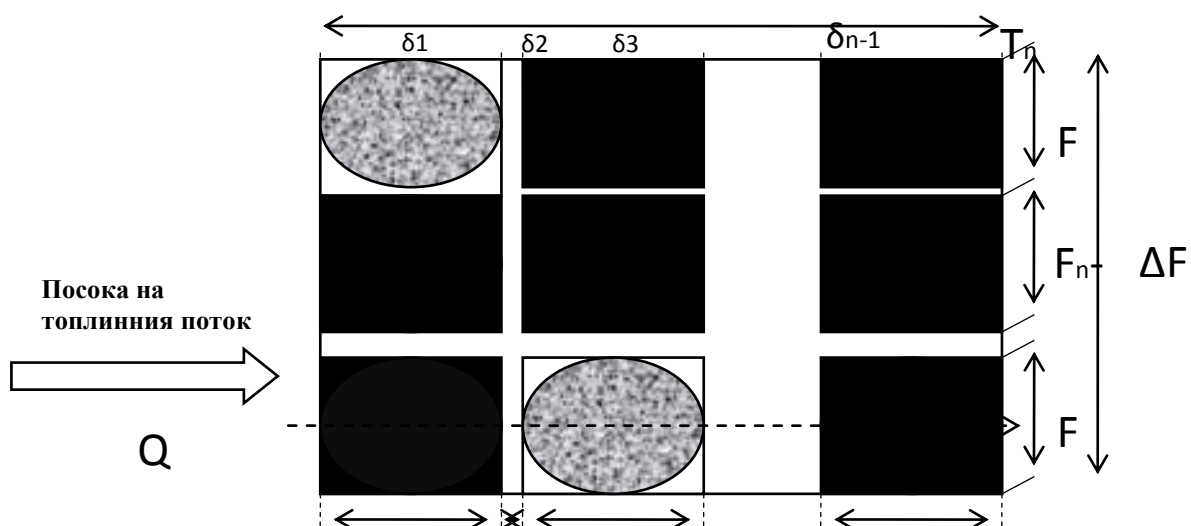
- R_m – топлинно съпротивление на материала;
- R_i – топлинно съпротивления на отделните слоеве.

Топлинните съпротивления на мленките, свързващото вещество и перлита са обозначени съответно:

- R_k – топлинно съпротивление на слоя каучукови мленки;
- R_s – топлинно съпротивление на слоя свързващо вещество;
- R_p – топлинно съпротивление на слоя перлит.

При известно топлинно съпротивление и зададен един параметър, дебелина на слоя (δ) или коефициент на топлопроводност на материала (λ), може да бъде намерен съответно и другият параметър. Графично моделът е посочен на фиг.38

Фиг.38.



Фиг.38 Модел на изследваното вещество

$$R_m = \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{kspi}}{\lambda_{kspi}} = R_m$$

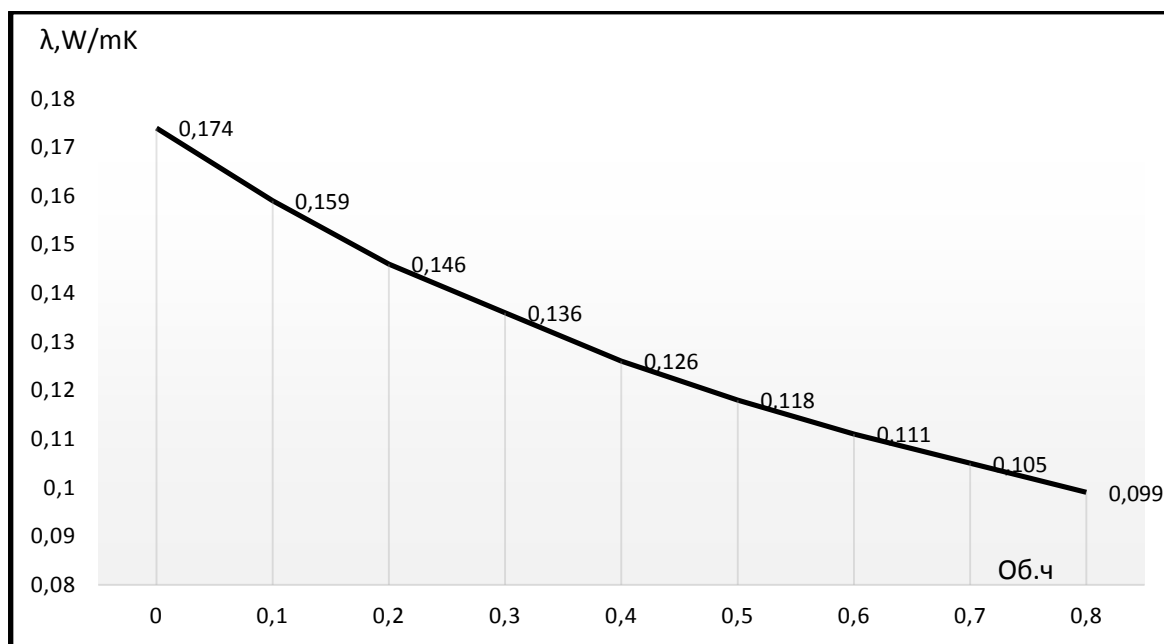
Стойностите на изчисления коефициент на топлопроводност са представени на табл.3 и фиг.39

Табл.3

Стойности на λ_{eff} в зависимост от обемните части пълнител.

Об. части пълнител	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Коеф. на топлопроводност	0,174	0,159	0,146	0,136	0,126	0,118	0,111	0,105	0,099

Фиг.39



Фиг.39 Стойности на λ_{eff} , получени в резултат на аналитичното решение на задачата.

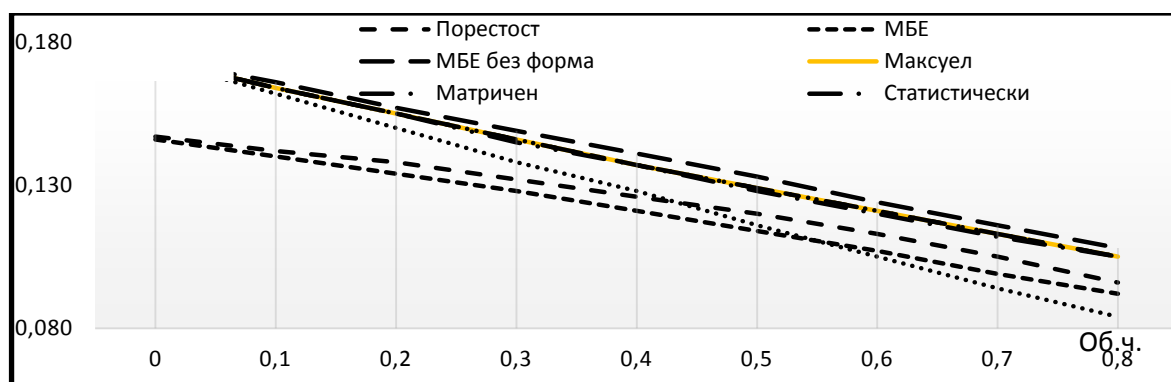
На табл.15 и фиг. 52 са посочени стойностите на коефициента на топлопроводност, получени в следствие на използване на цитираните в материала модели.

Табл.15

Стойности на коефициента на топлопроводност

Модел/Обемни части	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Модел отчитащ порестостта	0,147	0,142	0,138	0,132	0,126	0,120	0,113	0,105	0,096
Модел на Максиел Бугер Ейкен	0,146	0,14	0,134	0,128	0,121	0,114	0,107	0,099	0,092
Модел на МБЕ без отчитане форма	0,174	0,166	0,157	0,149	0,141	0,133	0,124	0,116	0,108
Модел на Максвел	0,174	0,164	0,155	0,146	0,137	0,129	0,121	0,113	0,105
Матричен модел	0,174	0,164	0,155	0,145	0,137	0,129	0,121	0,113	0,105
Статистически модел	0,174	0,164	0,155	0,146	0,137	0,128	0,12	0,112	0,105
Модел на Некрасов	0,174	0,162	0,15	0,138	0,128	0,116	0,105	0,094	0,084
Аналитично решение	0,174	0,164	0,155	0,146	0,137	0,129	0,121	0,113	0,105

Фиг.52



Фиг.52 Стойности на коефициента на топлопроводност

От фиг.52 се вижда, че статистическият, матричният, моделът на Максвел и аналитичното решение дават еднакви стойности на коефициента на топлопроводност, те не отчитат формата на частиците, както и тяхната плътност и порестост. Моделът на Некрасов определя коефициента на топлопроводност само от плътността на материала. Моделите отчитащи геометричната форма на пълнителя и порестостта на материала, показват нелинейна или експоненциална зависимост на коефициента на топлопроводност от обемните части пълнител.

Измерванията на коефициента на топлопроводност са проведени в лабораторията на "Център по енергийни анализи" към Техническия университет-София, с уред HFM 436 Lambda и реализиращ метода Heat Flow Meter съгласно стандарта ISO 8301.

Стойностите на коефициента на топлопроводност λ (W/mK) при различни обемни

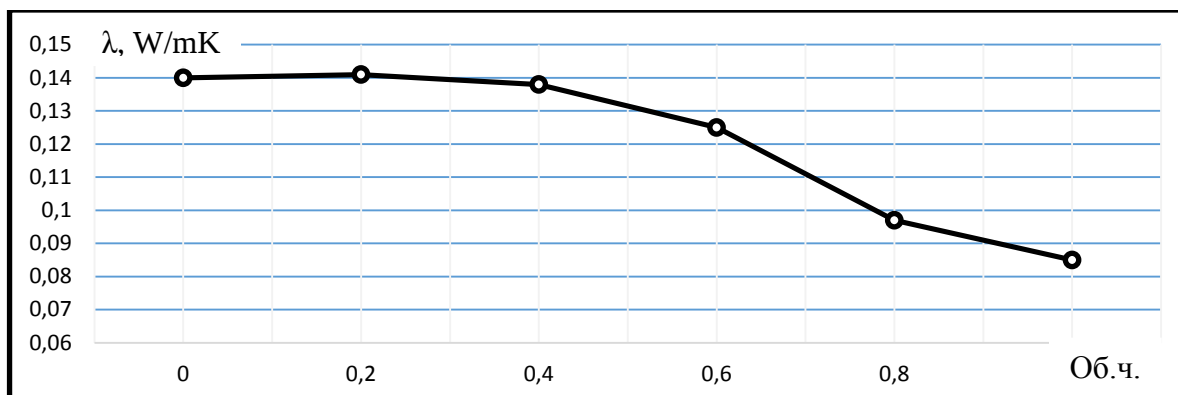
части пълнител при температура 10^0 C са посочени на табл.14 и фиг.53

Табл.14

Стойности на коефициента на топлопроводност

Обемни части пълнител	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Коефициент на топлопроводност, W/mK	0.14	0.141	0.138	0.125	0.097	0.085

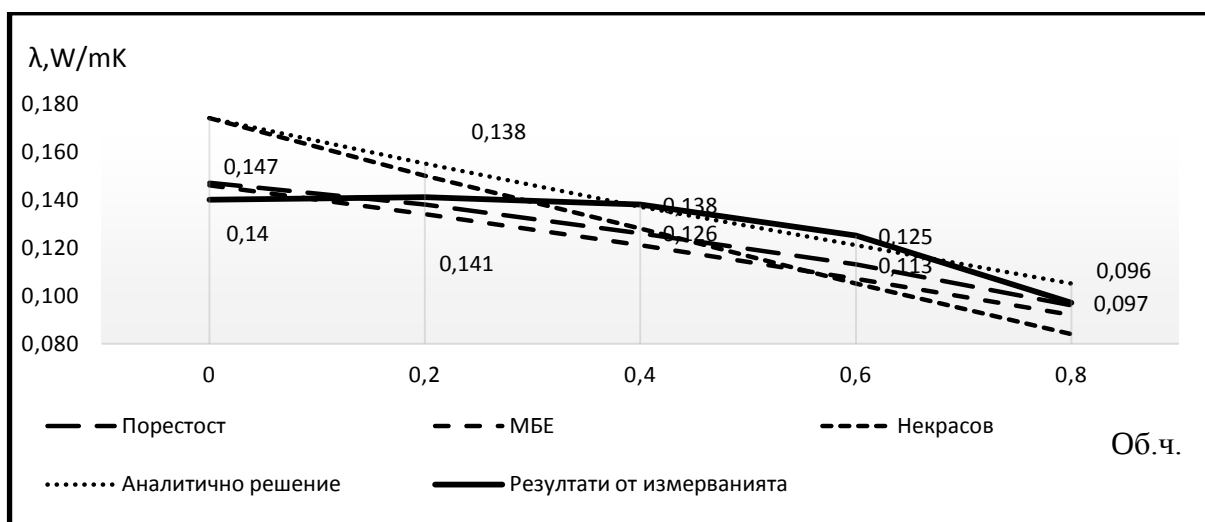
Фиг.53



Фиг.53 Стойности на λ в зависимост от обемните части пълнител.

На фиг. 54 са показани стойностите на коефициента на топлопроводност в следствие на използвани теоретични модели и резултати от изследванията.

Фиг.54



Фиг.54 Стойности на коефициента на топлопроводност получени чрез различни теоретични модели и резултати от измерванията.

От фиг. 54 се вижда, че интервала 0-:0.2 обемни части пълнител се получава видимо разминаване между резултатите, получени от теоретичните модели и измерванията, вероятно поради неформирания (уплътнена) структура на веществото, не случайно модела, отчитайки порестостта, притежава най-близки стойности.

В интервала 0.2-:-0.4 обемни части се наблюдава приближаване на стойностите на коефициента на топлопроводност на теоретичните модели и резултатите от измерванията, а в интервала 0.4-:-0.8 обемни части се наблюдава трайна тенденция за понижаване на стойностите на коефициента на топлопроводност.

Съгласно метода на най-малките квадрати (МНК) сумата на отклоненията на експерименталните резултати и теоретичните модели следва да бъде минимална и се изразява със следното уравнение:

$$S = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (y_i - \phi(x_i))^2 \rightarrow \min \quad (53)$$

Най-близо до резултатите от измерванията е моделът, отчитащ порезността на материала.

Също така е важно е да се отбележи, фиг.53 от 0 до 0,4 обемни части перлит, понижаването на коефициента на топлопроводност може да се приеме, че върви по права линия успоредна на абцисната ос, а от 0,4 до 1 обемни части перлит, понижаването на коефициента на топлопроводност може да се приеме, че върви по линия адекватно апроксимирана като експоненциална линия.

За решаването на инженерните задачи целта е постигнато топлинно съпротивление на материала $R > 0.5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Конструираният материал има стойности на коефициента на топлопроводност $\lambda = 0.097 \text{ W/mK}$, от което при заместване на стойностите на λ в уравнението

$\frac{\delta}{\lambda} = R$, $\frac{\delta}{0.097} \approx 0.5$ следва, че дебелината на материала (δ), трябва да бъде не по-малка от 0.05 m.

4. Изследване на физикомеханичните показатели на материала

Общата обемна плътност на изолационните материали се определя съгласно БДС EN 1602:2003 „Топлоизолационни продукти за приложение в строителството..“

Обемната плътност на изолационните материали (ρ_c) е отношение на масата на материала към единица обем и се изчислява по съотношението:

$$\rho_c = m_T / V_T, \text{ kg/m}^3, \text{ където:} \quad (54)$$

- m_T – маса на пробното тяло, kg.
- V_T – обем на пробното тяло, m^3 .

Повърхностната плътност на сместа се определя по съотношението:

$$m = \rho_c \times h \text{ kg/m}^2, \text{ където:} \quad (55)$$

- m - повърхностна плътност, kg/m^2 ;
 - h – височина на пробата, m .
- Резултатите са посочени на табл.17

Табл.17

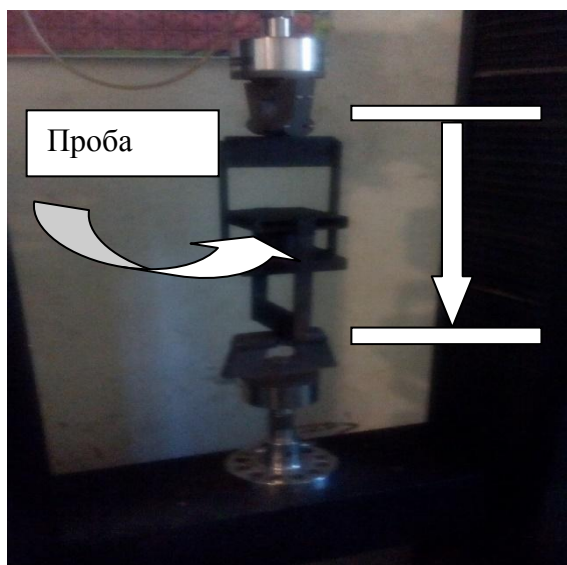
Обемни част пълнител	Вариант 1			Вариант 2		
	$\rho, \text{kg/m}^3$	$m, \rho/\text{m}^2$	h, m	$\rho, \text{kg/m}^3$	$m, \rho/\text{m}^2$	h, m
0	851	25,53	0,03	880	10,56	0,012
0.2	780	23,4	0,03	812	9,74	0,012
0.4	709	21,27	0,03	739	8,87	0,012
0.6	638	19,14	0,03	669	8,03	0,012
0.8	567	17,01	0,03	590	7,1	0,012

Определянето на поведението при натоварване на натиск се извършва съгласно БДС EN 826:2003 „Топлоизолационни продукти за приложение в строителството.“

Напрежение на натиск (σ_{10}) при 10% относителна деформация (ϵ_{10}) към първоначалната площ на напречното сечение на пробното тяло за продукти, при които 10% относителна деформация е възможна преди границата на провлачване или разрушаване. Определяне на модула на еластичност и коефициента на Пуасон.

На фиг.59 е посочено устройство за измерване на натиск с универсална изпитателна машина Instron 3110.

Фиг.59



Фиг. 59 Снимка на устройство за измерване на натиск с универсална изпитателна машина Instron 3110

Модул на еластичност при натиск (E) – отношение на натисковото напрежение към съответната относителна деформация .

$$E = \sigma_{10} \div e_y, \text{ МПа, където:} \quad (61)$$

- σ_{10} - напрежение при 10% деформация, МПа ;
- e_y – деформация.

Резултатите са посочени в табл.18

Табл.18

Стойности
на модула на еластичност при проби вариант 1 и 2

Перлит	F,kg	σ ,mPa	ξ_y	E,mPa	ξ_x	μ	ρ ,kg/m ³
0%	17.5	0.73	0.9	0,81	0.95	0.25	880
20%	33.8	1.41	0.9	1,56	0.97	0.18	812
40%	37.5	1.56	0.9	1,74	0.97	0.16	739
60%	50	2.08	0.9	2,31	0.97	0.17	669
80%	57	2.38	0.9	2,64	0.96	0.19	590

Перлит	F,kg	σ ,mPa	ξ_y	E,mPa	ξ_x	μ	ρ ,kg/m ³
0%	88,51	7,08	0,9	7,87	0,94	0,29	851,00
20%	130	9,63	0,9	10,70	0,95	0,24	780,00
40%	113,6	7,83	0,9	8,70	0,96	0,22	709,00
60%	93,5	6,93	0,9	9,70	0,95	0,25	638,00
80%	79,3	6,34	0,9	7,05	0,95	0,28	567,00

От табл.18 се вижда, че при близки плътности на материала при 10% деформация се получават различни стойности на модула на еластичност (E) на материала, респективно и различна повърхностна плътност (m).

5. Определяне на акустичните свойства на материала.

Строителните конструкции е необходимо да отговарят на изискванията на чл.23. ал.1 от Наредба №4 от 27 декември 2006 г. за Минимални изисквания за изолация от въздушен шум на стени, подове и врати и за изолация от ударен шум на подове в сгради, изолация от въздушен шум на подове $R_w \geq 55$ dB, стени $R_w \geq 53$ dB.

5.1.Определяне на загубите от преминаване.

Според [38] загубите при преминаване се увеличават с увеличаването на масата на преградата, както с нарастване на честотата. За еднослоен панел, загубите от преминаване могат да бъдат апроксимирани, както следва:

$$TL = 20\log_{10}(f_c m) - 47, \text{ dB, където:} \quad (62)$$

- f_c - честота на звука, Hz
- m - повърхностна плътност.

Стойностите на повърхностната плътност на материала при използване на данните от табл.18 са дадени на табл.19

Табл.19

Стойностите на повърхностната плътност на материала

Обемни част пълнител	Стойности		
	$\rho, \text{kg/m}^3$	$m, \rho/\text{m}^2$	h, m
0	851	42,55	0,05
0.1	816	40,8	0,05
0.2	780	39	0,05
0.3	745	37,25	0,05
0.4	709	35,45	0,05
0.5	674	33,7	0,05
0.6	638	31,9	0,05
0.7	603	30,15	0,05
0.8	567	28,35	0,05

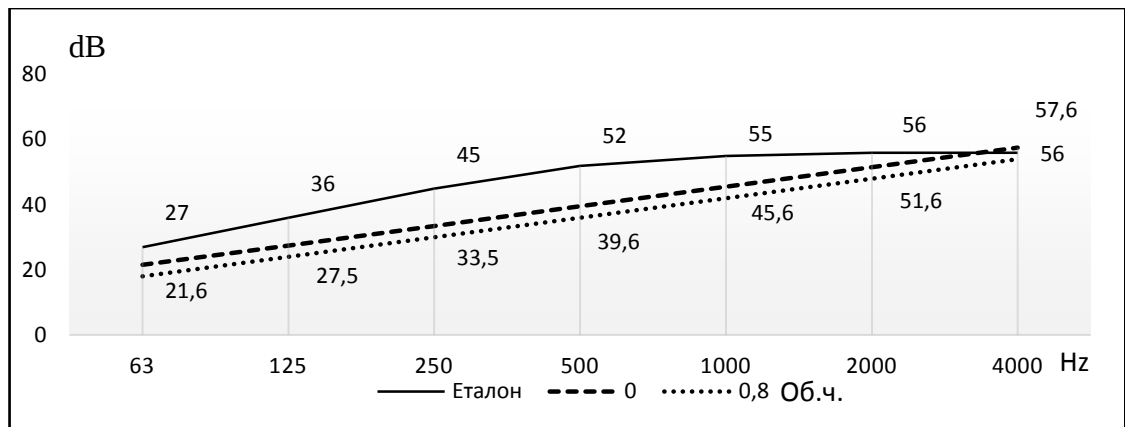
Стойностите на загубите при преминаване (TL) през еднослойна преграда с 0 и 0,8 обемни части пълнител са дадени на табл.20 и фиг.62

Табл.20

Стойностите на загубите при преминаване (TL) през еднослойна преграда с 0 и 0,8 обемни части пълнител

Загуби при преминаване	Изследвани честоти, Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Еталонна крива	27	36	45	52	55	56	56
При повърхностна плътност $42,6 \rho/\text{m}^2$	21,6	27,5	33,5	39,6	45,6	51,6	57,6
При повърхностна плътност $28,4 \rho/\text{m}^2$	18	24	30	36	42	48	54

Фиг.62



Фиг. 62 Стойностите на загубите при преминаване (TL) през еднослойна преграда с 0 и 0,8 обемни части пълнител

При изчисляване на загуби при преминаване на единична преграда методът на Sharp[16] дават близки резултати до измерените в областта от кривата, контролирана от масовият закон, при константна стойност на ъгъла на падане $\theta_L = 78^\circ$.

Основните показатели, които характеризират защитата от въздушния шум са:

- честотната характеристика на огражденията;
- индекса на изолация от въздушния шум R_w .

В следствие на решението на топлотехническата задача е определено, че дебелината на материала следва да не е по-малка от 0,05м.

Съгласно [16] ниския честотен диапазон звукоизолацията се определя от твърдостта на ограждението и резонансните явления.

На средния диапазон 250-1000 Hz звукоизолацията се определя от масата на ограждението

$$R = 20\log_{10} f_c m - 54, \text{ dB} , \text{ където:} \quad (64)$$

- m – повърхностна плътност на ограждащата конструкция, kg/m^2 ;
- f - честота на звука, Hz.

Ако се направи анализ на уравнението, ще стане ясно, че с увеличението на масата на ограждението звукоизолационната способност нараства.

При високите честоти над 2000 Hz звукоизолиращата способност зависи не само от масата, но и от твърдостта на ограждението.

Съгласно метода на Sharp, скоростта на проникване на огъващата вълна, C_b , за изотропни панели е дадено с уравнението:

$$c_b = (B\omega^2 \div m)^{0,25}, \text{ m/s} , \text{ където:} \quad (65)$$

- ω – ъглова честота, rad/s ;
- B - твърдостта на огъване, $\text{kg m}^2\text{s}^{-2}$;

- $m = \rho_m h$ повърхностна плътност, kg/m^2 .

От своя страна ъгловата честота се определя от съотношението :

$$\omega = 2\pi f, \text{ rad/s} \quad (66)$$

- f – изследваната честота, Hz

Скоростта на проникване на огъващата вълна се увеличава квадратично с възбуждащата се честота и за много панели възможността да устояват на напрежението на срязване е критичната честота, чиято скорост на проникване на огъващата вълна е равна на скоростта на проникване на акустичната вълна в дадената околна среда. За изчисляване честотата на вълнови съвпадения се използва следната формула:

$$f_c = (c^2/2\pi)(m/B)^{0.5} \text{ Hz}, \quad (67)$$

където, (c) е скоростта на звука във материала и се намира по ;

$$c_l = \sqrt{\frac{E}{\rho_m(1-\nu^2)}}, \text{ m/s} \quad (68)$$

Резултатите от изчисленията са посочени на табл.21

Твърдостта на огъване (B) е дефинирана като:

$$B = \frac{Eh^3}{12 \times (1-\nu^2)}, \text{ kg m}^2\text{s}^{-2} \text{ където:} \quad (69)$$

- h – дебелината на панела, m;
- ρ_m – плътност на материала, kg/m^3 ;
- $m = \rho_m h$ повърхностна плътност, kg/m^2 ;
- E – модул на Юнг , Pa;
- ν – коефициент на Поасон

Табл.21

Стойностите
на определени показатели на материала

Обемни част пълнител	Стойности						
	$\rho, \text{kg/m}^3$	$m, \text{kg/m}^2$	h, m	$B, \text{kg m}^2\text{s}^{-2}$	$\omega, \text{rad/s}$	$C_b, \text{m/s}$	f_c, Hz
0	851	42,55	0,05	89	395	24	10916
0,2	780	39	0,05	117	395	26,2	13091
0,4	709	35,45	0,05	96	395	25,5	12381
0,6	638	31,9	0,05	86	395	25,45	12342
0,8	567	28,35	0,05	79	395	25,7	12589

Загубите от преминаване (TL) за изотропен вид панел се определят от зависимостите, като:

За точка А:

$$TL = 20\log_{10} f_c m - 54, \text{ dB} \quad (70)$$

За точка В:

$$TL = 20\log_{10} f_c m + 10\log_{10} \eta - 44, \text{ dB} \quad (71)$$

Резултатите от изчисленията са посочени на табл.22

Табл.22

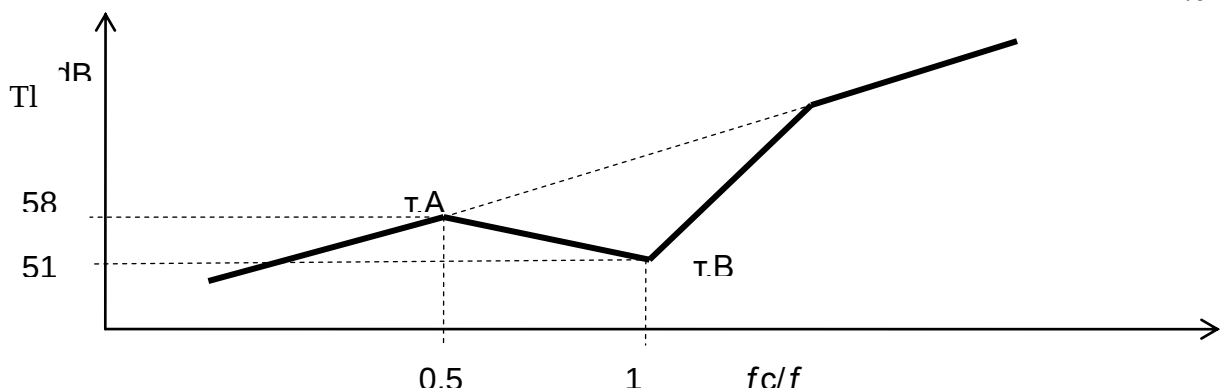
Таблица
със стойностите на честотата на съвпаденията и т.А и В

Об.ч. перлит	0	0.2	0,4	0,6	0.8
m, kg/m ²	42.55	39	35.45	31,9	28.35
f _c , Hz	10916	13091	12381	12342	12589
т.А, dB	59	60	59	57	57
т.В, dB	52	53	52	50	50

$\eta=0,02$ – вътрешните загуби се определят, от табл. Appendix B от Engineering noise control, theory and practice, David A. Bies and Colin H.Hansen.

За губите от преминаване (Tl), dB графично са показани на фиг.64

Фиг.64



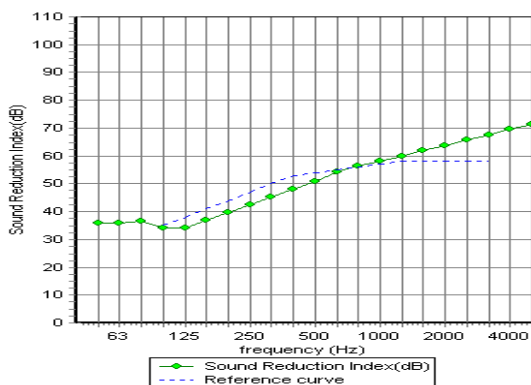
Фиг.64 Загуби от преминаване (Tl)

5.2. Определяне на индекса на шумопонижаване

Въз основа на метода на Sharp за изчисляване на загуби при преминаване през единична и двойна преграда са разработени различни софтуерни продукти, като един от най-масово използваните е Insul Marshall Day. Със софтуер Sound Insulation Prediction ver.7.0.13 е извършена симулация на индекса на звукопонижаване на отделните проби, а на фиг.65 -78 са дадени диаграмите, на които са дадени стойностите на индекса на звукопонижаване при различните количества перлит, за стена към стълбищна площадка и подова плоча над неотопляем сутерен.

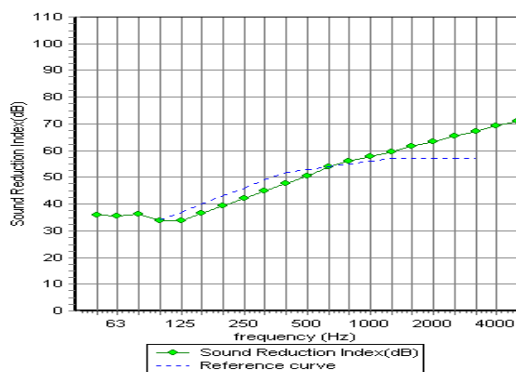
5.2.1. Резултати от симулацията на индекса на звукопонижаване при стена към стълбищна площадка.

Фиг. 65



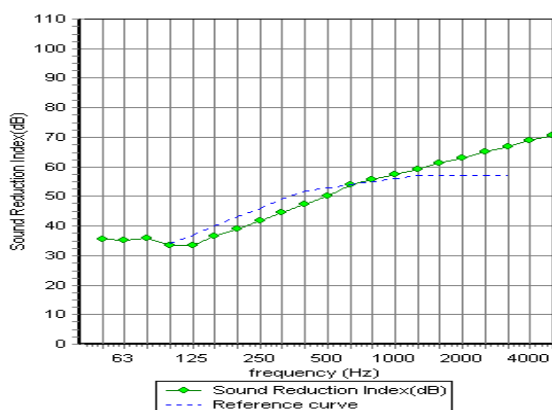
Фиг.65 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0 об.части перлит $R_w=54$ dB

Фиг.66



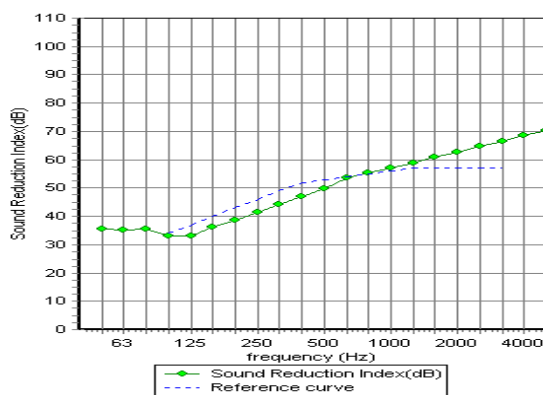
Фиг.66 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,2 об.части перлит $R_w=53$ dB

Фиг.67



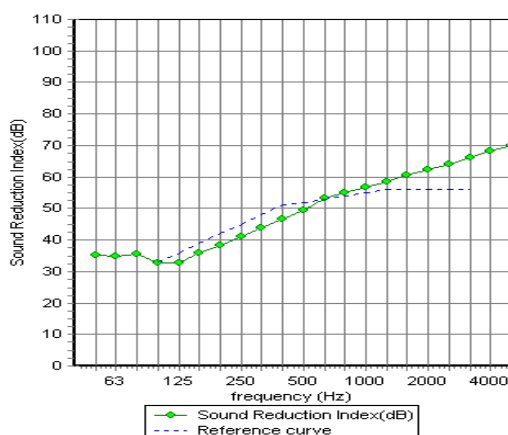
Фиг.67 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,4 об.части перлит $R_w=53$ dB

Фиг.68



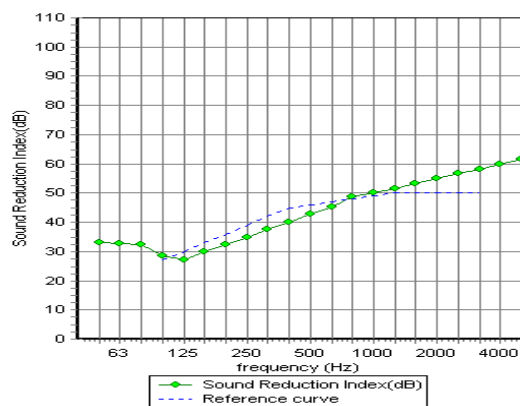
Фиг.68 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,6 об.части перлит $R_w=53$ dB

Фиг.69



Фиг.69 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,8 об.части перлит $R_w=52$ dB

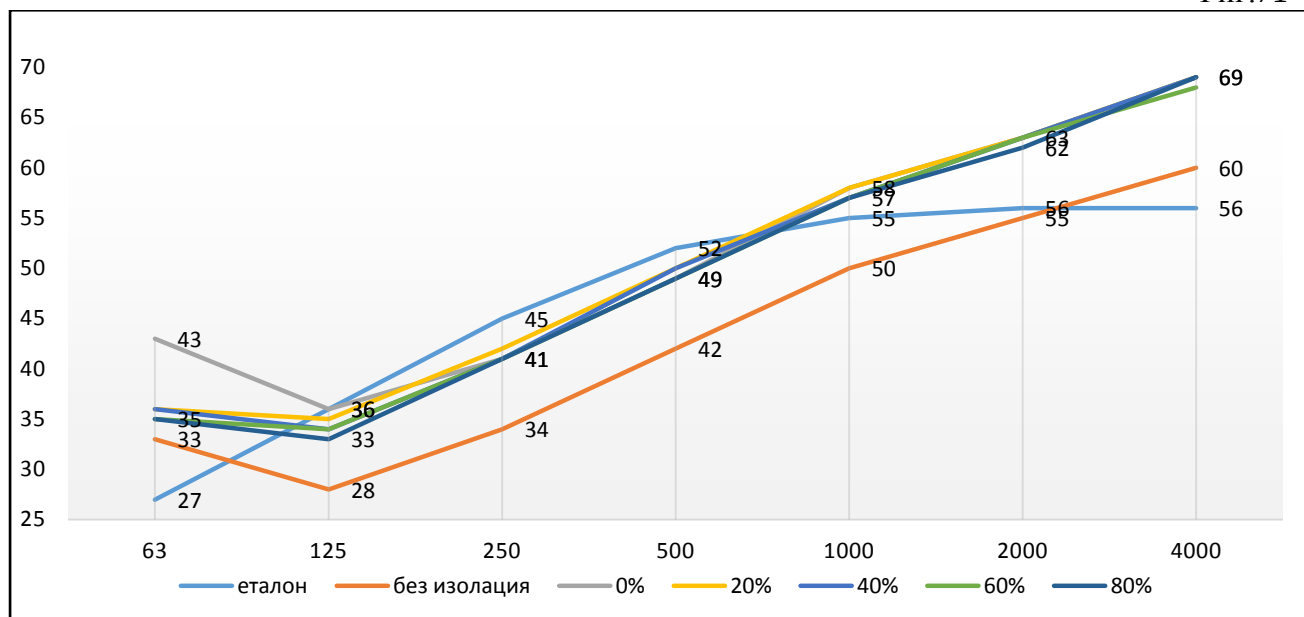
Фиг.70



Фиг.70 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба без изолация $R_w=46$ dB

На фиг.71 са обобщени резултатите от измерванията и са сравнени със стандарт БДС EN ISO 717-1

Фиг.71

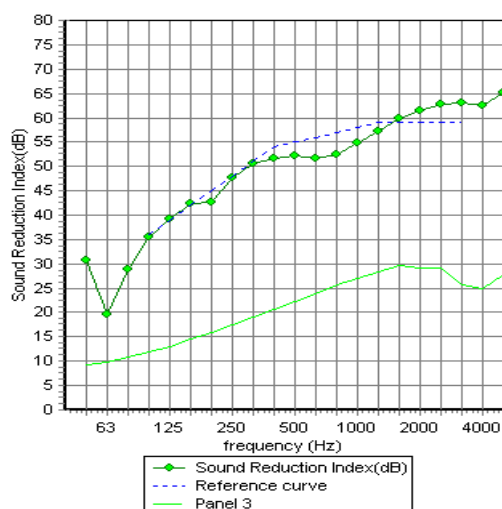


Фиг.71 Обобщени резултатите от симулацията и са сравнени със стандарт БДС EN ISO 717-1

От фиг.71 се вижда, че подобрението на изолацията в границите на 6-:-9 dB

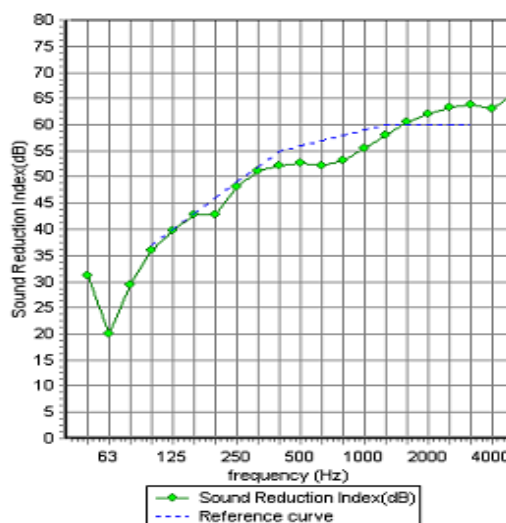
5.2.2. Резултати от симулацията на индекса на звукопонижаване при подова плоча над неотопляем сутерен.

Фиг. 72



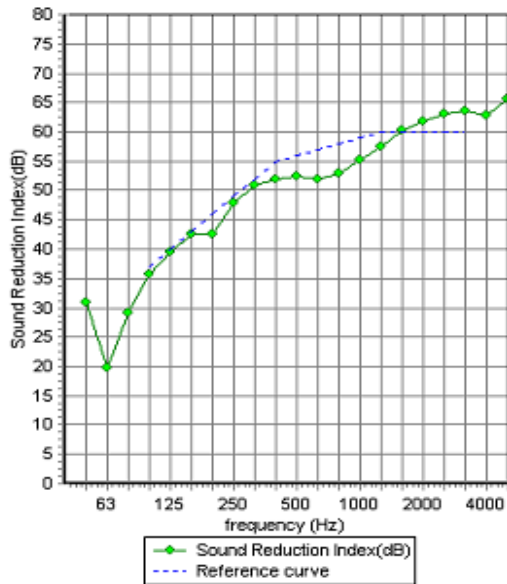
Фиг.73 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0 об.части перлит $R_w=56$ dB

Фиг.73

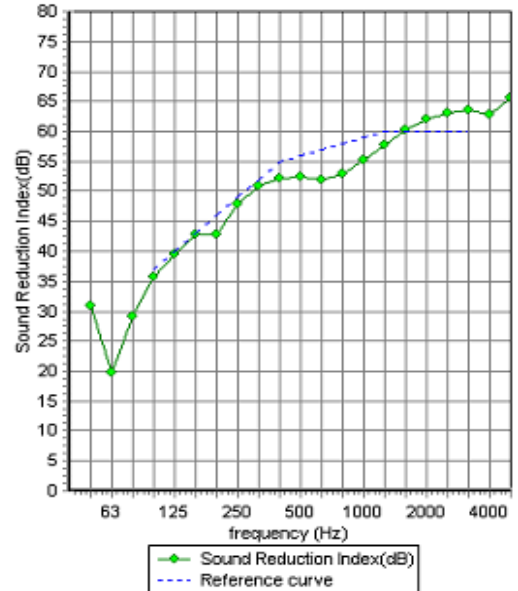


Фиг.74 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,2 об.части перлит $R_w=56$ dB

Фиг.75



Фиг.76

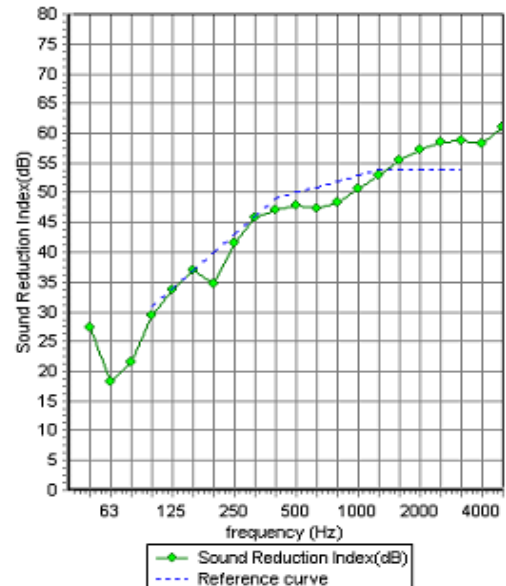
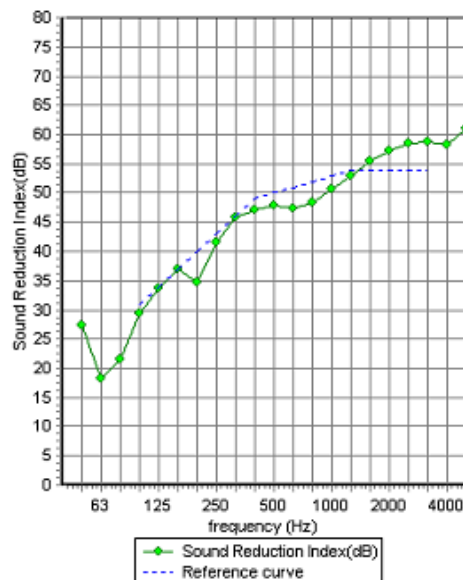


Фиг.75 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,4 об.части перлит $R_w=56$ dB

Фиг.76 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,6 об.части перлит $R_w=56$ dB

Фиг. 77

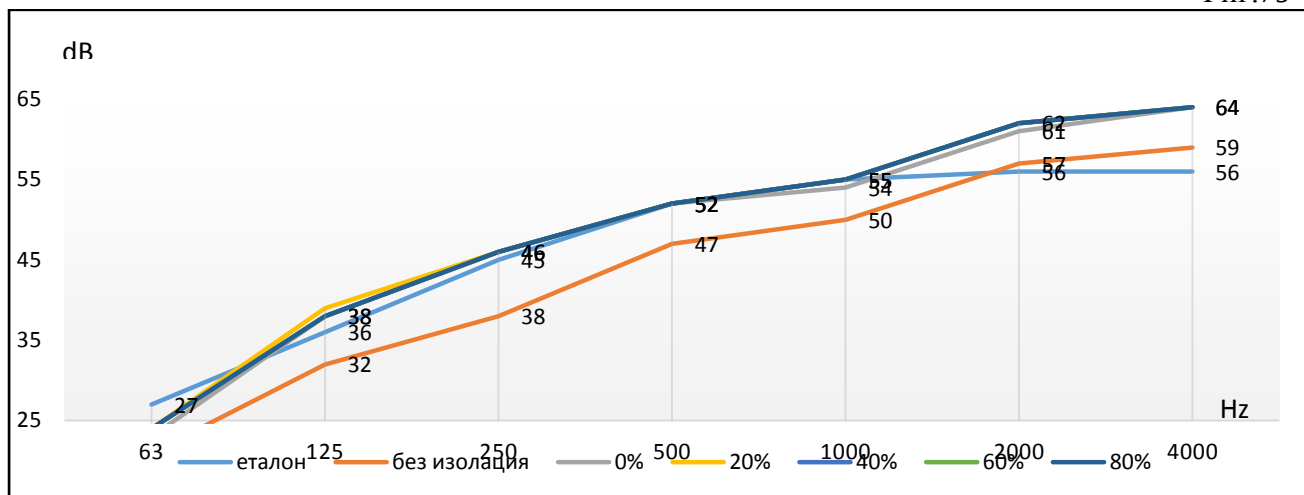
Фиг.78



Фиг.77 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба с 0,8 об.части перлит $R_w=56$ dB

Фиг.78 Стойности на индекса на звукопонижаване на проба без изолация $R_w=46$ dB

На фиг.79 са обобщени резултатите от софтуерното моделиране и са сравнени с кривата по стандарт БДС EN ISO 717-1



Фиг.79 Обобщени резултатите от симулацията и са сравнени със стандарт БДС EN ISO 717-1

От фиг.79 се вижда, че подобрението на изолацията в границите на 6-:-9 dB

5.3. Определяне на звукопоглъщащите свойства на материала.

Най-важният акустичен параметър за порестите материали е коефициентът на поглъщане, в съответствие с което материалите се разделят на поглъщащи и отразяващи.

При звукопоглъщането най-добри свойства притежават веществата с отворено пореста структура. Обяснението на явлението се базира на механизма на триенето на вълните в каналите на порите и превръщането на механичната енергия в топлинна. Но не само това е необходимо за получаването на материал с звукоабсорбционни свойства. Влияние на процеса на звукопоглъщане при композитните материали оказват и свойствата на матрицата на дадения материал (пространствени размери, плътност, маса). Коефициентът на абсорбция може да бъде дефиниран като отношение между акустичната енергия, която е погълната от материала, и общото въздействие върху него. Като цяло, основна характеристика на абсорбиращите качества на материалите е претегленият коефициент на звукопоглъщане α_w . Стойностите на коефициента варират в диапазона 0-:-1 или от непоглъщащо вълните и абсолютно поглъщащо. Добрите абсорбери са материалите с α_w над 0,60, класификацията в долната таблица е съгласно стандарт БДС EN-ISO 11654. Методите, прилагани за изследване на звукопоглъщащите свойства на материалите, са:

- в реверберационна камера, описан в БДС EN ISO 354:2003;
- и импедансна тръба, описан в БДС EN ISO 10534:1 и 10534:2

С прилагането на метода на два микрофона може да се определи съпротивлението, комплексния коефициент на отражение, и коефициента на поглъщане на звука на дадената честота.

Коефициентът на звукопоглъщане на материала е съотношение на звуковата мощност, абсорбирана на повърхността на материала, и номиналната, излъчена от източника, и се определя по отношението.

$$\alpha = 1 - |r|^2, \text{ където:} \quad (72)$$

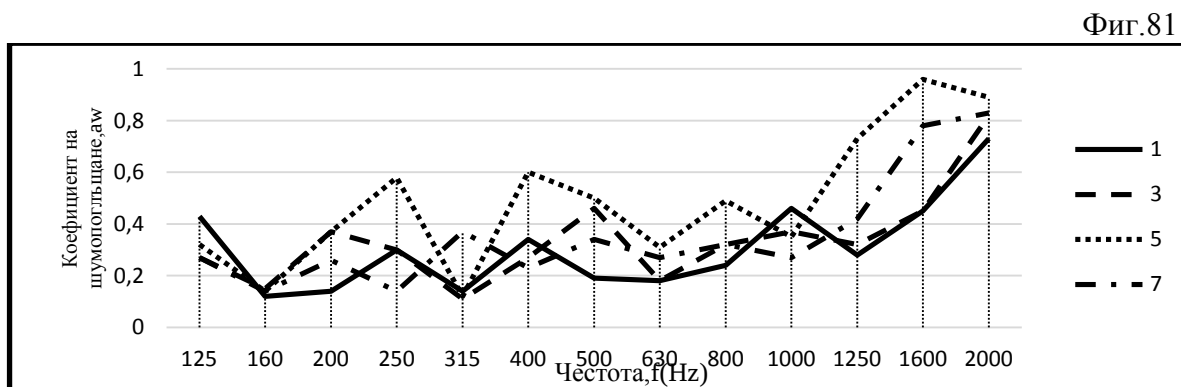
- r – комплексен коефициент на звукоотражението и се определя с равенството:

$$r = \frac{p_r}{p_i} \quad (73)$$

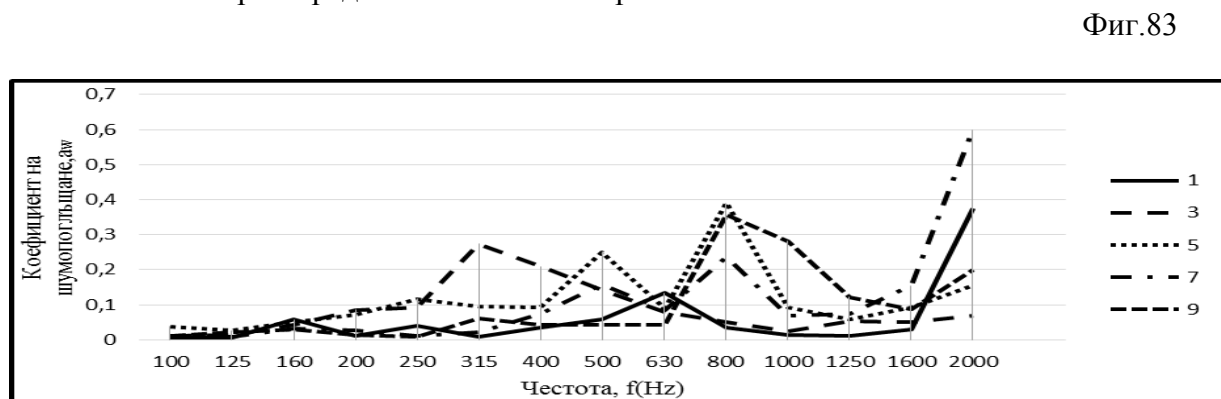
- p_r – отразеното налягане

- p_i – налягане, създадено от източника.

Експериментално са определени коефициентите на звукопоглъщане на проба N:1 и 2 с дебелина 0,012m. в честотния диапазон от 125 до 2000 Hz, като резултатите от измерванията са посочени на фиг.81 и 83



Фиг.81 Диаграма със стойностите на коефициента на звукопоглъщане при различни масови части пълнител при определени честоти на проба N:1



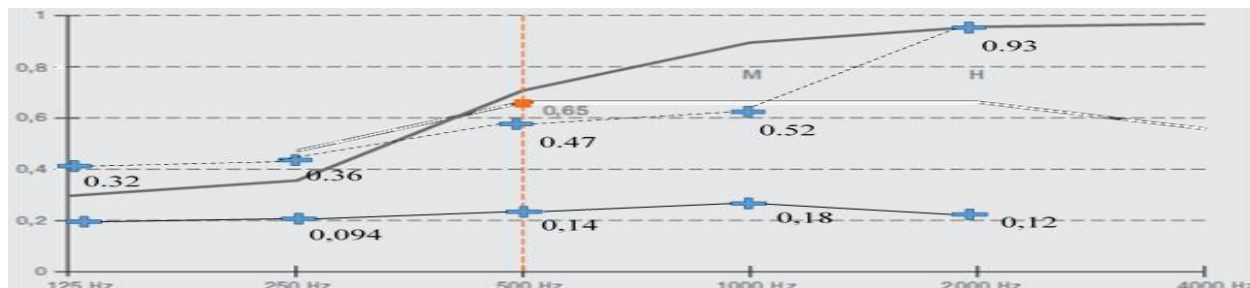
Фиг.83 Диаграма със стойностите на коефициента на звукопоглъщане при различни масови части пълнител при определени честоти на проба N: 2

Съгласно американския стандарт ASTM C 423 стойностите на коефициента на звукопоглъщане при честоти 250, 500, 1000 и 2000 Hz се определя, като средноаритметична стойност от терцеоктавните стойности при зададените честоти по следното равенство:

$$\alpha_{p(f)} = \frac{\alpha_{f1} + \alpha_{f2} + \alpha_{f3}}{3}$$

Сравнението на данните с еталонната крива е дадено на фиг.84

Фиг.84



Фиг.84 Резултати от измерванията на стойностите на коефициента на шумопоглъщане.

При проба 1 анализът на резултатите показва:

- в ниския диапазон L до 500 Hz от 125-:-250 Hz резултатите от измерванията се припокриват с еталонната крива, което само по себе си показва отлични звукопоглъщащи свойства. В диапазона на 250-:-500 Hz е налице понижаване на стойностите по еталона, което се дължи на рязко понижаване на звукопоглъщащите свойства на материала в при честота 315 Hz.

- в средния диапазон M от 500-:-2000 Hz е на лице аномалия при честота 1000 Hz, след което до 2000 Hz стойностите отново достигат еталонните.

При проба 2 анализът на резултатите показва:

- съгласно фиг.84 при стойности на коефициента на звукопоглъщане 0,5-0,2 материала проба N:2 може да се класифицира, като слабопоглъщаш-отразяващ, което е вследствие на изменението на физикомеханичните показатели на материала

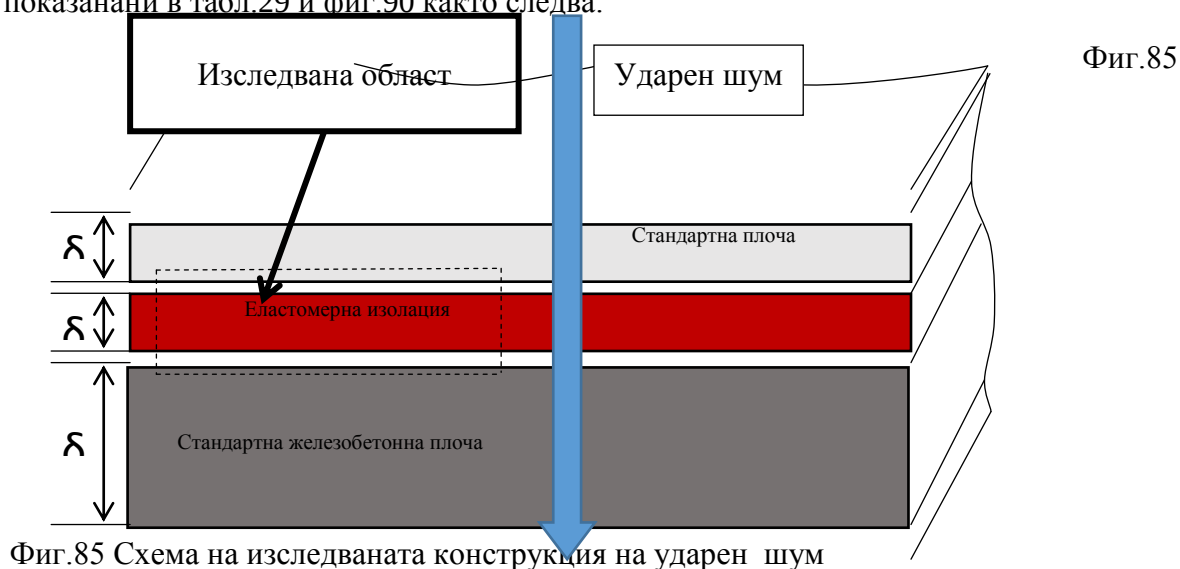
- шумопоглъщащите свойства на материала са влошени при проба N:2 в следствие на промяната на физикомеханичните характеристики, като повърхностна плътност и модул на еластичност.

5.4. Измерване на изолацията от ударен шум

Редът за измерване на изолацията от ударен шум е описан в стандарт БДС EN ISO 10140-3:2010. В стандарта е описан лабораторния метод за определяне на преминаването на

ударния шум през подова плоча, използвайки стандартна ударна машина, като методът е приложим за гола плоча и плоча с определено покритие.

В резултат от направените измервания в лабораторията на Научноизследователски строителен институт (НИСИ) на проби, с размери 0,6/0,4/0,05 m, са получени следните резултати на изолацията на ударен шум L_n [dB] на изследваната конструкция, съгласно фиг.85, показанни в табл.29 и фиг.90 както следва:



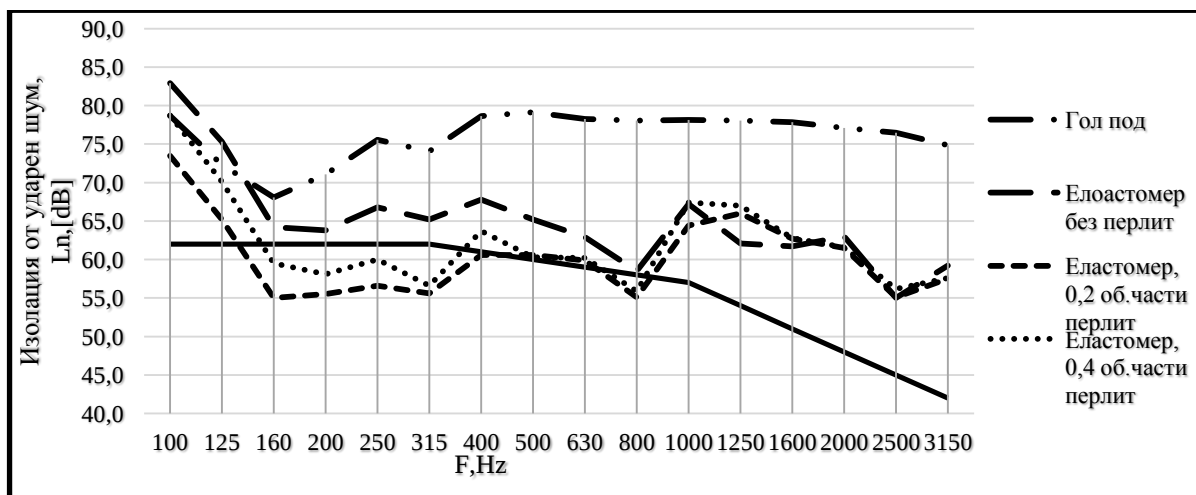
Фиг.85 Схема на изследваната конструкция на ударен шум

Табл.29

Таблица

с обобщените резултати от акустичните изследвания за ударен шум

Конструкция	Вид и описание на конструкцията:													Измерил:			
	Размери на стр. елемент: 10,28 m ²						Размери на зидарския отвор: 1.26x2.14m							Дата:			
	F,Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Гол под.ст.жб.плоча	dB	78,7	72,3	68,1	71,1	75,5	74,0	78,6	79,1	78,3	78,1	78,1	78,1	77,8	77,1	76,5	74,8
Еластомер 0 перлит	dB	82,9	75,3	64,2	63,8	66,8	65,2	67,8	65,2	62,9	58,5	67,2	62,1	61,7	63,0	55,0	59,2
Еластомер 0,2 об.ч перлит	dB	73,5	65,2	55,0	55,5	56,6	55,6	60,6	60,6	59,9	55,1	64,4	66,0	62,7	61,5	55,1	57,5
Еластомер 0,4 об.ч.перлит	dB	78,7	70,1	59,5	58,1	60,0	56,6	63,7	60,3	60,2	55,9	67,4	67,0	62,8	61,6	56,2	57,6
Нормативна крива	dB	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42



Фиг.90 Графични резултати от проведените измервания на стоманенобетонена плоча, еталон и еластомерна плоча с 0;0,2 и 0,4 об.части перлит, замазка

6.Определяне на преминаването на водни пари през материала.

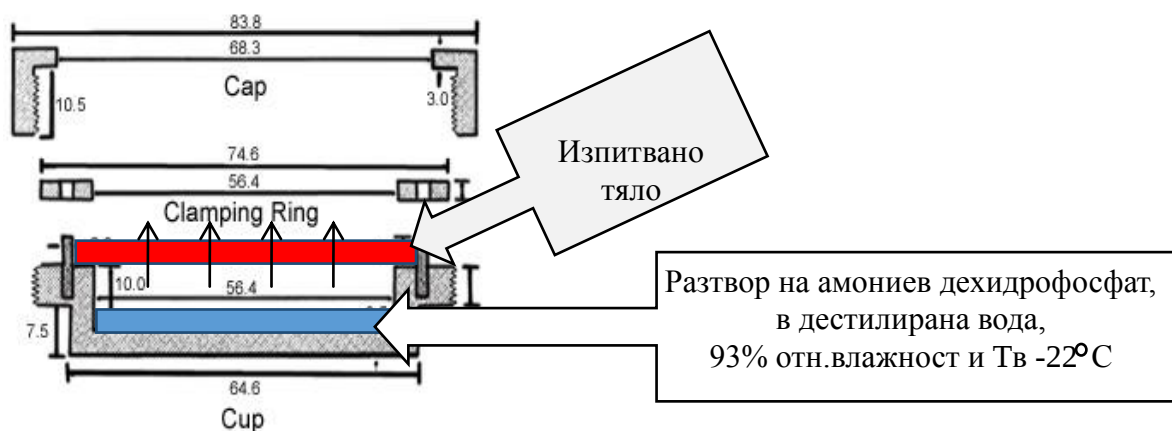
Изпитването се извършва съгласно БДС EN ISO 7783 „Метод за определяне преминаването на водни пари на слоеве бои, лакове и съпътстващи продукти.”

Същността на метода се заключава в определянето на изменението на масата на съда с влага, който е затворен с порест материал.

Използвани прибори, оборудване и реактиви:

- съд за измерване, в който се приготвя наситен разтвор на амониев дехидрофосфат във дистилирана вода, показан на фиг.91 При затворен съд над повърхността на водата се поддържа относителна влажност 93%.

Фиг.91



Фиг.91 Схема на метода за определяне на коефициента на преминаване на водни пари

Проводимост на водна пара (V) - коефициентът на пренасяне на водна пара, за даден период от време, по време на изпитването, през дадена повърхност на пробното тяло, при определена константа на влажността.

$$V = 24 \times \frac{p}{p_0} \times \frac{G}{A}, \text{ g/m}^2\text{h} \quad (82)$$

- A – изпитвана площ на пробното тяло, m^2 ,

$$p = p_0 - \frac{h}{8,5}, \text{ Pa} \quad (83)$$

$p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$ – стандартно атмосферно налягане, Pa.

h - надморска величина на лабораторията, m.

На табл.25 са посочени стойностите на коефициента на пренасяне на водна пара

Табл.25

Таблица

със стойностите на коефициента на пренасяне на водна пара

Количество перлит, %	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
V	45	25	55	57	60	65	110	125

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основата на работата по дисертационния труд стои комплексен подход, а именно оценка на разработения материал от гледна точка на няколко области, като: енергийна ефективност, строителна акустика, физикомеханични и физикохимични изисквания към строителните материали.

Доказването на тезата на дисертацията за нарастващото значение на еластомерите в строителството е извършено, чрез решаване на инженерни задачи за определяне на: коефициента на топлопроводност, оцененния коефициент на звукопоглъщане, оцененния приведен индекс на звукопонижаване, претеглено ниво на звуково нялагане, коефициента на пренасяне на водна пара и други физикомеханични изпитания на основата на приети национални и международни стандарти.

За основа на решаване на инженерните задачи са взети две ситуирани ограждащи конструкции, а именно: стена към неотопляемо помещение и под над неотопляемо помещение.

Експлоатационните изисквания към материала са определени от националната нормативна база в областта на енергийната ефективност, строителната акустика и изискванията към строителните материали.

Като теоретична основа за разработването на материали със предварително зададени свойства служи разработения алгоритъм за получаване на еластомерен композитен материал.

На базата на разработения алгоритъм и предложените теоретични модели са получени състави на нови еластомерни композитни материали включващи в състава си каучукови мленки, експандиран перлит и мек двукомпонентен полиуретан.

1. От гледна точка на енергийната ефективност.

1.1. Резултатите на предложеното аналитично решение за определяне коефициента на топлопроводност на бъдещия (разработения) материал, разгледан като неограничена плоска многослойна стена влизаща в състава на ограждаща конструкция, са идентични и със моделите на Максвел, статистическия и матричния модел, с което се потвърждава правилността на решението на задачата.

1.2. Създаден е еластомерен композит с топлинно съпротивление $R \geq 0.5 \text{ m}^2\text{K/W}$ и коефициент на топлопроводност $\lambda=0,085 \text{ W/m}^2\text{K}$, който може да се използва като топлоизолационен материал. Материалът включен в състава на ограждащата конструкция

покрива изискването на Наредба 7/2015 за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради.

1.3. От всичките представени теоретични модели, за определяне на коефициента на топлопроводност на материала в зависимост от обемните части пълнител, най-адекватно описва процеса на изменението на топлопроводността, моделът отчитащ влиянието на порите върху изменението на топлопроводността на материала.

1.4. При шахматно разположение на компонентите на еластомерния материал в пространството, запазването на стойностите на коефициента на топлопроводност с увеличаването на обемните количества пълнител до 0,4 об.ч., се дължи на наличието на въздушни включвания между каучуковите мленки. По нататъщото добавяне на пълнител довежда до понижаване на коефициента на топлопроводност по линия, най-адекватно апроксимирана като експонента, от типа $y=ae^{bx}$.

1.5. Независимо, че представените теоретични модели за определяне на коефициента на топлопроводност, дават приблизителни стойности изборът им е наложителен за прогнозиране на топлопроводността на бъдещия материал. В последствие на етапа „Изработване на материала“ на стойностите на коефициента следва да бъдат потвърдени експериментално.

2. От гледна точка на строителната акустика.

2.1. За определяне на оценения коефициент на звукопоглъщане (α_w) са разработени два типа проби с 0;0,2;0,4;0,6;0,8 об.ч. съответно с различна повърхностна плътност (m) и модул на еластичност(E).

Изследванията проведени в имедансна тръба, съгласно БДС EN ISO 10534:1 и 2 показват, че при материала с по-високи стойности на повърхностна плътност и модул на еластичност, звукопоглъщащите свойства рязко намаляват и за разлика от материала с по-ниски стойности. Материала от поглъщащ става слабопоглъщащ-отразяващ. От тези констатации, може да се направи извода, че еластомерните материали с еднороден състав при различните технологични режими могат да променят акустичните си свойства. Също така изследванията показват, че еластомерните материали имат добри звукопоглъщащи свойства и ефективно могат да се прилагат при защита от транспортния шум.

2.2. За определяне на оценения приведен индекс на звукопонижаване (R_w) са използвани данните от пробите с по-високи стойности на модула на еластичност (E) и повърхностната плътност (m). Определянето на индекса е извършено въз основа на метода

на Sharp за изчисляване на загуби при преминаване (TL) през единична и двойна преграда с един от най-масово използваните софтуерни пакети Insul Marshall Day. Със софтуер Sound Insulation Prediction ver.7.0.13 е извършена симулация на оцененния приведен индекс на звукопонижаване (R_w) на ситуираните в сградата вътрешни ограждащи конструкции в състава на които влиза еластомерния материал. Изчисленията показват, че ситуираните ограждащи конструкции с включен с тях еластомерен композит, напълнен с от 0 до 0,8 об.части пълнител, постигат стойности на $R_w = 53$ и 55 dB съответно за стена и под и покриват изискванията на чл.23. ал.1 от Наредба №4 /2006 г. за Минимални изисквания за изолация от въздушен шум на стени, подове и врати и за изолация от ударен шум на подове в сгради, изолация от въздушен шум. В сравнение с неизолирани стени и под, подобряване на изолацията е в порядъка на 6-:-9 dB.

2.3. За определяне на претеглено стандартно ниво на звуково нялагане (L'_{pT_w}) се използва реда за измерване на изолацията от ударен шум е описан в стандарт БДС EN ISO 10140-3:2010. В стандарта е описан лабораторния метод за определяне на преминаването на ударния шум през подова плоча, използвайки стандартна ударна машина, като методът е приложим за гола плоча и плоча с определено покритие.

Анализът на резултатите показва, че еластомерният материал ограничава преминаването на ударния шум. Например гола стоманобетонна плоча не покрива в нито един честотен диапазон стойностите на еталонната крива. За разлика от нея еластомерните материали работят ефективно в ниския и средния шумов диапазон, независимо, че не покриват в целия диапазон изискванията на стандарта.

Независимо, че нивата на ударен шум в гаражни помещения, работилници и други спомагателни помещения не са нормирани, този тип материл също така може да бъде положен под подовата замазка на спомагателното помещение, по този начин формирайки плаващ под, ще намали структурния шум разпространяващ се по конструкцията на сградата.

От друга страна стойностите на претеглено ниво на звуково нялагане (L'_{pT_w}) звукоизолацията от ударен шум $L_{pw} = 68$ dB покрива изискванията на Приложение № 3 към чл. 23, ал. 1 от Наредба №4/2006 г. за Минимални изисквания за изолация от въздушен шум на стени, подове и врати и за изолация от ударен шум на подове в сгради, по-конкретно - работни помещения и коридори, фойета, санитарно-хигиенни и технически помещения на сгради за обществено-обслужващи дейности.

Акустичното подобрене с изолационна система спрямо неизолиран под е в порядъка 13-:-15 dB.

3. От гледна точка на определяне на физикохимичните показатели на еластомерния материал. Извършено е изследването на коефициента на преминаване на водна пара. Изследваните разновидности на материала, обемни части пълнител показват, че той отговаря на нормативните изисквания в съответствие с БДС EN 13499 „Основните технически характеристики, които трябва да притежава външна комбинирана топлоизолационна система на фасадни стени на сгради”, а именно: коефициент на паропропускливост - $\geq 20 \text{ g/m}^2$.

4. От гледна точка на физикомеханичните изпитания.

За нуждите на горесцитираните изследвания са извършени физикомеханични изпитания на разработените образци на материала. Определянето на поведението при натоварване на натиск се извършва съгласно БДС EN 826:2003 „Топлоизолационни продукти за приложение в строителството.”

Напрежение на натиск (σ_{10}) при 10% относителна деформация (ϵ_{10}) към първоначалната площ на напречното сечение на пробното тяло за продукти, при които 10% относителна деформация е възможна преди границата на провлачване или разрушаване.

Резултатите показват, че модула на еластичност (E) при изследваните образци е в диапазона 0,8-:-10 mPa, диапазона на еластомерните материали, и с увеличаването на обемните части пълнител модула на еластичност нараства с което се обосновава и изменението на шумопоглъщащите свойства цитирани до тук.

V. ИЗВОДИ

В резултат на направения анализ на проблема, патентната справка, разработения алгоритъм, представените теоретични модели, аналитични решения и резултати от проведените опити и изпитвания на еластомерния материал в процеса на работа по дисертационния труд, може да бъдат направени следните изводи:

1. Създаден е нов вид еластомерен композит, напълнен с едродисперсен пълнител, подходящ за използване, като топло, шумоизолиращ и с подходящи стойности на коефициента на преминаване на водна пара материал, в състава на ограждащите конструкции в строителството.

2. Еластомерните материали са в състояние да покрият изискванията на Наредба 7/2015 за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради и Наредба №4/2006 г. за Минимални изисквания за изолация от въздушен шум на стени, подове и врати и за изолация от ударен шум на подове в сгради, както и нормативните изисквания в съответствие с БДС EN 13499 „Основните технически характеристики, които трябва да притежава външна комбинирана топлоизолационна система на фасадни стени на сгради”.

3. Разработения алгоритъм, на базата на който е създаден еластомерния композит, е подходящ и може да се използва за получаване на материали със предварително зададени свойства.

4. Аналитичното решение на задачата за определяне на коефициента на топлопроводност на материала, в зависимост от обемните части пълнител, е правилно и дава възможност за моделиране на процеса на изменение на топлопроводността.

5. Еластомерните материали, в зависимост от стойностите на модула на еластичност и повърхностната им плътност, променят акустичните си свойства, а именно от поглъщащ материал да преминават в отразяващ.

6. Еластомерните материали имат много добри свойства, както на шумопоглъщане, така и шумозаглушаване при защита от транспортния шум.

7. Еластомерните материали включени в състава на плаващи подове са ефективни за защита от структурния шум, разпространяван по конструкцията на сградата.

8. Структурата на еластомерния материал, използван в състава на ограждащите конструкции, следва да бъде с отворени пори за да може ефективно да регулира топлинните и масообменни процеси в даденото помещение.

9. Целта на дисертационния труд е доказана, еластомерните материали, с техните свойства ще намират все по-голямо приложение в съвременното строителство.

VI. ПРИНОСИ

1. Направен е анализ на състоянието на изолационните материали, които се използват в строителството.
2. Изготвена е патентна справка на Европейската патентна организация за използване на еластомерни материали в строителството.
3. Разработен е алгоритъм за получаване на материали по предварително зададени свойства.
4. Получен е нов вид еластомерен композит, напълнен с едродисперсен пълнител, подходящ за използване, като топло и шумоизолиращ и с подходящи стойности на коефициента на преминаване на водна пара материал, в състава на ограждащите конструкции в строителството. Материалът отговаря на изискванията към топлоизолационните и звукоизолационни материали на Наредба 7/2015 за енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради и Наредба №4/2006 г. за Минимални изисквания за изолация от въздушен шум на стени, подове и врати и за изолация от ударен шум на подове в сгради, както и нормативните изисквания в съответствие с БДС EN 13499 „Основните технически характеристики, които трябва да притежава външна комбинирана топлоизолационна система на фасадни стени на сгради”.

VII.ПУБЛИКАЦИИ

Доклади на научни конференции

1.А.Стоянов, Ц.Цолов, Ограждащи конструкции с полимери, Научни известия, изд.6, юли 2013г., Международна научно-техническа конференция, Велико Търново, юли 2013г., ISSN 1310-3946

2.А.Стоянов, Ц.Цолов, В.Генадиев Характеристики на ограждащите конструкции с използване на еластомерни материали, Научни известия, изд.6, май 2015г., III Международна научно-техническа конференция, Велико Търново, май 2015г., ISSN 1310-3946

3.Ц.Цолов, Л.Цоков, А.Стоянов, Аналитичен метод за определяне на коефициента на топлопроводност на плоча от еластомерните композитни материали (ЕКМ), Сборник доклади на ТУ-София 13-16 септември 2015г., 20 научна конференция с международно участие ЕМФ 2015, Созопол, ISSN 1314-5371

4.Н.Калоянов, Л.Цоков, Ц.Цолов, А.Стоянов, Анализ на резултатите от изследване на топлопроводността на еластомерен материал (ЕМ), Сборник доклади на ТУ-София 13-16 септември 2015г. 20 научна конференция с международно участие ЕМФ 2015, Созопол, ISSN 1314-5371